



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

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

**OBTENÇÃO DE PÓ DE UMBU (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) PARA**  
**UMBUZADA: PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO PÓ**

**SHEILA SORAIA ARAÚJO MEDEIROS**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**MAIO-2004**

---

**OBTENÇÃO DE PÓ DE UMBU (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) PARA  
UMBUZADA: PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO PÓ**

**SHEILA SORAIA ARAÚJO MEDEIROS**

*Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Mestre.*

---

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

**ORIENTADORES: Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata  
Dra. Maria Elita Martins Duarte**

---

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- M488o Medeiros, Sheila Soraia Araújo  
Obtenção de pó de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) para umbuzada: processamento e caracterização do pó / Sheila Soraia Araújo Medeiros. — Campina Grande: UFCG, 2004.  
102f. : il.
- Inclui Bibliografia.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.  
Orientadores: Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata  
Maria Elita Martins Duarte
- 1— *Spondias tuberosa* Arruda Câmara 2— Secagem por atomização 3— Encapsulação I— Título

CDU 634.442



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

SHEILA SORAIA ARAÚJO MEDEIROS

OBTENÇÃO DE PÓ DE UMBU PARA UMBUZADA:  
PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO PÓ

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata  
Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata-Orientador

APROVADO

Maria Elita M. Duarte  
Dra. Maria Elita M. Duarte-Orientadora

Aprovado

Romeu Fioreze  
Dr. Romeu Fioreze-Examinador

Aprovado

Paulo César Stringheta  
Dr. Paulo César Stringheta-Examinador

APROVADO

MAIO - 2004

*A DEUS*

*A meus pais, Osinete Araújo Costa  
e Jafre Medeiros Costa*

*DEDICO*

## **AGRADECIMENTOS**

*Aos professores Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata e Maria Elita Martins Duarte pela orientação, ensinamentos e participação irrestrita na execução deste trabalho.*

*A Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.*

*Ao Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de Campina grande, João Batista Queiroz de Carvalho, pelo apoio a pesquisa permitindo a minha estadia na Universidade Federal de Viçosa.*

*A Universidade Federal de Campina Grande pela grande oportunidade.*

*A Universidade Federal de Viçosa em especial ao professor Paulo César Stringheta pelo apoio despendido na condução deste trabalho.*

*Aos funcionários do Laboratório de Pigmentos Naturais e Secagem da UFV, Lígia Santana e Valério Polleto, pela ajuda e importante colaboração.*

*A Milton Cano Chauca, pela amizade, ensinamentos e apoio constante.*

*A Leonardo Vieira pela ajuda e importantes contribuições.*

*A todos os professores do mestrado especialmente as professoras Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Josivanda Palmeira Gomes de Gouveia .*

*As secretárias da Coordenação do curso de Engenharia agrícola Rivanilda e Aparecida pela amizade e carinho.*

*A Silvana Alves pela ajuda e valiosa amizade.*

*A professora Odélsia Leonor Sanchez de Alsina que disponibilizou o Laboratório de Processos Químicos do Departamento de Engenharia Química.*

*Ao professor Vimário Simões do Departamento de Engenharia Química pelas colaborações.*

*A Tibério Mendonça pelo apoio e incentivos.*

*A funcionária do núcleo de Microscopia e Microanálise da UFV Cláudia Alencar Vanetti.*

*A meus amigos Yvson, Diniz, Jorge, Carmelita, Jeanne, Edilene, Milene, Luciene, Lucicléia, pablicia, Rana, Concita, Sckaymenn, Grangeiro pela convivência e amizade.*

*A todos os meus sinceros agradecimentos.*

## SUMÁRIO

	PÁGINA
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	xi
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	xiv
<b>RESUMO</b>	xvi
<b>ABSTRACT.....</b>	xvii
<b>1.0 - INTRODUÇÃO.....</b>	1
1.1 - Objetivo geral.....	2
1.2 - Objetivos específicos.....	2
<b>2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	4
2.1 - Aspectos gerais sobre a cultura do umbu.....	4
2.1.1 - Aspectos botânicos.....	5
2.1.2 - Fisiologia.....	7
2.1.3 - Comercialização e industrialização.....	7
2.2 - Características físico-químicas.....	8
2.2.1 - pH.....	8
2.2.2 - Ácido ascórbico.....	9
2.2.3 - Açúcares redutores, não redutores e totais.....	11
2.2.4 - Sólidos solúveis (°Brix).....	11
2.3 - Análise sensorial.....	12
2.3.1 - Aroma.....	13
2.3.2 - Sabor.....	14
2.3.3 - Aparência e cor.....	15
2.4 - Polpa de fruta.....	16
2.5 - Secagem de frutas.....	19
2.6 - Secagem por atomização.....	20
2.7 - Microencapsulação.....	24
2.8 - Material de parede.....	25
2.8.1 - Maltodextrina.....	27
2.8.2 - Goma arábica.....	28
2.8.3 - $\beta$ - Ciclodextrina.....	28
2.9 - Isotermas de sorção.....	29
2.9.1 - Modelos matemáticos para ajustes das isotermas.....	31

2.9.1.1 - Equação de BET.....	31
2.9.1.2 - Equação de GAB.....	32
2.9.1.3 - Equação de Oswin.....	33
2.9.1.4 - Equação de Henderson modificada por Thompson.....	33
2.9.1.5 - Equação de Henderson modificada por Cavalcanti Mata...	34
<b>3.0 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1 - Matéria-prima.....	35
3.2 - Processamento da polpa de umbu para umbuzada.....	35
3.2.1 - Seleção.....	36
3.2.2 - Lavagem.....	36
3.2.3 - Cozimento.....	37
3.2.4 - Despolpamento.....	37
3.2.5 - Refino.....	37
3.2.6 - Embalagem.....	37
3.2.7 - Congelamento e armazenamento.....	37
3.3 - Preparo das emulsões.....	38
3.3.1 - Formação da emulsão e homogeneização.....	38
3.4 - Atomização.....	39
3.5 - Caracterização físico-química da polpa de umbu “in natura” e polpa de umbu pré-cozida.....	40
3.5.1 - Conteúdo de água (%).....	40
3.5.2 - Ácido ascórbico.....	41
3.5.3 - Sólidos solúveis.....	41
3.5.4 - Acidez.....	41
3.5.5 - Potencial hidrogeniônico (pH).....	41
3.5.6 - Açúcares redutores, não redutores e totais.....	41
3.6 - Caracterização físico-química da emulsão.....	42
3.6.1 - Ácido ascórbico.....	42
3.6.2 - Qualificação da cor.....	42
3.7 - Caracterização da polpa de umbu em pó.....	42
3.7.1 - Conteúdo de água (%).....	42
3.7.2 - Ácido ascórbico.....	42
3.7.3 - Qualificação da cor.....	42
3.7.4 - Avaliação microscópica.....	43

3.7.5 - Análise sensorial.....	43
3.7.6 - Isotermas de dessecção.....	44
3.7.7 - Ajuste dos modelos matemáticos.....	45
3.7.8 - Erros experimentais.....	45
3.8 - Análise estatística.....	46
<b>4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
4.1 - Caracterização físico-química da polpa de umbu verde “in natura” e polpa de umbu verde pré-cozida.....	47
4.2 - Caracterização da emulsão.....	48
4.2.1 - Ácido ascórbico.....	48
4.2.2 - Análise de cor.....	49
4.3 - Caracterização da polpa de umbu em pó.....	51
4.3.1 - Ácido ascórbico.....	51
4.3.2 - Análise de cor.....	52
4.3.3 - Conteúdo de água.....	53
4.3.4 - Avaliação microscópica.....	55
4.4 - Análise sensorial da umbuzada.....	61
4.5 - Isotermas de dessecção.....	62
<b>5.0 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>98</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Umbuzeiro.....	4
<b>2</b>	Frutos do umbuzeiro.....	6
<b>3</b>	Mini Spray dryer.....	21
<b>4</b>	Fluxograma de processamento de polpa de umbu .....	36
<b>5</b>	Fluxograma das etapas realizadas para obtenção da polpa de umbu em pó.....	40
<b>6</b>	Mini Spray dryer BUCHI-B 191.....	42
<b>7</b>	Thermoconstanter Novasina.....	44
<b>8</b>	Fotomicrografia da Formulação 1 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	57
<b>9</b>	Fotomicrografia da Formulação 2 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	57
<b>10</b>	Fotomicrografia da Formulação 3 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	58
<b>11</b>	Fotomicrografia da Formulação 4 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	58
<b>12</b>	Fotomicrografia da Formulação 5 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	59
<b>13</b>	Fotomicrografia da Formulação 6 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	59
<b>14</b>	Fotomicrografia da Formulação 7 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	60
<b>15</b>	Fotomicrografia da Formulação 8 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x.....	60
<b>16</b>	Isotermas de dessecção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas.....	65
<b>17</b>	Isotermas de dessecção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata nas diferentes temperaturas.....	66

<b>18</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Thompson nas diferentes temperaturas.....	66
<b>19</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas.....	67
<b>20</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas.....	67
<b>21</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas.....	69
<b>22</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata nas diferentes temperaturas.....	69
<b>23</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Thompson nas diferentes temperaturas.....	70
<b>24</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas.....	70
<b>25</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas.....	71
<b>26</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas.....	72
<b>27</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata nas diferentes temperaturas.....	73

<b>28</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Thompson nas diferentes temperaturas.....	73
<b>29</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas.....	74
<b>30</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas.....	74
<b>31</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3% $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas.....	76
<b>32</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3% $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata nas diferentes temperaturas.....	76
<b>33</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3% $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Thompson nas diferentes temperaturas.....	77
<b>34</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3% $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas.....	77
<b>35</b>	Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3% $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas.....	78

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Rendimentos das frutas tropicais utilizadas na indústria de produção de polpa.....	18
<b>2</b>	Rendimento amostral (%) da polpa de umbu ( <i>Spodias tuberosa</i> Arruda Câmara).....	19
<b>3</b>	Formulações empregadas para produção da polpa de umbu.....	39
<b>4</b>	Valores médios das características físico-químicas da polpa de umbu verde “in natura” e polpa de umbu verde pré-cozida.....	47
<b>5</b>	Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da emulsão nas diferentes formulações.....	49
<b>6</b>	Valores médios da Luminosidade (L), Intensidade de vermelho (a) e Intensidade de amarelo (b) da emulsão nas diferentes formulações.....	50
<b>7</b>	Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações.....	51
<b>8</b>	Valores médios da Luminosidade (L), Intensidade de vermelho a verde (a) e Intensidade de amarelo a azul (b) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações.....	52
<b>9</b>	Valores médios do conteúdo de água (%) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações.....	54
<b>10</b>	Diâmetro médio das microcápsulas da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações.....	55
<b>11</b>	Médias obtidas através da análise sensorial da umbuzada realizadas com especialistas .....	61
<b>12</b>	Valores experimentais da atividade de água (aw) e umidade de equilíbrio ( $U_{eq}$ ) da polpa de umbu em pó nas formulações 1, 3, 6 e 7, nas temperaturas de 20 a 50°C.....	64
<b>13</b>	Parâmetro de ajuste dos modelos testados para isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 1*, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C.....	65

14	Parâmetro de ajuste dos modelos testados para isoterms de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3*, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C.....	68
15	Parâmetro de ajuste dos modelos testados para isoterms de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6*, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C.....	72
16	Parâmetro de ajuste dos modelos testados para isoterms de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7*, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C.....	75

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de produzir polpa de umbu em pó para preparo de umbuzada realizando-se secagem por atomização a temperaturas de 160°C na entrada do secador. O processamento da polpa de umbu foi realizado por meio de cozimento, onde a mesma foi analisada quanto às características físico-químicas (pH, acidez titulável, °Brix, Ácido ascórbico, conteúdo de água e açúcares redutores, não redutores e totais). Foram elaboradas oito formulações de polpa de umbu com material encapsulante para produção de umbu em pó para umbuzada (formulação 1 – com 15% de maltodextrina; formulação 2 – com 20% de maltodextrina; formulação 3 - com 12% de goma arábica; formulação 4 com 15% de goma arábica. formulação 5 - com 15% de maltodextrina e 3% de goma arábica; formulação 6 com 15% de maltodextrina e 5% de goma arábica; formulação 7 com 15% de maltodextrina e 3% de  $\beta$ -ciclodextrina; formulação 8 - com 15% de maltodextrina e 5% de  $\beta$ -ciclodextrina.). Antes de submetidas à secagem as emulsões preparadas nas diferentes formulações foram caracterizadas quanto a cor e teor de ácido ascórbico. O umbu em pó para umbuzada foi avaliado segundo a cor, teor de ácido ascórbico, conteúdo de água e aspecto microestrutural. As isotermas de equilíbrio higroscópico foram obtidas mediante método gravimétrico estático nas temperaturas de 20 a 50°C. Os dados experimentais foram ajustados por regressão não linear pelos modelos de GAB, BET, Oswin, Henderson modificada por Cavalcanti Mata e Henderson modificada por Thompson, o modelo de melhor ajuste foi estabelecido de acordo com os valores do coeficiente de determinação e o desvio percentual médio. A análise sensorial da umbuzada preparada com polpa de umbu em pó nas diferentes formulações foi realizada com especialistas e avaliadas quanto ao sabor, aroma, aparência e cor. Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que: Os valores médios de pH, ácido ascórbico, açúcares não redutores, açúcares totais e conteúdo de água diminuíram na polpa de umbu pré-cozida em relação a polpa “in natura”, enquanto que a acidez titulável, sólidos solúveis totais e açúcares redutores aumentaram. Nas emulsões o teor de ácido ascórbico tende a diminuir com o aumento da concentração do agente encapsulante e, este apresentou perdas entre 16,19% a 30,45% ao se comparar com os valores obtidos na polpa de umbu pré-cozida. O teor de ácido ascórbico do umbu em pó variou de 6,24mg/100g a 7,40mg/100g que corresponde a perdas entre 11,41 e 15,59% ao comparar com os valores encontrados nas emulsões. O conteúdo de água na polpa de umbu em pó variou de 3,40 a 5,93% b.u. nas diferentes formulações. A polpa de umbu nas formulações 1 e 3 apresentaram microcápsulas menos aglomeradas e com formatos mais definidos. A umbuzada preparada com polpa de umbu em pó na formulação 1 obteve a melhor aceitação de sabor e aroma. Quanto a aparência a melhor umbuzada foi a elaborada nas formulações 1, 2, 5 e 6. As cores das umbuzadas preparadas nas diferentes formulações variaram de creme escuro a creme mais escuro. As isotermas de equilíbrio higroscópico da polpa de umbu em pó nas formulações 1, 6 e 7 foram melhor ajustadas pelo modelo de GAB, enquanto que para a formulação 3, o melhor ajuste foi dado pela equação de Henderson modificada por Cavalcanti Mata. No modelo de Oswin, as formulações 1 e 6 apresentaram maiores coeficientes de determinação na temperatura de 30°C e, nas formulações 3 e 4 os melhores coeficientes foram encontrados nas temperaturas de 50 e 20°C, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, secagem por atomização, encapsulação

## ABSTRACT

At this present work the objective of producing umbu pulp in powder for umbuzada preparing using atomization drying at temperature of 160°C was realized. The processing of umbu pulp was realized by cooking, where the physical chemical properties (pH, acidity, °Brix, ascorbic acid, water content reducing, non-reducing and total sugar) were analyzed. Eighty formations of umbu pulp with encapsulating material for umbu powder for umbuzada were elaborated (formulation 1- with 15% of malthodextrin; formulation 2- with 20% de malthodextrin; formulation 3- with 12% of arabic gum; formulation 4- with 15% of arabic gum; formulation 5- with 15% of malthodextrin and 3% of arabic gum; formulation 6- com 15% de malthodextrin and 5% of arabic gum; formulation 7- com 15% de malthodextrin and 3% of  $\beta$ -ciclodextrin; formulation 8- com 15% de malthodextrin and 5% of  $\beta$ -ciclodextrin). Before submitting to drying, the color and ascorbic and ascorbic acid content of the prepared emulsions at different formulations were characterized. The umbu powder for umbuzada was evaluated for color, ascorbic acid content, water content and microstructural aspect. The hygroscopic equilibrium isotherms were obtained using the static gravimetric method at temperatures of 20 to 50°C. The experimental data were adjusted by non-linear fit by GAB, BET, Oswin, Henderson modified by Cavalcanti-Mata and Henderson modified by Thompson models, and the best fit model was chosen by the determination coefficient values and mean porcentual error deviation. The prepared umbuzada sensorial analysis with umbu pulp in powder at different formulations was realized with experts and evaluated for taste, flavor, appearance and color. With the obtained results, it was concluded that: the mean values of pH, ascorbic acid, water content, non-reducing and total sugar, reduced in the pre-cooking umbu pulp, while the acidity, total dissolvable solids and reducing sugar increase with the concentration of the encapsulating agent increase, and this presented losses of 16,19% to 30,45% comparing to the obtained values from 6,24mg/100g to 7,4mg/100g that correspond to losses between 11,41 and 15,59% comparing to the obtained emulsions values. The water content at umbu pulp powder varies from 3,40 to 5,93% w.b. at different formulations. The umbu pulp at formulations 1 and 3 presented microcapsules less agglomerated with more defined formats. The umbuzada prepared with umbu powder at formulations 1 obtained better acceptance of taste and flavor. The best umbuzada appearance was obtained of formulations 1, 2, 5 and 6. The color umbuzada prepared at different formulations varies from dark cream to more dark cream. The hygroscopic equilibrium isotherms of umbu pulp in powder at formulations 1, 6 and 7 were better fitted with Henderson modified by Cavalcanti-Mata equation. Using Oswin model, the formulations 1 and 6 presented higher determination coefficients at temperature of 30°C and, at formulations 3 and 4 the best coefficients were found at temperatures of 50 and 20°C, respectively.

**Key-words:** *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, Spray drying, encapsulation

## **1-INTRODUÇÃO**

A região Nordeste destaca-se por apresentar uma grande diversidade de espécies frutíferas de grande valor comercial, dentre estas pode-se citar o umbuzeiro, árvore nativa do semi-árido, cuja espécie oferece frutos abundantes e nutritivos, que desde há muito tempo é considerado fonte alimentícia para o sertanejo da região.

Apesar de fornecer um dos frutos mais importantes do Nordeste, o umbuzeiro, ainda é pouco explorado. Ainda assim, levantamentos sócio-econômicos indicam que é uma cultura de grande importância em áreas expressivas do semi-árido.

Além da importância alimentar o umbu se constitui também como fonte de renda para as famílias dos agricultores da região semi-árida do Nordeste. No entanto é uma fruta de rápida sazonalidade e perecibilidade. O fruto uma vez apanhado, e em condições ambientais de preservação dura no mínimo dois ou três dias. Portanto, durante o período de máxima produção, existe uma grande perda do produto devido a falta de uma infra-estrutura adequada (MAIA, 1998).

Visando o aproveitamento da produção do umbuzeiro, a Emepa está implantando em áreas semi-áridas da Paraíba unidades de processamento da polpa de umbu, cujo objetivo é agregar valor ao produto, criar mais emprego e melhorar a renda da população carente nas áreas onde há grande diversidade de frutíferas de ocorrência natural.

O umbu além de ser consumido “in natura” pode ser utilizado na fabricação de diversos produtos, tais como suco, geléia, sorvetes e umbuzada. A umbuzada é um preparado feito com polpa de umbu verde cozida a qual se adiciona leite e açúcar, rapadura ou leite condensado. Este é um produto de ótima aceitação no mercado, já que se constitui num produto saboroso e de alto valor nutritivo, entretanto, é preparado apenas no período de safra do fruto já que para sua confecção é necessário fruto verde.

CAMPOS (1988) testou várias maneiras de aproveitamento do umbuzeiro por meio de tecnologia simples e concluiu que a industrialização caseira do produto é viável, bastando apenas que essa tecnologia seja transferida.

Processos adequados de secagem tornam possível o processamento de frutos e sua transformação em produtos onde se emprega tecnologia mais refinada, como é o caso da secagem por atomização.

A secagem por atomização consiste na transformação do produto do estado líquido para uma partícula seca na forma de pó, o material obtido deve apresentar o máximo de características iniciais do produto e protegê-lo das condições adversas do meio externo, para este fim são incorporados ao produto a ser seco materiais de parede ou encapsulantes.

Pesquisas realizadas nas últimas décadas indicam que produtos obtidos por meio de processos de secagem tornam-se cada vez mais competitivos. Dessa forma, acredita-se que o desenvolvimento de técnicas de processamento e secagem da pasta de umbu para obtenção de pó seja viável, pois este, poderá ser utilizado na preparação da umbuzada e de possíveis subprodutos proporcionando sua comercialização para atender a demanda do mercado.

### **1.1-Objetivo geral**

Obter polpa de umbu em pó pelo processo de secagem por atomização para preparo de umbuzada.

### **1.2-Objetivos específicos**

Determinar as características físico-químicas (pH, acidez, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, açúcares redutores, não redutores e totais ) e conteúdo de água da polpa de umbu "in natura" e polpa de umbu pré-cozida;

Secar pelo processo de atomização a polpa de umbu pré-cozida nas seguintes formulações: Formulação 1-com 15% de maltodextrina. Formulação 2-com 20% de maltodextrina. Formulação 3-com 12% de goma arábica. Formulação 4-com 15% de goma arábica. Formulação 5-com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica. Formulação 6-com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica. Formulação 7-com 15% de maltodextrina; 3% de  $\beta$ -ciclodextrina. Formulação 8-com 15% de maltodextrina; 5% de  $\beta$ -ciclodextrina;

Caracterizar a polpa de umbu em pó para umbuzada quanto ao teor de ácido ascórbico, conteúdo de água, análise de cor e aspecto microestrutural para as diferentes formulações;

Avaliar a aceitabilidade da umbuzada preparada com polpa de umbu em pó através da análise sensorial reduzida;

Levantar as isotermas de equilíbrio higroscópico do umbu em pó para umbuzada utilizando-se o método gravimétrico estático.

## 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1- Aspectos gerais sobre a cultura do umbu

O umbuzeiro ou imbuzeiro, Figura 1, (Brazilian plum para povos de língua inglesa) *Spondia tuberosa* Arruda Câmara, Dicotyledoneae, Anacardiaceae é originário dos chapadões Semi-Áridos do Nordeste brasileiro. Nas regiões do Agreste (Piauí), Cariris (Paraíba) e Caatinga (Pernambuco e Bahia) a planta encontrou boas condições para o seu desenvolvimento encontrando-se, em maior número, nos Cariris Velhos. É encontrado vegetando desde o Piauí à Bahia e até Norte de Minas Gerais (EPSTEIN, 1998).



Figura 1- Umbuzeiro

De acordo com GOMES (1965), o umbuzeiro é uma planta frutífera, rústica, caducifólia, xerófila, perfeitamente adaptada as zonas menos chuvosas do Nordeste brasileiro.

A resistência do umbuzeiro à seca é assegurada pelos xilopódios (batatas), que tem uma função importante no armazenamento de água e substâncias nutritivas. Por este motivo, é que o umbuzeiro se desenvolve e produz muito bem no semi-árido brasileiro. As espécies que

não possuem essas estruturas (xilopódios) são mais vulneráveis às secas periódicas e não se desenvolvem e nem reproduzem bem na região semi-árida.

No Brasil colonial era chamado de ambu, imbu, ombu, corrutelas da palavra tupi-guarani “y-mb-u”, que significa “árvore-que-dá-de-beber”. Pela importância de suas raízes foi chamada “árvore sagrada do Sertão” por Euclides da Cunha.

DUQUE (1980) relata que o umbuzeiro tem as mesmas exigências ecológicas do sisal (*Agave sisalana* Perr.) do caroá (*Neoglaziovia variegata* Mez.) da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) e do aveloz (*Euphorbia timcalli* L.). Cresce em estado nativo, nas caatingas elevadas, de ar seco, noites frescas e dias ensolarados em associação com a vegetação natural composta de facheiro (*Cereus squamosus* Grerk) mulungu (*Erythrina velutina* Willd), macambira (*Bromélia laciniosa* Mart.), imburana-de-cheiro (*Torresea cearensis* Fr. All.), faveleiro (*Cnidoscolus phyllacanthus* (Mart.) Pax.), panela (*Chorisia venricosa*), icó (*Capparis yco* Eichl.), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.) e outras próprias ao mesmo *habitat*.

### 2.1.1 Aspectos botânicos

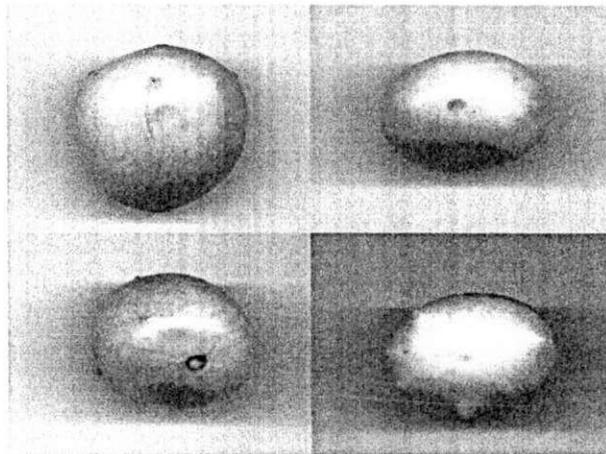
O umbuzeiro, segundo SOUSA (1961), é uma árvore pouco alegre à vista, tem madeira áspera e sem espinho é como o da romeira. Esta árvore lança das raízes principais outras raízes maiores e menores redondas e compridas e acham-se algumas afastadas da árvore e outras mais perto.

A silhueta do umbuzeiro adulto dá idéia de um semicírculo pela limitada altura (6m) e pela extensão lateral dos galhos, cuja proteção no solo forma uma sombra com a circunferência de 30m, para proteger o solo. As flores são brancas, em panículas, compostas de um cálice com 4 ou 5 segmentos e uma corola com 3 ou 5 pétalas valvadas; os estames são em número de 8 a 10 e os estilos de 3 a 5. Não parece ter exigências definidas sobre as qualidades do solo, pois se dá bem nos terrenos sílico-argilosos e nos renosos, de origem granítico ou sedimentar, profundos e bem drenados (DUQUE, 1973). O caule apresenta-se com casca de cor acinzentada com ramos novos lisos e ramos velhos com ritidomas (tecido morto que se destaca); as folhas são verdes, compostas, imparipenadas e alternadas.

Pires e Oliveira, citado por ALMEIDA (1999) relatam que numa mesma inflorescência, 50% das flores são hermafroditas, e os 50% restantes são masculinas com gineceu rudimentar, o que define a espécie como andromonóica do ponto de vista reprodutivo.

A floração do umbu se dá após as primeiras chuvas e a abertura das flores durante a madrugada, entre zero e quatro horas, independente do ambiente.

O fruto (Figura 2 ) é uma drupa glabra ou levemente pilosa, arredondadas com 2 a 4 cm de diâmetro e peso de 10 a 20g e apresentam superfície lisa ou exibem quatro a cinco protuberâncias na porção distal. É constituído, em média, por 22% de casca (epicarpo) de cor amarelo-esverdeada, 68% de polpa (mesocarpo) de sabor agridoce e 10% de caroço (endocarpo) que é rico em gordura e proteína (MENDES, 1990). Existem umbuzeiros que produzem frutos maiores, registrando-se alguns com peso médio acima de 80g. SATURNINO et al. (1994) afirmam que, na região da caatinga do Norte de Minas Gerais, existe uma grande variedade de umbus em termos de forma , coloração dos frutos e pilosidade da casca.



**Figura 2-** Frutos do umbuzeiro

Segundo DUQUE (1980), o período de frutificação do umbuzeiro é de aproximadamente 4 meses, iniciando-se nas primeiras chuvas, sendo que uma só árvore chega a produzir mais de 300kg de frutos. Considerando um plantio organizado com 25 plantas por hectare, um pomar adulto produziria 7,5 toneladas/ha de frutos por ano.

De acordo com BRAGA (1968), o umbuzeiro tem uma vida bastante longa, vivendo cerca de 100 anos. A sua sobrevivência é assegurada pelos xilopódios ou batatas, nas raízes, com o armazenamento de água, mucilagens, glicose, tanino, amido, ácido e etc, que nutre o vegetal.

### **2.1.2- Fisiologia**

O umbuzeiro perde suas folhas depois do inverno e para evitar a transpiração, atravessa o verão em estado de dormência vegetativa, com os xilopódios cheios de reservas nutritivas. Ao iniciar o inverno, as primeiras chuvas, modificando a temperatura e o grau higrométrico do ar, aceleram o metabolismo interno com o aparecimento das primeiras flores e folhas nos meses de janeiro e fevereiro. Em março e abril, os frutos amadurecem. O xerofilismo do umbuzeiro faz reservas por adiantamento, uma fase ativa de elaboração de alimentos, enquanto existem as folhas no inverno e permanece economizando essas reservas durante a fase de estagnação vegetativa, no verão quente e seco (DUQUE, 1973).

### **2.1.3 -Comercialização e industrialização**

O umbu destaca-se como uma fruta típica do Semi-Árido nordestino, tendo ampla aceitação pela população que a consome tanto “in natura” como na forma de sorvetes, geléias, etc (QUEIROZ, 1994).

De acordo com ALMEIDA (1999) a comercialização da fruta in natura é feita há muito tempo na região Nordeste, por ambulantes e vendedores em feiras livres, no entanto sua industrialização e exportação agora é que está se iniciando, sendo necessário desta forma, a aplicação de técnicas que viabilizem sua exploração.

REIS (1979) afirma que a baixa produtividade alcançada pelas culturas tradicionais no Nordeste é uma das causas do atraso no desenvolvimento agrícola dessa região. Para alterar esse quadro deve-se efetuar o aproveitamento adequado de seus recursos naturais.

O extrativismo do umbu tem apresentado resultados significativos em seis estados do Nordeste, com destaque para a Bahia que é o maior produtor, com uma produção de 16.669 e 16.430 toneladas nos anos de 1988 e 1989, respectivamente (IBGE, 1991).

De acordo com IBGE (2001), a produção do umbu no Brasil era de 19.861t, e caiu para 10.207t, em 1999. Em todos os anos, a Bahia aparece como o principal estado produtor, seguindo-se Pernambuco. Outros estados produtores são Rio Grande do Norte e Minas Gerais com produção relativamente estável, Paraíba e Ceará com produção em queda, Piauí com aumento de produção, e Amazonas cuja pequena produção só aparece de 1997 em diante.

O extrativismo do umbu é a maneira mais tradicional de exploração dessa fruta típica do semi-árido. Em muitas comunidades rurais, essa atividade é responsável por significativa parte da renda dos agricultores na época da safra. Estudos realizados pela Embrapa Semi-árido revelam que a renda obtida por pessoa na coleta do umbu em comunidades rurais localizadas no semi-árido baiano é de R\$ 276,00. (EMBRAPA, 2003).

De acordo com o presidente da Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S/A Miguel Barreiro, o agronegócio do umbu no Nordeste movimenta cerca de 6 milhões por ano, envolvendo a coleta, o processamento e comercialização dos frutos. Visando o aproveitamento da produção do umbuzeiro, a Emepa está implantando em áreas semi-áridas da Paraíba duas unidades de processamento da polpa de umbu, cujo objetivo é agregar valor ao produto, criar mais emprego e melhorar a renda da população carente nas áreas onde há grande diversidade de frutíferas de ocorrência natural (EMEPA, 2003).

## **2.2- Características físico-químicas**

### **2.2.1- pH**

O pH é uma característica intrínseca dos alimentos de fundamental importância na limitação dos tipos de microorganismos capazes de se desenvolver na maior ou menor facilidade de conservação (LEITÃO, 1980).

Normalmente os alimentos apresentam pH inferior a 7,0, sendo este, responsável pela indicação do tipo de tratamento necessário para conservar alimentos. Segundo LEITÃO (1980), alimentos com pH acima de 4,5 exigem altas temperaturas, por terem facilidade para o desenvolvimento de microorganismos. As frutas e seus derivados geralmente apresentam valores de pH abaixo de 4,5.

Com base no pH os alimentos são classificados considerando três grupos: não ácido com pH acima de 6,0, semi-ácidos pH entre 4,5 e 6,0 e alimentos ácidos pH abaixo de 4,5 (LEITÃO, 1980).

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

A linha divisória fundamental na classificação de alimentos, quanto ao pH, corresponde ao valor 4,5. Pesquisas têm evidenciado que este valor limita o crescimento de *Clostridium botulinum*, a mais termorresistente bactéria patogênica encontrada em alimentos. Este aspecto é de influência decisiva na natureza e intensidade do processo térmico de alimentos (LEITÃO, 1980).

Estudos desenvolvidos por SILVA et al. (1987); BISPO (1989) e ALMEIDA (1999) determinaram o pH de umbus semi-maduros e maduros cujos resultados obtidos foram respectivamente de 2,62; 2,65 e 2,33.

### **2.2.2- Ácido ascórbico**

É o componente nutricionalmente mais importante. Sua quantificação é de fundamental importância, principalmente para padronização dos sucos. Deve ser dosado como vitamina C total, ou seja, ácido ascórbico + ácido de hidroascórbico, porque ambas as formas tem atividade vitamínica (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Segundo os mesmos autores cerca de 90% das necessidades de vitamina C do homem advêm de frutas e hortaliças. Ela é o componente nutricional mais importante, embora na maioria dos frutos seu teor não exceda 0,3%. A goiaba e o caju encontram-se entre as principais fontes dessa vitamina, com teores em torno de 200 a 300 mg/100ml de suco. Contudo, a acerola suplanta todas as fontes de vitamina C, com teores entre 1,8 a 4,0%.

SOUZA & CATÃO (1970) afirmam que o umbu é uma das fontes de vitamina C de que dispõe a população nos trechos mais agrestes da zona semi-árida nordestina. O umbu maduro encerra 14,2 mg de ácido ascórbico por 100ml, ao passo que o verde acusa 33,3 mg.

As vitaminas podem ser parcialmente ou totalmente destruídas, não só quimicamente por reações com compostos oxidantes e redutores, mas ainda por contaminação enzimática, com inevitáveis perdas de valor nutritivo dos alimentos, fato que pode ser diminuído, ou mesmo evitado, por condições adequadas de processamento (BRASIL & GUIMARÃES, 1998).

Segundo LEDERER (1991), a vitamina C é a que mais se altera durante o armazenamento e sua oxidação faz-se tanto às custas do oxigênio do ar, quanto do oxigênio contido em pequenas quantidades nas células.

A principal causa da degradação da vitamina C é a oxidação aeróbica ou anaeróbica, ambas levando a formação de furaldeídos, compostos que polimerizam facilmente, com formação de pigmentos escuros. É também destruída rapidamente pela ação da luz. Embora de modo geral, a estabilidade da vitamina C aumente com o abaixamento da temperatura e a maior perda se dê durante o aquecimento de alimentos, existem casos de perdas durante o congelamento, ou armazenamento de alimentos a baixas temperaturas. Também há perdas de vitamina C na lixiviação de alimentos, sendo a perda ainda maior quando a lixiviação é feita com aquecimento (BRASIL & GUIMARÃES, 1998)

O conteúdo de ácido ascórbico das frutas varia com as condições nas quais foram cultivadas e com as condições sob as quais foram armazenadas (KRAUSE & MAHAN, 1991).

SOUZA & CATÃO (1970); GUEDES e ORIA (1978); BISPO (1989) e FRANCO (1998) encontraram valores de ácido ascórbico a cada 100g de polpa de umbu que foram respectivamente 31,22mg; 13,08 mg; 9,31mg e 33,6 mg.

### **2.2.3- Açúcares redutores, não redutores e totais**

Os hidratos de carbono também chamados sacarídeos, glucídios e carboidratos, são substâncias amiláceas em cuja composição entram carbono, hidrogênio e oxigênio (BALBACH, S. D).

STUDER, et al. (1996) afirmaram que entre os hidratos de carbono se encontram em primeiro lugar os açúcares, que podem considerar-se como as principais substâncias das frutas. Os diversos grupos de frutas, contêm as seguintes quantidades de açúcares: frutas com sementes de 8 a 15%, frutas com caroço de 6 a 12%, uvas de 13 a 20% e as diversas espécies de laranjas de 3 a 13%.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990), o teor de açúcares individuais (glicose, frutose e sacarose) é importante quando se deseja quantificar o grau de doçura do produto, uma vez que o poder adoçante desses açúcares é variável. O teor de açúcares normalmente constitui 65 a 85% do teor de sólidos solúveis totais. Como a determinação dos sólidos solúveis é mais rápida e mais prática, usa-se preferencialmente a sua relação com a acidez.

Segundo SOUZA & CATÃO (1970), o Setor de Pesquisas Tecnológicas analisou o conteúdo de açúcares do suco de umbu, sendo encontrado, respectivamente 2,33g e 0,14g de teores de açúcares redutores e não redutores.

### **2.2.4- Sólidos solúveis (° Brix )**

Indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa. São comumente designados como °Brix e têm tendência de aumento com a maturação (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Nas frutas, os sólidos aquo-solúveis são constituídos por: açúcares (60 a 85% dos sólidos dissolvidos), ácidos orgânicos, sais minerais, vitamina C e do complexo B e outras substâncias aquo-solúveis (FAPEP/ SINE-PB, 1997).

De acordo com CARVALHO et al. (1990), o °Brix é utilizado como indicativo da concentração de polpa de frutas e também indica o método de maturação das mesmas. Em frutas, os sólidos solúveis indicam o teor de açúcar já que este participa na composição das frutas, em alguns casos, com até 80% dos sólidos solúveis.

O °Brix em polpa de umbu foi determinado por SILVA et al. (1987) os quais obtiveram variações de 10,43 a 13,22°. SILVA et al. (1988) encontraram variações de 9,0 a 10,5°Brix. Os resultados encontrados por PEDROSA et al. (1989) variaram de 7,2 a 12,8°Brix, enquanto que os obtidos por ALMEIDA (1999) para umbus semi-maduros e maduros foram, respectivamente, 11,8 e 10°Brix.

### **2.3- Análise sensorial**

O conjunto de características que diferenciam unidades individuais de um produto e que são significativas para determinação do seu grau de aceitação para o consumidor é denominado qualidade sensorial (KRAMER & TWING, 1990).

As avaliações sensoriais são feitas pela associação dos sentidos: paladar, olfato e tato. A combinação das sensações e interações desses sentidos, servem como medida da qualidade na mente do provador (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

De acordo com CAMPOS (1989), a aceitação de um produto alimentício pelos consumidores está relacionada à várias características do produto, sobretudo aquelas que podem ser avaliadas pelos próprios sentidos.

A avaliação sensorial de alimentos é função primária do homem, que desde a infância, os aceita ou rejeita de acordo com a sensação que experimenta ao observá-los ou ingeri-los. Então se é desejado avaliar a qualidade sensorial de um alimento e dizer as sensações que o homem terá ao ingeri-lo, nada mais óbvio do que perguntar a ele mesmo. A análise foi criada

para que o resultado deste tipo de questionamento fornecesse uma resposta precisa e reprodutível (CHAVES, 1993).

A análise sensorial é hoje uma disciplina desenvolvida com seus métodos e aplicados em indústrias de produtos de consumo de várias áreas. A competição entre as indústrias por parcelas de mercado leva a uma necessidade de aperfeiçoamento da qualidade de seus produtos. As técnicas de análise sensorial têm grande aplicação nesse processo (CHAVES & SPROESSER, 1996).

Com a expansão das indústrias de alimentos e bebidas, após a Segunda Guerra Mundial, métodos sistemáticos para acessar as reações sensoriais aos alimentos foram muito difundidos. As indústrias buscavam manter a qualidade sensorial dos produtos e reduzir riscos na aceitação de novos produtos por parte do consumidor. Hoje a análise sensorial tem várias aplicações como em controle de garantia de qualidade, desenvolvimento de novos produtos, testes de consumidores, estudos de percepção humana, correlação em medidas físicas, químicas e instrumentais, etc (AMERINE et al. 1965; PANGBORN, 1980; COSTELL & DURAN, 1981).

PORETTA (1996) afirma que por sua subjetividade, muitas vezes as análises sensoriais são duramente criticadas, mas analisando objetivamente os dados é possível extrair validade e conclusões reproduzíveis para cada dado. É interessante notar que pesquisas sensoriais demonstram que especialistas (peritos) não são mais sensíveis que pessoas não especialistas.

### **2.3.1- Aroma**

É o conjunto das sensações do olfato estimuladas pelos componentes voláteis que, em conjunto, conferem as características específicas a cada produto (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

CHAVES & SPROESSER (1996) afirmam que o aroma, fisiologicamente, é a sensação que se percebe por meio de células receptoras olfativas, quando estimuladas por substâncias voláteis que passam pela boca.

O que normalmente associamos às frutas e às hortaliças como sendo o seu gosto característico é relacionado em parte ao seu aroma produzido pela mistura de numerosos compostos, mais ou menos voláteis, e na proporção necessária para produzir a sensação olfativa e gustativa associada ao consumo do alimento. A absoluta maioria dos componentes desses aromas são misturas de hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, ésteres, cetonas e compostos de enxofre (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Para a identificação e entendimento do aroma de um fruto ou outro produto é necessário conhecer a natureza dos constituintes presentes e a intensidade do aroma de cada componente (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Os mesmos autores afirmam que o padrão de mudanças nos componentes do aroma tanto em qualidade como tipo, durante a maturação, armazenamento e processamento, ainda não é bem definido. Do mesmo modo também não se conhece, completamente, como cada componente é formado e metabolizado.

### **2.3.2- Sabor**

De acordo com CHAVES & SPROESSER (1996), sabor é, em análise sensorial, a experiência mista, mas unitária, de sensações gustativas, olfativas e táteis percebidas durante a degustação. O sabor engloba as sensações de gosto, odor e táteis orais, podendo ser influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e sinestésicos.

O sabor e o aroma são apreciados em conjunto e designados como “flavor”, uma vez que se correlacionam como atributo de qualidade único. O “flavor” é a percepção sutil e complexa da combinação entre sabor (doce, ácido, adstringente, amargo), odor (substâncias voláteis) e textura (firmeza, maciez, granulosidade, etc.) (CHITARRA, 1998).

LINDSAY (1993) afirma que o termo “flavor” surgiu para um uso que implica a percepção global de todos os sentidos que agem no momento de se consumir o alimento (inclusive audição e tato).

O “flavor” é uma sensação complexa e difícil de ser avaliada em função da grande variedade de compostos químicos envolvidos. Esses compostos em conjunto conferem as características particulares de cada produto. As diferenças de sabor e aroma entre as espécies e, mesmo entre cultivares, estão relacionadas não só com algumas substâncias específicas

predominantes, como também com a sua proporção no produto (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

### **2.3.3- Aparência e cor**

A aparência segundo CHITARRA & CHITARRA (1990) é o fator de qualidade mais importante que determina o valor de comercialização do produto, sendo avaliada por diferentes atributos tais como, tamanho, forma e cor.

O consumo de um alimento, conhecido ou não do consumidor, depende em primeira instância da sua cor e do seu aspecto, pois quando um consumidor entra em contato com o alimento, a cor e aparência são as duas primeiras sensações que o atingem, e é o que os levará à aceitação, indiferença ou rejeição (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

É fato conhecido que a cor é um atributo que influencia de forma decisiva na preferência do consumidor, ao adquirir determinado alimento. A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural (pigmentos naturais) ou da adição de corantes sintéticos (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990) os produtos vegetais apresentam três principais pigmentos, a clorofila, os carotenóides e as antocianinas, havendo em alguns casos formação de antoxantinas.

De acordo com FIGUEIREDO (1998), a clorofila é responsável pela cor verde, abundante principalmente nos frutos e nas folhas; a sua degradação é causada por vários fatores, entre eles pode-se citar alteração de pH, atividade enzimática da clorofilase, oxidantes e outros. Os carotenóides, geralmente são de cor amarela e laranja, podendo apresentar cor vermelha. Antocianinas são pigmentos responsáveis pelas cores em tons de vermelho. As antocianinas podem ocultar a clorofila e os carotenóides, devido a sua coloração acentuada.

A cor de qualquer objeto pode ser determinada pela qualificação da reflexão da luz a partir da superfície do objeto em cada comprimento de onda na faixa visível do espectro, compreendida entre 380 e 770nm (CONSTANT, 1999).

É difícil a observação da degradação da cor a olho nu, razão pela qual se utiliza os métodos de determinação de cor com auxílio de instrumentos fotoelétricos. Os espectrofotômetros ou colorímetros usa faixas espectrais dirigidas à amostra, e enquanto a luz refletida da amostra é medida por meio de células fotoelétricas, que transformam energiabrilhante em energia elétrica. A curva espectrofotométrica caracteriza a cor do produto para qual são exigidos cálculos para determinação dos parâmetros de cor. Vários são os instrumentos disponíveis que dão a curva espectral e os parâmetros da cor (X, Y e Z) automaticamente (RANGANNA, 1977).

O homem apresenta visão tridimensional. Dessa forma, para que se tenha uma representação numérica satisfatória da cor, a curva espectrofotométrica deve ser reduzida a três números (valores triestímulos ou valores cromáticos-padrão). O Comitê Internacional em Iluminação recomenda o uso do sistema padrão fundamentado em um "observador-padrão, que simula o olho humano e consiste em três filtros primários de cor. A curva espectrofotométrica é especificada em termos de X, Y e Z, em que X está relacionado com a cor vermelha, Y com a luminosidade e cor verde Z com a cor azul (Kramer citado por CONSTANT, 1999)

O método mais utilizado na indústria de alimentos para predição da cor não é o espectrofotométrico, mas sim o de colorimetria de triestímulos, que não requer muita manipulação manual ou integradores caros (FERREIRA, 1991).

Hunter desenvolveu um colorímetro fotoelétrico triestímulo que ganhou bastante aceitação na indústria de alimentos. O equipamento consiste basicamente de três circuitos separados, filtros cuidadosamente selecionados e fotocélulas que fornecem estreitas aproximações de X, Y e Z, que são funções do sistema CIE. A coordenada "L" (luminosidade) de Hunter está correlacionada à grandeza Y do sistema CIE. A coordenada "a" é mensurável em termos de intensidade de vermelho e verde, e a coordenada "b" está relacionada com a intensidade de amarelo e azul (CONSTANT, 1999).

#### **2.4- Polpa de fruta**

A polpa de fruta é um produto que atende as necessidades de vários segmentos da indústria de produtos alimentícios, tais como as indústrias de sucos naturais, sorvetes,

laticínios, balas, doces, geléias, etc (Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária, 1995).

De acordo com MORORÓ (1998), entre as principais matérias-primas para a agroindústria de polpa, figuram as frutas tropicais com relevância como o abacaxi, acerola, cajá, caju, carambola, goiaba, mamão, manga, maracujá, pitanga, seriguela, umbu, entre outras.

O crescente interesse dos consumidores por frutos tropicais, aliados ao número cada vez maior de pequenas indústrias de processamento de frutos para obtenção de polpa, tem despertado os agricultores para participarem de um mercado que soma 6,0 milhões de reais ano na coleta, beneficiamento e comercialização do fruto do umbuzeiro (SANTOS, 1998).

ZADERNOWSKI et al. (1997) afirmam que a polpa de várias frutas e vegetais tem composição muito semelhante ao produto "in natura". Elas exercem influência positiva no apetite e refrescam devido seus componentes corantes, aromáticos e aos ácidos orgânicos. Polpas de frutas juntamente com frutas e vegetais são uma perfeita fonte de substâncias biologicamente ativas, tais como: vitamina C, B1, B2, B6,  $\beta$ -caroteno e minerais (potássio, magnésio e cálcio), tanto quanto fibras solúveis e insolúveis. Essas substâncias ajudam o homem a manter a sua boa saúde, previnem o câncer e doenças crônicas, retardam doenças degenerativas, (tais como processos de envelhecimento), cataratas e doenças cardiovasculares.

A polpa de fruta, embora seja um produto processado, sua maior aplicação é como matéria-prima para outras indústrias. O transporte, manuseio e armazenamento das frutas "in natura", além de serem onerosos, tornam-se às vezes inviáveis, dependendo das condições climáticas, da distância e da perecibilidade de características de cada fruta (SOLER et al., 1991).

A formulação das polpas de frutas é uma operação de mistura, onde são incorporados os aditivos químicos com a finalidade de coadjuvar a extinção microbiana e a inibição enzimática, manter ou melhorar a cor, o aspecto e o sabor e, principalmente, prevenir as recontaminações a que se sujeitam as polpas nas operações seguintes, até o congelamento (COELHO, 1997).

De acordo com SOLER et al. (1991), o uso de polpa de frutas é uma solução para a indústria processarem no decorrer do ano, com a finalidade de evitar a ociosidade da fábrica e atender a demanda do comércio.

De um modo geral, as frutas destinadas ao processamento devem apresentar uma uniformidade quanto a composição, coloração e sabor. Para o processamento são estabelecidos os padrões mínimos de aceitação da matéria-prima, quanto ao seu estado de salinidade, contaminação com produtos químicos (defensivos agrícolas) e contaminação microbiológica (BRASIL, 1995).

A polpa, segundo BREKKE et al. (1970) deve ser preparada com frutas sadias, limpas, isentas de matéria ferrosa, de parasitas e de outros detritos animais e vegetais. Não deve conter fragmentos de partes não comestíveis da fruta, tais como casca e sementes, nem substâncias estranhas à sua composição normal, exceto as previstas pelas normas. É tolerada a adição de sacarose na proporção declarada no rótulo.

No processamento de frutas tropicais, cada espécie tem um rendimento (relação kg/ kg de polpa produzida), na indústria brasileira esse rendimento varia entre 25 a 80%. Na Tabela 1 estão os rendimentos das principais frutas utilizadas pela Indústria no Brasil.

**Tabela-1** – Rendimentos das frutas tropicais utilizadas na indústria de produção de polpa.

Frutas	Rendimento (%)
Abacaxi ( <i>Ananas comusus</i> L.)	50-60
Acerola ( <i>Malpighia emarginata</i> D.C.)	75-80
Cajá ( <i>Spondias lutea</i> L.)	45-50
Caju ( <i>Anacardium occidentale</i> L.)	76,97
Goiaba ( <i>Psidium guajava</i> L.)	60-70
Graviola ( <i>Annona muricata</i> L.)	50,30
Mamão ( <i>Carica papaya</i> L.)	73,64
Manga ( <i>Mangifera indica</i> L.)	55-60
Maracujá ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg.)	25-30
Pitanga ( <i>Eugenia uniflora</i> L.)	74,14
Tamarindo ( <i>Tamarindus indica</i> L.)	55,00
Umbu ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câmara)	65,70

Fontes: MAIA et al. (1998) e MORORÓ (1998)

GRANJA (1985) estudou o rendimento da polpa de umbu, e obteve um valor que variou de 59,0 a 71,5 % (Tabela 2). Estas variações podem ser aceitáveis, tratando-se de uma matéria-prima cujas variedades não foram ainda identificadas cientificamente.

**Tabela 2**– Rendimento amostral (%) da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara).

Nº de frutos	Peso total dos frutos (g)	Massa da polpa (g)	Rendimento (%)
48	814,0	582,0	71,5
40	792,0	594,0	75,0
42	768,0	533,0	59,0

Fonte: GRANJA (1985)

## 2.5- Secagem de frutas

A secagem de frutas é uma forma de conservação e variação do sabor natural, praticada há muito tempo. Provavelmente os homens primitivos já se utilizavam desta arte para prolongar a possibilidade de consumo dos alimentos encontrados em curtos períodos do ano (QUEIROZ, 1994).

Segundo SANTOS et al. (1997), a finalidade básica da desidratação de produtos agroalimentares é evitar o crescimento ou reprodução de microorganismos, a deterioração e a ação de insetos, e, portanto permitir a preservação das qualidades do produto durante armazenagens prolongadas.

Existem inúmeros métodos destinados à desidratação de alimentos, desde os mais avançados direcionados à produção em grande escala, aos mais simples direcionados ao pequeno produtor, como a desidratação solar (mecânica e natural), sala de secagem, forno doméstico e desidratador (Cruz citado por CANEPPELE et. al., 2001).

Segundo GRABERT (2001) vários processos de secagem tem sido desenvolvidos e testados visando melhorar o aproveitamento das condições disponíveis, tanto para matéria prima como para a fonte de energia empregada na secagem.

Para a secagem de suco de frutas tem-se que considerar a composição inicial, o processamento e a utilização final do pó. A escolha da técnica de secagem e aditivos também

estão ligados a fatores econômicos: a liofilização é mais dispendiosa; a secagem a vácuo tem preço comparável a secagem por atomização e representa uma opção para secar produtos com alta concentração de sólidos- 60% comparado com 30-40% usados na atomização clássica (Martini citados por FIGUEIRÊDO, 1998).

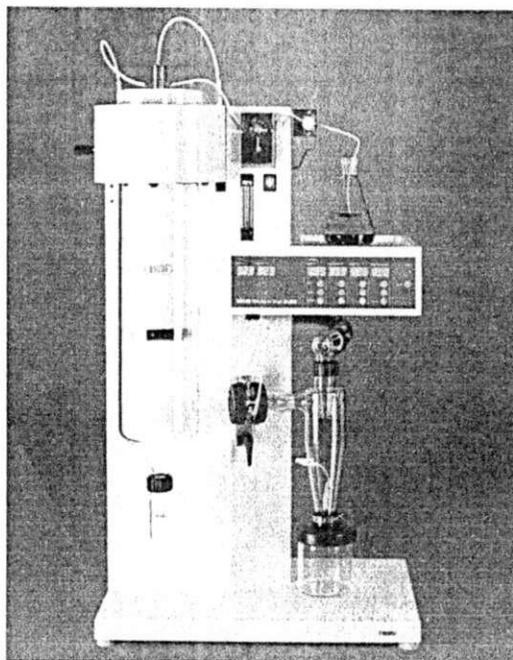
## **2.7- Secagem por atomização**

A secagem por atomização consiste na transformação do produto do estado fluído para uma partícula sob forma de pó, através de sua introdução em um meio aquecido, numa operação contínua. O material a ser seco pode ser uma solução ou uma pasta que resultará em partículas isoladas, grânulos ou aglomerados.

As primeiras descrições do processo de atomização datam de 1860, e a primeira patente é datada em 1872. MAFART (1994) afirma que desde 1901 se fabrica por esse método, leite em pó e detergentes. A partir dos anos de 1930 ampliou-se muitíssimo a gama de produtos atomizados, especialmente com a aparição dos cafés solúveis e ovo em pó.

O princípio da técnica consiste em pulverizar o produto em finas gotas (que forçosamente deve ser um produto bombeável), formando uma névoa do produto. Desde o momento de sua formação, essa névoa está em contato com uma corrente de ar quente (200 a 300 °C em alimentos agroindustriais) que atua por sua vez como fluido calefator e como veiculador. A imediata evaporação transforma as gotas líquidas em partículas sólidas que são separadas do ar empregado, em ciclo chamado primário que se forma na saída do recinto cilindro-cônico de secagem. Mediante uma ventilação de aspiração apropriada, um ciclo secundário recupera os finos que tendem a permanecer em suspensão no recinto de secagem. Deste modo, o tempo de permanência do produto no atomizador não depende do caudal de alimentação, mas unicamente das condições de circulação do ar quente no aparelho (MAFART, 1994).

Os secadores utilizados no processo de atomização são denominados secadores atômicos, pulverizados ou "spray-dryers"(Figura 3). Estes secadores promovem a secagem rápida de soluções, suspensões e substâncias pastosas capazes de serem atomizadas em glóbulos de pequeno diâmetro (EVANGELISTA, 1998).



**Figura 3.** Mini Spray dryer

De acordo com FURUTA et. al. (1994), a qualidade dos produtos depende das características do atomizador e da transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as gotículas na câmara de secagem. O líquido é dispersado, através de alta pressão ou força centrífuga, para aumentar sua área superficial e expor as partículas de pequeno diâmetro ao ar de secagem a altas temperatura. Este líquido atomizado geralmente tem diâmetro de 10-200 $\mu$  e o tempo de estocagem é de 5-30 segundos, sendo muito menor do que em outros sistemas de secagem tais como tambor rotativo, bandeja e secador rotativo. Quando o material a ser seco contém grande quantidade de água (por exemplo, 50-60% base úmida), a temperatura das gotículas durante a secagem não excede 60-70°C.

Segundo Shwartz citado por FIGUEIRÊDO (1998), a dispersão das gotículas na corrente do ar de secagem, constitui um dos processos mais importantes utilizados para secar alimentos sob as formas anteriormente descritas, incluindo produtos lácteos, sucos de frutas e extratos de chá e café. Devido a elevada relação superfície/massa e alta temperatura de secagem, conseguem-se tempos de secagem muito curtos; o produto assim obtido é um pó, que deve reunir características como facilidade de reconstituição, degradação mínima dos constituintes e sabor agradável.

A secagem é tão rápida que apenas existe a fase velocidade constante, o produto fica em contato com o ar quente cuja temperatura e umidade muda durante sua trajetória no atomizador, o regime de circulação de ar que transportam as partículas é muito complexo e, como se já não fosse suficiente, a forma das partículas é muito heterogênea, assim como seu tempo de permanência no atomizador. Apesar dessas dificuldades, existem importantes tentativas de modelagem do processo de atomização (GOFFRERI & CROSBY, 1983).

Quando o ar quente e o produto circulam na mesma direção e no mesmo sentido, todos os parâmetros fazem com que se obtenha evaporação muito ativa ao princípio da secagem e pelo contrário, fraco caudal de evaporação ao final da permanência no equipamento. Na entrada do atomizador é elevado o gradiente de temperatura entre o ar quente e a superfície do produto cuja temperatura inicial é a do termômetro de bulbo úmido.

De acordo com PISECKY (1983), os únicos fatores que o usuário controla diretamente são a temperatura de entrada do ar, o caudal de alimentação do produto e, em algumas ocasiões, seu extrato seco inicial; estes fatores de entrada influem sobre a umidade do pó obtido, assim como a temperatura de saída do ar empregado. Na medida em que todos estes fatores estão relacionados entre eles, a variação de um dos fatores controlados provoca variação de todos os fatores de saída. Como o calor latente médio de evaporação da água do produto varia com a umidade final do produto, fica difícil estabelecer leis quantitativas relativas as variações dos fatores. Sem dúvida, pode-se estabelecer leis empíricas como a empregada pela Sociedade Niro-Atomizer .

$$\frac{\Delta T_a}{10} + \Delta T_a^i + \Delta(ES) + K\Delta W = 0 \quad (1)$$

Em que:

$\Delta T_a$  : variação da temperatura do ar na entrada, K

$\Delta T_a^i$  : variação de temperatura do ar na saída, K

$\Delta(ES)$  : variação do extrato seco inicial (%)

$\Delta W$  : variação da umidade do pó (%)

K : constante característica do produto (K = 5 para leite desnatado)

Indiretamente esta relação pode da idéia da influência da temperatura de entrada do ar sobre a capacidade de evaporação do atomizador, para um extrato seco inicial constante e uma umidade do pó na saída também constante.

O balanço térmico simplificado da secagem permite escrever,

$$\dot{E}L_m = \dot{F}C_a(T_a - T_a^1) \quad (2)$$

Onde:

$\dot{E}$  : capacidade de evaporação

$\dot{F}$  : caudal mássico de ar

$C_a$  : calor específico do ar

$T_a$  : temperatura de entrada do ar

$T_a^1$  : temperatura de saída do ar

$L_m$  : calor latente médio de evaporação da água do produto.

Esta relação só é válida quando o decréscimo de temperatura do ar é só devido a evaporação, o que não é totalmente certo: em condições típicas de evaporação simples, um decréscimo da ordem 8° é devido a perdas de calor por radiação, enquanto que em secagem de dupla etapa, BARESFORT (1976) atribui 16°C a perdas de calor, de um decréscimo total de temperatura do ar de 162°C.

Uma vez feita esta consideração, podemos sem dúvida escrever como primeira aproximação:

$$\dot{E} = \frac{\dot{F}}{L_m} C_a (T_a - T_a^1) \quad (3)$$

Se supusermos condições padrões de temperaturas do ar  $T^*$  e  $T^{1*}$ , obteremos certa capacidade de evaporação:

$$\dot{E}^* = \frac{\dot{F}}{L_m} C_a (T_a^* - T_a^{1*}) \quad (4)$$

Em condições distintas, tem-se  $\dot{E}$  tal que:

$$\dot{E} = \dot{E} \cdot \frac{T_a - T_a^1}{T_a^* - T_a^{1*}} \quad (5)$$

A relação empírica citada anteriormente pode escrever-se;

$$T_a^1 - T_a^{1*} = \frac{T_a - T_a^*}{10} \quad (6)$$

ou

$$T_a^1 = T_a^{1*} + \frac{T_a - T_a^*}{10} \quad (7)$$

O que permite eliminar  $T_a^1$  e calcular a capacidade de evaporação em função da temperatura do ar quente que entra:

$$\dot{E} = \dot{E} \cdot \frac{(9T_a - T_a^* - 11T_a^*)}{10(T_a - T_a^{1*})} \quad (8)$$

## 2.7- Microencapsulação

A microencapsulação consiste no processo físico de envolvimento de partículas líquidas, sólidas ou gases através de um material de parede ou encapsulante. ABURTO et al. (1998) relatam que esse processo é empregado sobretudo pelas indústrias farmacêuticas e químicas. Na indústria de alimentos, a encapsulação tem vasta aplicação, e está exigindo novas pesquisas, porque o mercado de produtos amplia-se com velocidade.

A escolha da técnica de microencapsulação a ser empregada depende das propriedades físicas e químicas do material a ser encapsulado, tamanho desejado das microcápsulas, tipo de aplicação e mecanismo de liberação dos componentes do material ativo (JACKSON & LEE, 1991).

As técnicas de microencapsulação incluem a secagem por atomização, extrusão, recobrimento em leito fluidizado, secagem com resfriamento, cocristalização e extrusão centrífuga. De acordo com KING et al. (1976), a encapsulação através da secagem por atomização é um dos melhores métodos conhecidos e econômicos de obter microencapsulados a partir de soluções, emulsões e suspensões.

A utilidade da microencapsulação é a de manusear líquidos como sólidos, separar componentes numa mistura de sólidos, reduzir a volatibilidade do material, proporcionar proteção do ambiente aos componentes do núcleo, alterar as propriedades da superfície, controlar a liberação dos componentes, reduzir a volatibilidade ou inflamabilidade de líquidos, e mascarar o sabor amargo de alguns compostos (Bakan citado por FIGUEIRÊDO, 1998).

Segundo ABURTO et al. (1998), as microcápsulas são formadas pelo envolvimento do material ativo ou núcleo com o material de parede ou encapsulante. As microcápsulas podem ter diâmetros variados entre unidades de micrômetros até milímetros e apresentar diversas formas, dependendo dos materiais e métodos usados para sua obtenção.

## **2.8- Material de parede**

A variedade do material de parede comumente usado na microencapsulação é relativamente limitada e inclui gomas naturais, carboidratos, proteínas, ceras e alguns polímeros naturais quimicamente modificados (AOAC, 1984).

Para que o material de parede tenha um desempenho adequado este deverá apresentar as seguintes condições: impedir a perda dos compostos aromatizantes, ter capacidade para envolver o material ativo, resultando em um pó de escoamento livre com facilidade de manuseio e incorporação dentro de misturas alimentícias secas e proteger o material ativo da oxidação, luz e umidade durante a vida de prateleira.

A higroscopicidade e termoplasticidade natural dos pós obtidos de sucos de frutas causam problemas tais como: adesão nas paredes do secador, dificuldade de manuseio, endurecimento, etc. Por isso, o uso de aditivos para facilitar a secagem e melhorar as propriedades para o transporte e armazenagem dos pós é, praticamente, inevitável (BHANDARI et al., 1992).

Os materiais de parede, geralmente utilizados nos produtos alimentícios, são carboidratos (amidos hidrolisados, amidos lipofílicos e exsudato de plantas) e proteínas; podem estar em qualquer estado físico: líquido, sólido, dispersão em líquido ou emulsões complexas (Bakan citado por FIGUEIRÊDO, 1998).

Os materiais de parede usados na encapsulação apresentam vantagens e desvantagens, no entanto, não são capazes de, isoladamente, reunir todas as características desejáveis. Para que este componha uma formulação adequada do produto que se deseja obter é necessária a realização de testes para se conhecer as propriedades desse material e do produto a ser encapsulado. No Quadro 1 são apresentados alguns materiais de parede.

#### **Quadro 1- Materiais de parede**

---

**Carboidratos:** amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose e ciclodextrinas

---

**Celulose:** carboximetilcelulose, metilcelulose, etilcelulose, nitrocelulose, acetilcelulose, celulose acetato-ftalato, celulose acetato-butirato-ftalato

---

**Gomas:** goma acácia, Agar, alginato de sódio, carregena

---

**Lipídios:** ceras, parafina, cera de abelha, diglicerídios, monoglicerídios, óleos e gorduras

---

**Proteínas:** glúten, caseínas, gelatinas, albuminas, hemoglobinas, peptídeos

---

Testes para definir o material de parede e temperaturas a serem utilizados na obtenção de pó de acerola, foram realizados por FIGUEIRÊDO (1998), segundo secagem por atomização. A autora chegou a três formulações satisfatórias para compor as suspensões e conseqüente obtenção das microcápsulas, as quais foram: Formulação 1- 80% suco de acerola; 15% maltodextrina; 5% goma arábica. Formulação 2- 82,5% suco de acerola; 15% maltodextrina; 2,5% goma arábica. Formulação 3- 90% suco de acerola; 7,5% maltodextrina; 5% goma arábica.

De acordo com ROSENBERG et al. (1990), o emprego de temperaturas elevadas causa melhor rendimento na retenção de voláteis, entretanto, a elevação da temperatura conduz ao rompimento de microcápsulas.

ABURTO et al. (1998) estudaram o desempenho do material de parede, composto por goma arábica, maltodextrina e amido modificado no encapsulamento de óleo essencial de laranja, utilizando-se três tratamentos térmicos (180, 200 e 220°C). Os resultados obtidos demonstraram que a microestrutura das cápsulas eram similares e que as três temperaturas empregadas não alteraram a microencapsulação, visto que as microcápsulas demonstraram expansão adequada e ocorrência mínima de formas quebradas.

### **2.8.1-Maltodextrina**

A maltodextrina é uma substância amplamente usada no processo de encapsulação por “spray drying”; esta consiste em um polissacarídeo não doce, formado por unidade de D-glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha(1-4)$ , a partir da hidrólise parcial do amido por via ácida ou enzimática e apresenta dextrose equivalente (DE) igual ou menor que 20 (REINECCIUS, 1991)

Anandaraman e Reineccius, citados por FIGUEIRÊDO (1998) afirmam que a maltodextrina é muito usada na microencapsulação por ter baixo custo, baixa higroscopicidade e ser muito estável quando possui alta dextrose equivalente (DE), garantindo um tempo longo de armazenagem sem necessidade da adição de antioxidantes. Porém possui desvantagens tais como: pobre capacidade para formar filme e pobre retenção dos voláteis.

Testes utilizando vários aditivos (maltodextrina, glicose líquida e CMC) foram realizados por REIS (1999), com o objetivo de selecionar o mais adequado para desidratar sucos de abacaxi e maracujá em secagem por atomização, com base no rendimento do produto obtido e, verificou-se que só com a maltodextrina foi possível a obtenção do produto.

### 2.8.2-Goma arábica

A goma-arábica, também conhecida como goma-acácia, é definida como “a goma exudada naturalmente ou por incisão dos troncos ou galhos da *Acacia senegal* ou outras espécies” (THEVENET, 1995). Consiste em um polímero formado principalmente por ácido D-glucorônico, L-rhamnose, D-galactose e L-arabinose, com aproximadamente 5% de proteína. A fração protéica que as gomas contém pode ser responsável por sua capacidade de emulsificação (ABURTO, 1998).

Tradicionalmente a goma tem sido utilizada em microencapsulação porque apresenta baixa viscosidade em solução aquosa, favorece a estabilidade das emulsões, tem boa retenção de compostos voláteis (acima de 85%) e confere proteção efetiva contra a oxidação (ROSENBERG et al. 1990).

ABURTO et al. (1998) estudando o microencapsulação de óleo essencial de laranja utilizando diferentes concentrações de goma arábica e amido modificado observaram que a baixa viscosidade apresentada pela goma arábica permite sua maior incorporação em relação a outros componentes. REINECCIUS (1991) analisando o desempenho de quatro tipos de carboidratos na encapsulação de voláteis sugeriu também a adição de maior quantidade de goma arábica.

### 2.8.3- $\beta$ -ciclodextrina

A  $\beta$ -ciclodextrina é um polímero cíclico de glicose, obtido da degradação controlada do amido por enzimas específicas e contém sete unidades de glicose unidas em  $\alpha$ -1,4. Essa molécula tem a particularidade de possuir uma estrutura fracamente polar no interior do anel e polar no lado externo. Conseqüentemente, em solução aquosa, as moléculas de água no interior do anel são facilmente substituídas por moléculas apolares (hidrofóbicas) ou de polaridade menor que a água, formando estruturas energeticamente mais estáveis, que podem ser isoladas por cristalização ou secagem (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A estabilidade química apresentada pelas ciclodextrinas possibilita sua utilização em alimentos. Há muitos exemplos de uso das ciclodextrinas, pois estas protegem o material dos efeitos da oxidação, calor, luz e perda de voláteis (RICH & REINECCIUS, 1995).

CARDELLO & CELESTINO (1996) citam alguns exemplos de aplicação de  $\beta$ -ciclodextrina em substâncias responsáveis pelo sabor e aroma encapsulados: óleo essencial de menta, utilizado em goma de mascar; óleo essencial de páprica, de alho e mostarda e compostos aromáticos de alho e cebola.

FURUTA et al. (1994) comprovam a estabilidade de constituintes de óleos essenciais como o D-limoneno encapsulados em matrizes constituídas por misturas de  $\beta$ -ciclodextrina e maltodextrina em diferentes proporções.

Apesar da ciclodextrina ter sido descoberta há muito tempo, ter grande potencial de uso e ser excelente protetor quando empregado como agente encapsulante, o alto preço tem inviabilizado seu emprego (REINECCIUS, 1991). A utilização de menor proporção das ciclodextrinas associadas a polissacarídeos pode ser uma solução para seu emprego em produtos alimentícios.

## **2.9- Isotermas de sorção**

A isoterma é uma relação de equilíbrio que vincula o conteúdo de água de um produto alimentício com a temperatura e umidade relativa do ar circulante, sendo de fundamental importância no estudo da conservação de alimentos desidratados (VAN DEN BERG & BRUIN, 1981).

As isotermas de adsorção e dessorção encontram importante aplicação prática no cálculo da atividade de água como, por exemplo, em mistura de componentes com diferentes atividades de água; na estimativa do peso e área da camada primária; no estudo do tipo de embalagem adequada face à capacidade de adsorção de água pelo alimento; permitem, ainda, a predição do grau de desidratação do alimento frente à mudança na temperatura ambiente durante o armazenamento (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

O fenômeno da umidade de equilíbrio é estudado através de isotermas de adsorção de água que são representações gráficas da umidade de equilíbrio com diferentes valores de atividade de água ( $a_w$ ) com temperatura constante e são chamadas de curvas de umidade de equilíbrio ou isotermas de adsorção de água.

A obtenção dos dados experimentais com a finalidade de se determinar as curvas de umidade de equilíbrio são normalmente feitas por dois métodos, o estático e o dinâmico. No estático, a umidade de equilíbrio entre o produto e a atmosfera circundante é atingida sem movimentação do ar ou produto; no método dinâmico, o ar ou produto é movimentado até que o equilíbrio seja atingido (BROOKER et al., 1992).

CAPRISTE & ROTSTEIN (1982) utilizaram o método estático para levantamento das curvas, o qual quantifica a atividade de água através de um medidor eletrônico de amostras com diferentes teores de umidade, obtidas a partir de um processo de secagem sob condições suaves. As amostras são retiradas do secador em intervalos de tempo pré-definidos, colocando-as em recipientes herméticos termostatizados, a fim de homogeneizar a temperatura e a distribuição de umidade. O uso desta metodologia apresenta a vantagem de se obter um maior número de dados experimentais, melhorando a precisão da curva de sorção.

As isotermas de adsorção foram classificadas em cinco tipos gerais: o tipo I é conhecido com langmuir, o tipo II é sigmóide e os outros três tipos não possuem nenhum nome especial (Brunauer et al., citado por FIGUEIRÊDO, 1998).

GOMES (2002) afirma que as isotermas de adsorção de umidade de muitos alimentos são não lineares, geralmente apresentam forma sigmoide e têm sido classificadas como tipo II, sendo que no caso dos frutos, predominam formas com concavidade voltada para o eixo das abscissas até níveis intermediários de umidade relativa, passando a uma forma exponencial em regiões de umidade relativas elevadas.

De acordo com Brunauer et al. Citado por ASCHERI (1999), as isotermas de adsorção de água de materiais protéicos ou farináceos com farinha de trigo, amidos, amidos modificados, etc. apresentam isotermas de sorção do tipo II sigmoidal. A forma destas curvas indica o tipo de forças que intervêm na ligação da água com a superfície do material higroscópico e permite certas avaliações da sua estrutura superficial, da sua estabilidade durante o armazenamento e pode-se projetar uma embalagem apropriada a sua melhor conservação.

### 2.9.1- Modelos matemáticos para ajuste das isotermas

Na literatura há inúmeros modelos matemáticos utilizados para correlação, análise e precisão do equilíbrio de sorção. Um determinado modelo pode ser considerado mais adequado do que outro principalmente quando descreve com maior precisão o fenômeno de adsorção para uma ampla faixa de atividade de água (IGLESIAS & CHIRIFE, 1983).

A vantagem da utilização de modelos matemáticos na predição das isotermas de adsorção reside no fato de que, com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma, que pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas atividades de água, pontos estes de difícil determinação experimental (PENA et al., 1996).

#### 2.9.1.1- Equação BET

Brunauer, Emmett e Teller (1938), citado por MOURA (2001), desenvolveram um modelo de três parâmetros ( $C$ ,  $x_m$  e  $n$ ) para descrever a adsorção de multicamadas moleculares, considerando o diâmetro dos capilares como fator que delimita o número de camadas adsorvidas.

$$\frac{x}{x_m} = \frac{C a_w}{1 - a_w} \left[ \frac{1 - (n + 1)(a_w)^n + n (a_w)^{n+1}}{1 - (1 - C)a_w - C (a_w)^{n+1}} \right] \quad (9)$$

Em que

$a_w$  = atividade de água, decimal;

$n$  = número de camadas moleculares;

$x$  = conteúdo umidade de equilíbrio, % base seca;

$x_m$  = conteúdo de água na monocamada molecular;

$C$  = constante de BET que está relacionada ao calor de sorção da camada molecular.

De acordo com Iglesias e Chirife, citados por MENKOV (2000), o conteúdo de umidade da monocamada pode ser determinado usando-se a seguinte equação:

$$x_m = a + bT \quad (10)$$

Onde:

$a$  e  $b$  = coeficientes do modelo

$T$  = temperatura, °C

### 2.9.1.2- Equação de GAB

A equação de GAB é uma extensão do modelo de BET, resultando numa equação triplicamétrica que permite ajustar dados de sorção de produtos agrícolas até atividade de água 0,9, sendo dada por:

$$x = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + Ck a_w)} \quad (11)$$

Sendo:

$a_w$  = atividade de água, decimal;

$x$  = conteúdo de água de equilíbrio, % base seca;

$x_m$  = conteúdo de água na monocamada molecular;

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

Os parâmetros  $C$  e  $K$  na equação de GAB podem ser correlacionados com a temperatura usando-se as equações de Arrhenius (Labuza et al. Citados por MENKOV (2000):

$$C = C_0 \exp\left(\frac{h_a}{RT}\right) \quad (12)$$

$$K = K_0 \exp\left(\frac{h_b}{RT}\right) \quad (13)$$

Em que:

$C_0, K_0, h_a$  e  $h_b$  = coeficientes do modelo;

$T$  = temperatura absoluta em K;

$R$  = constante universal dos gases em kJ/kmolK.

### 2.9.1.3- Equação de Oswin

A equação de Oswin fundamenta-se na expansão da série de Pearson para curvas com forma sigmoideal, se ajusta muito bem entre  $0,0 < a_w < 1,0$ . Boquet et al. (1978) citado por FIGUEIREDO (1998) utilizaram essa equação para trinta e nove produtos sendo adequado para alimentos com alto conteúdo de amido, é considerada uma das mais versáteis equações de dois parâmetros testadas.

$$x_e = a \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b \quad (14)$$

Sendo:

$a_w$  = atividade de água, decimal;

$a$  e  $b$  = constantes de ajuste do modelo;

$x$  = conteúdo de água de equilíbrio, % base seca.

### 2.9.1.4- Equação de Henderson modificada por Thompson

Henderson em 1952 citado por CAVALCANTI MATA (1997), propôs um modelo semi-empírico para previsão de umidade de equilíbrio higroscópico de materiais biológicos incluindo grãos de cereais. Esta equação posteriormente foi modificada por THOMPSON & SHEDD (1954) para milho.

$$a_w = 1 - \exp \left( K (T + C) U e^n \right) \quad (15)$$

Em que:

$a_w$  = atividade de água, decimal;

K, C e n = parâmetros que dependem da natureza do produto;

x = conteúdo de água de equilíbrio, % base seca;

T = temperatura, °C.

#### 2.9.1.5- Equação de Henderson modificada por Cavalcanti Mata

A equação de Henderson foi modificada também por CAVALCANTI MATA (1997) para feijão mulatinho, onde o autor sugeriu que a correção da temperatura seja na forma potencial diferente da sugerida por Thompson, que é de ordem linear chegando este a seguinte equação:

$$a_w = 1 - \exp \left( K T^C x^n \right) \quad (16)$$

Em que:

$a_w$  = atividade de água, adimensional

K, C e n = parâmetros que dependem da natureza do produto

x = Umidade de equilíbrio, base seca

T = temperatura, °C

---

### **3.- MATERIAIS E MÉTODOS**

A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas do Laboratório de Transferência em Meios Porosos, Engenharia Química, ambos da Universidade Federal de Viçosa. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Pigmentos Naturais, Microscopia e Microanálise da Universidade Federal de Viçosa-MG.

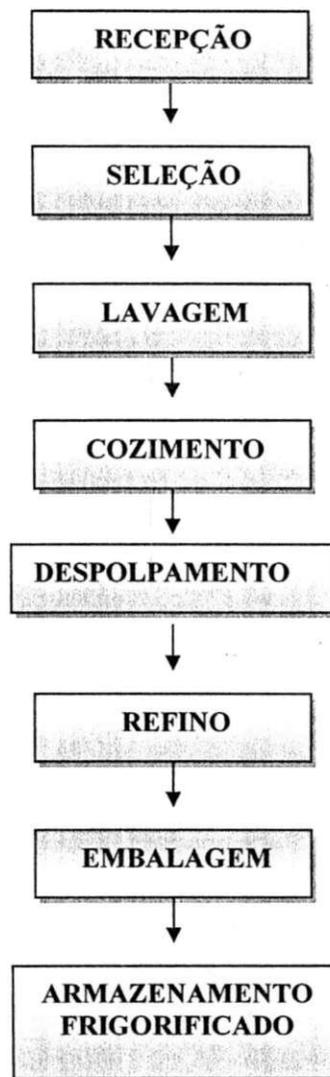
#### **3.1- Matéria-prima**

Os frutos do umbuzeiro utilizados nesta pesquisa procederam diretamente do produtor, no qual foram adquiridos umbus ainda verdes (Figura 2), mas que tenham atingido o estágio de maturação adequado para o preparo da umbuzada.

#### **3.2- Processamento da polpa de umbu para umbuzada**

Os umbus, uma vez coletados foram transportados em caixas plásticas para o Laboratório de Armazenamento em Campina Grande, onde foram processados.

Na Figura 4 é mostrado o fluxograma das etapas realizadas para obtenção da polpa de umbu para umbuzada



**Figura 4-** Fluxograma de processamento da polpa de umbu

### 3.2.1- Seleção

A seleção foi realizada manualmente onde foram eliminados frutos estragados e com estágio de maturação inadequado para o processamento.

### 3.2.2- Lavagem

Os frutos foram lavados em água potável contendo uma solução de hipoclorito de sódio, com concentração de 20 ppm. Estes permaneceram imersos na solução por um período de dez minutos, quando então foram lavados em água corrente. Após este procedimento, os

frutos foram colocados para secar em ambiente natural, para em seguida se realizar a próxima etapa.

### **3.2.3- Cozimento**

Para realizar-se o cozimento os frutos de umbu foram colocados em água fervente, onde permaneceram durante um minuto após iniciar a fervura. Em seguida, estes foram escorridos para retirar-se o excesso de água.

### **3.2.4- Despulpamento**

O processo de despulpa ocorreu em despulpadeira horizontal da marca LABOREMUS, modelo DF- 200, motor elétrico de 2.0 CV com capacidade aproximada de 400g por hora e peneira de malha de 2,5 mm.

### **3.2.5- Refino**

Para o refino da polpa foi utilizado uma peneira com malha de 1mm de diâmetro na despulpadeira usada na etapa anterior.

### **3.2.6- Embalagem**

As amostras foram acondicionadas em embalagem de polietileno com capacidade para 250g. Para o fechamento das embalagens utilizou-se seladora da Marca R. BAIÃO-SELA MULT-barra quente.

### **3.2.7- Congelamento e armazenamento**

As polpas de umbu foram congeladas em nitrogênio líquido a temperatura de  $-196^{\circ}\text{C}$  e armazenadas em freezer doméstico a temperatura de  $-22,6^{\circ}\text{C}$  até posterior utilização.

### 3.3- Preparo das emulsões

Na Figura 5 é ilustrado o fluxograma do processo de obtenção da polpa de umbu em pó.

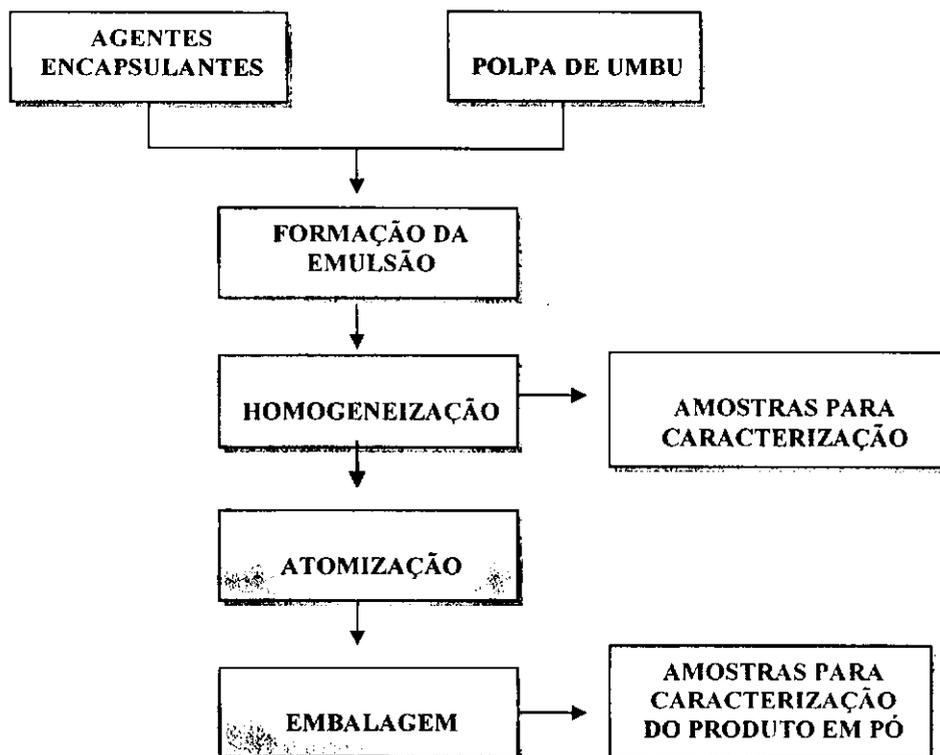


Figura 5- Fluxograma das etapas realizadas para obtenção da polpa de umbu em pó

#### 3.3.1- Formação da emulsão e homogeneização

Para compor as formulações a serem secas utilizou-se como agentes encapsulantes a maltodextrina DE 20, obtida das Refinações Milho Brasil, goma arábica em pó pura (Isofar) e  $\beta$ -ciclodextrina (Trappsol). Os agentes encapsulantes foram incorporados a polpa de umbu no momento do preparo da emulsão com aquecimento para 30°C. A  $\beta$ -ciclodextrina foi aquecida a 55°C, devido esta apresentar baixa solubilidade. A diluição da polpa foi preparada na proporção de 1:2 (polpa/água).

Para a homogeneização das amostras utilizou-se um agitador mecânico (APV Gaulin, modelo 15 MR) na velocidade máxima.

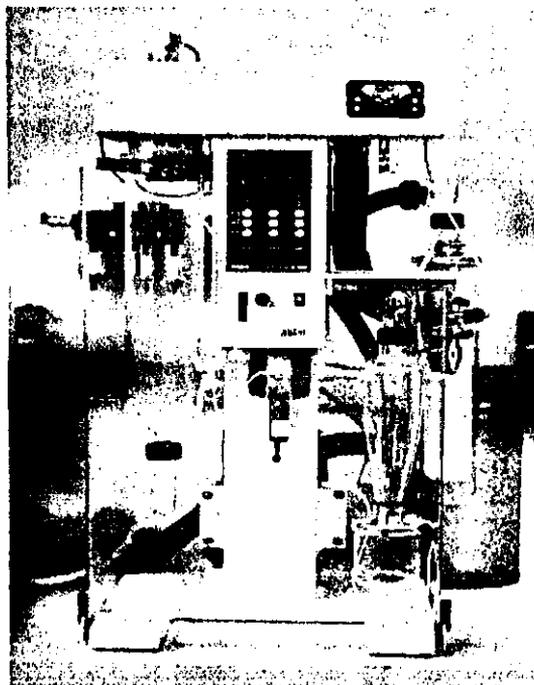
Foram elaboradas oito formulações (Tabela 3) a partir dos três agentes encapsulantes, maltodextrina, goma arábica e  $\beta$ -ciclodextrina, os quais foram empregados tanto separadamente como misturado.

**Tabela 3-** Formulações empregadas para produção da polpa de umbu em pó

Formulação	Encapsulante (Concentração %)			Polpa de umbu (Concentração %)
	Maltodextrina	Goma Arábica	$\beta$ -ciclodextrina	
1	15,0	—	—	85,0
2	20,0	—	—	80,0
3	—	12,0	—	88,0
4	—	15,0	—	85,0
5	15,0	3,0	—	82,0
6	15,0	5,0	—	80,0
7	15,0	—	3,0	82,0
8	15,0	—	5,0	80,0

### 3.4- Atomização

O pó foi obtido utilizando secador tipo Spray drier BUCHI, modelo B-191 ilustrado na Figura 6. Foi utilizada uma condição de processo com o fluxo de ar de secagem concorrente ao material sendo atomizado. As temperaturas do ar de secagem foram 160 e 80°C, na entrada e saída do secador, respectivamente. O processo de atomização foi realizado em três repetições para cada formulação, utilizando-se 300 ml da emulsão para cada secagem. O material obtido foi acondicionado em sacos de polipropileno biorientado aluminizado, os quais foram armazenados em dessecador até posterior utilização.



**Figura 6-** Mini Spray dryer, BUCHI B-191

### **3.5- Caracterização físico-química da polpa de umbu “in natura” e polpa de umbu pré-cozida**

As determinações físico-químicas da polpa “in natura” e pré-cozida foram realizadas com o objetivo de se fazer um acompanhamento das alterações ocorridas com o produto devido ao processamento.

#### **3.5.1- Conteúdo de água (%)**

Oblido pelo método descrito pelas NORMAS ANÁLÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

### **3.5.2- Ácido ascórbico**

Determinado através do método que baseia-se na redução do 2,6-diclorofeno indofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico, mediante a metodologia nº 43.605 da AOAC (1984), modificada por BENASSI (1990), no qual substitui o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico. Neste método utilizou-se o DCFI na titulação que dá cor azul em solução alcalina e em solução ácida coloração rósea.

### **3.5.3- Sólidos solúveis**

O teor de sólidos solúveis foi feito com um refratômetro de bancada, marca Quimis modelo Q-109 B.

### **3.5.4- Acidez**

Determinada pelo método que se baseia na titulação, com solução padronizada de álcali, da acidez do alimento, empregando fenolfaleína como o indicador do ponto final da titulação, método nº 22038 AOAC. (1984).

### **3.5.5 - Potencial hidrogeniônico (pH)**

A análise de pH foi obtida em pHmetro da marca Analyser, model 300M, com calibração em soluções tampões de pH 4,0 e 7,0.

### **3.5.6- Açúcares redutores, não redutores e totais**

O método utilizado baseia-se na redução de íons de cobre bivalente, em meio básico, pelos açúcares redutores, conforme metodologia proposta pela AOAC (1984).

### **3.6- Caracterização físico-química da emulsão**

#### **3.6.1- Ácido ascórbico**

Utilizou-se a metodologia descrita no item 3.5.2.

#### **3.6.3- Qualificação da cor**

A qualificação de cor foi realizada em colorímetro (Color Quest II de Hunter) empregando-se a escala Hunter-Lab. Utilizou-se a leitura direta de reflectância das coordenadas L (Luminosidade), a (transição da cor verde (-a) para cor vermelha (+a) e b (transição da cor azul (-b) para a cor amarela (+b)).

### **3.7- Caracterização da polpa de umbu em pó**

#### **3.7.1- Conteúdo de água (%)**

Determinada segundo as NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Utilizou-se aproximadamente 1g da amostra, a qual foi levada para estufa a 70°C até peso constante. O conteúdo de água foi calculado com base nos pesos inicial e final da amostra e expressa em percentagem.

#### **3.7.2- Ácido ascórbico**

Metodologia apresentada no item 3.5.2.

#### **3.7.3- Qualificação da cor**

Descrita no item 3.6.2.

### **3.7.4- Avaliação microscópica**

Os aspectos microestruturais das partículas da polpa de umbu em pó foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura. Inicialmente as amostras foram colocadas sobre uma fita adesiva que foi aderida a um suporte metálico. Procedeu-se em seguida o recobrimento da amostra com camada de ouro (15nm) em Sputter Coating Attachment, modelo FDU-010 da BALZERS, em evaporador a vácuo. O tamanho e estrutura das microcápsulas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura LEO 1430 VP, operando sob velocidade de 10 e 15kv. As amostras foram observadas sob ampliações de 1800x.

### **3.7.5- Análise sensorial**

A avaliação sensorial foi obtida com especialistas em umbuzada. Aplicou-se o teste de preferência quanto aos atributos de cor, sabor, aroma e aparência. Para cada provador foram oferecidas oito amostras devidamente codificadas e acondicionadas em copos plásticos descartáveis com capacidade para 40 ml. A umbuzada foi elaborada utilizando-se polpa de umbu em pó nas seguintes formulações:

Formulação 1: polpa de umbu ; 15% de maltodextrina.

Formulação 2: polpa de umbu ; 20% de maltodextrina

Formulação 3: polpa de umbu ; 12% de goma arábica

Formulação 4: polpa de umbu ; 15% de goma arábica

Formulação 5: polpa de umbu ; 15% de maltodextrina ; 3% de goma arábica.

Formulação 6: polpa de umbu; 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica.

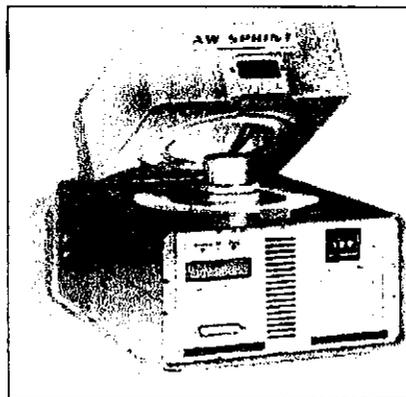
Formulação 7: polpa de umbu; 15% de maltodextrina; 3% de  $\beta$ -ciclodextrina.

Formulação 8: polpa de umbu; 15% de maltodextrina; 5% de  $\beta$ -ciclodextrina

A umbuzada foi preparada com igual quantidade de polpa de umbu em pó e leite, a qual adicionou-se 25% de açúcar. Para a avaliação dos atributos cor, sabor, aroma e aparência utilizou-se fichas baseadas na escala hedônica, as quais encontram-se ilustradas no apêndice C.

### **3.7.6- Isotermas de dessorção**

As isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó das diferentes foram determinadas pelo método estático-indireto, com base no estudo efetuado por CAPRISTE & ROLSTEIN (1982). Para o qual utilizou-se o equipamento Thermoconstanter Novasina TH 200 (Figura 7), projetado para a medida de atividade de água com temperatura controlada. Na câmara de medição do equipamento onde as amostras são colocadas, a temperatura é regulada por meio de um controlador que serve para fixar o valor da temperatura desejada com uma variação menor que 0,2°C, em toda sua escala que vai de 0 a 50°



**Figura 7-** Thermoconstanter Novasina

Para o preparo das amostras inicialmente pesou-se cerca de 1g do pó, este foi acondicionado em ambiente fechado com recipiente contendo água durante 24 horas, com o intuito de realizar-se a umidificação do produto. Posteriormente a amostra foi levada à estufa por um período de 30 minutos a temperatura de 60°C. Após este procedimento estas foram conduzidas ao equipamento Thermoconstanter Novasina TH-200 , para se efetuar a primeira leitura da atividade de água ( $a_w$ ) às temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C.

A leitura foi realizada no momento que se estabilizou a atividade de água. Em seguida as amostras foram pesadas e levadas para a estufa durante 30 minutos, para em seguida realizar-se nova leitura. Repetiu-se esse processo até que a amostra atingisse o equilíbrio. Posteriormente as amostras foram à estufa a temperatura de 60°C durante 24 horas para determinação da massa seca.

A umidade de equilíbrio foi calculada em base seca, pela relação entre a massa de água e massa seca das amostras:

$$x = \frac{m_{\text{água}}}{m_s} \cdot 100 \quad (17)$$

Onde:

$x$  = conteúdo de água de equilíbrio em base seca;

$m_{\text{água}}$  = massa de adsorvida pela amostra;

$m_s$  = massa seca da amostra.

### 3.7.7- Ajuste dos modelos matemáticos

O ajuste das isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó foi realizado utilizando-se as equações de BET (Eq. 9), GAB (Eq. 11), Oswin (Eq. 14), Henderson modificada por Thompson (Eq. 15) e Henderson modificada por Cavalcanti Mata (Eq. 16). Empregou-se regressão não linear, pelo método Quasi-Newton e de Hooke-jeeves e quase-newton resolvidas pelo processador matemático STATISTICA versão 5.1.

### 3.7.8- Erros experimentais

Para avaliar o ajuste de cada equação aos dados experimentais realizou-se o erro relativo ( $\varepsilon$ ) calculado pela equação 17, e o desvio percentual médio resolvido pela equação 18.

$$\varepsilon = \frac{M_e - M_t}{M_e} \quad (18)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(M_{ie} - M_{it})|}{M_{ie}} \quad (19)$$

Em que:

$M_e$  = valores obtidos experimentalmente;

$M_i$  = valores preditos pelo modelo;

$n$  = número de dados experimentais.

### **3.8- Análise estatística**

A comparação das médias dos dados obtidos de ácido ascórbico, análise de cor e conteúdo de água foi realizada pelo teste de Tukey usando-se o programa ASSISTAT versão 6.7 por meio de delineamento inteiramente casualizado.

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1- Caracterização físico-química da polpa de umbu verde “in natura” e polpa de umbu verde pré-cozida

Os valores médios de pH, acidez, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, conteúdo de água, açúcares redutores, não redutores e totais da polpa de umbu verde “in natura” e polpa de umbu verde pré-cozida encontram-se na Tabela 4 e seus valores individuais estão no Apêndice A.

A literatura não dispõe de estudos referentes à caracterização química de polpa de umbu verde “in natura” e pré-cozida, foi encontrado apenas valores para polpa de umbu semi-maduro devido seu estudo destinado a produção de polpa. Este estudo tem por finalidade a produção de polpa de umbu em pó para preparo de umbuzada sendo necessário nesse caso frutos de umbu verdes.

**Tabela 4-** Valores médios das características físico-químicas da polpa de umbu verde “in natura” e polpa de umbu verde pré-cozida

Caracterização	RESULTADOS		BISPO(1989) ALMEIDA(1999)	
	“in natura”	Pré-cozida	Semi-madura	“in natura”
pH	2,61	2,59	2,45	2,33
Acidez titulável(%)	1,33	2,08	1,85	0,96
Sólidos solúveis totais(°Brix)	9,16	9,93	—	11,18
Ácido ascórbico (mg/100g)	13,31	10,31	9,61	—
Açúcares redutores (%)	3,72	4,06	6,07	4,45
Açúcares não-redutores(%)	2,13	0,81	1,88	3,92
Açúcares totais(%)	5,98	4,91	7,95	8,37
Conteúdo de água (% b.u)	90,23	89,02	—	—

De acordo com os resultados obtidos observa-se diminuição no conteúdo de água, teor de ácido ascórbico e açúcares não redutores da polpa pré-cozida, verificando-se perdas de 1,34%, 22,54% e 61,97%, respectivamente. O referido resultado era esperado uma vez que a polpa foi submetida ao processo de cozimento.

Os valores médios de pH, Acidez titulável, ácido ascórbico e açúcares não -reduzidores para polpa de umbu “in natura” e pré-cozida encontram-se próximos aos resultados encontrados por BISPO (1989). Enquanto que os valores de açúcares redutores e sólidos solúveis totais estão de acordo com os resultados encontrados por ALMEIDA (1999). Contudo, a acidez titulável foi inferior ao resultado obtido pelo mesmo autor sendo registrado perdas de 27,81 e 53,84% para polpa de umbu in natura e pré-cozida. Este comportamento se deve a diferença no estágio de maturação semi-maduro referenciado na literatura.

#### **4.2- Caracterização da emulsão**

A emulsão preparada nas diferentes formulações foi analisada quanto a cor (Luminosidade (L) Intensidade de vermelho a verde (a) e intensidade de amarelo a azul (b) ) e teor de ácido ascórbico , a fim de se verificar possíveis alterações ocorridas com o produto.

##### **4.2.1- Ácido ascórbico**

Os valores médios de ácido ascórbico da emulsão nas diferentes formulações, apresentados na Tabela 5, variaram de 7,17 mg/100g a 8,64 mg/100g nas formulações 2 e 6, respectivamente, sendo inferiores aos valores encontrados para polpa de umbu pré-cozida obtida logo após o processamento que foi de 10,31 mg/100g., ocorrendo perda que variou de 16,19% a 30,45%. Tal diminuição pode está correlacionada ao congelamento e armazenamento da polpa durante o período que precedeu a preparação da emulsão. Pode-se considerar também como fator de perda de ácido ascórbico o aquecimento da amostra durante sua homogeneização com o agente encapsulante.

Segundo Gregory citado por TIBA (1996) as perdas de vitamina C ocorrem por ser o ácido ascórbico muito instável, que pode ser degradado por diversos mecanismos em condições aeróbicas ou anaeróbicas em frutas e hortaliças.

**Tabela 5** - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da emulsão nas diferentes formulações

Formulação	Ácido ascórbico
1: com 15% de maltodextrina	7,28 c
2: com 20% de maltodextrina	7,17 c
3: com 12% de goma arábica	8,53 a
4: com 15% de goma arábica	8,29 ab
5: com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica	7,69 bc
6: com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica	8,64 a
7: com 15% de maltodextrina; 3% de $\beta$ -ciclodextrina	7,62 c
8: com 15% de maltodextrina; 5% de $\beta$ -ciclodextrina	7,55 c

CV (%)= 2,9657; DMS= 0,6584; MG= 7,84758

MG- Média geral, CV- Coeficiente de variação e DMS- Desvio mínimo significativo

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

Observando-se a Tabela 5, constata-se que não houve diferença significativa entre as formulações 1, 2, 5, 7 e 8, o mesmo aconteceu entre as formulações 3, 4, 5 e 6. De modo geral, observa-se uma tendência de diminuição do ácido ascórbico com o aumento da concentração do agente encapsulante, excetuando-se entre as formulações 5 e 6, cujo encapsulante empregado foi a maltodextrina e goma arábica em diferentes proporções. De todas as formulações estudadas, a que apresentou o menor teor de ácido ascórbico foi àquela encapsulada com maltodextrina na proporção de 20% (7,17 mg/100g).

Verifica-se que os maiores valores de ácido ascórbico foram obtidos ao utilizar-se goma arábica como agente encapsulante, este empregado isoladamente, na formulação 3 (8,5 mg/100g) e formulação 4 (8,29 mg/100g) e em associação com maltodextrina, cujo valor encontrado foi de 8,64 mg/ 100g de ácido ascórbico.

#### 4.2.2- Análise de cor

Os valores médios das coordenadas "L" (Luminosidade), "a" (Intensidade de vermelho e verde) e "b" (Intensidade de amarelo e azul) das emulsões nas diferentes formulações encontram-se na Tabela 6 e as respectivas análises de variância estão apresentadas no apêndice B.

**Tabela 6-** Valores médios da Luminosidade (L), Intensidade de vermelho (a) e Intensidade de amarelo (b) da emulsão nas diferentes formulações

Formulação	L	a	b
1: com 15% de maltodextrina	45,460 a	1,012 b	13,805a
2: com 20% de maltodextrina	45,785 a	0,97 0 b	14,515a
3: com 12% de goma arábica	37,845 a	3,550 a	14,075a
4: com 15% de goma arábica	42,040 a	3,535 a	14,700a
5: com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica	44,085 a	1,020 b	14,330a
6: com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica	44,245 a	1,150 b	14,725a
7: com 15% de maltodextrina; 3% de $\beta$ -ciclodextrina	45,115 a	0,735 b	14,120a
8: com 15% de maltodextrina; 5% de $\beta$ -ciclodextrina	45,520 a	0,870 b	14,935a
DMS	8,300	0,748	2,201
CV(%)	4,790	11,775	3,859

CV - Coeficiente de variação e DMS - Desvio mínimo significante

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

Pelos resultados expostos na Tabela 6 verifica-se que não há diferença estatística entre as médias para as coordenadas “L” e “b”, pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Constatando-se que o tipo de formulação não influenciou na luminosidade e intensidade de amarelo das amostras. Observa-se que o menor valor de luminosidade é evidenciado nas formulações 3 e 4 e, em menor proporção nas formulações 5 e 6. Tal diminuição de luminosidade indica o escurecimento da amostra, o qual poderá está relacionado com o tipo de encapsulante usado no preparo dessas emulsões. Nas amostras onde o escurecimento foi evidenciado utilizou-se como agente encapsulante a goma arábica, cujo aspecto inicial apresenta-se como pó creme finamente dividido, mas no momento da adição da polpa de umbu esta apresentou escurecimento facilmente visualizado. As demais amostras não sofreram mudança considerável, apresentando o valor de luminosidade na faixa de 45.

Ainda na Tabela 6 observa-se que houve diferença significativa entre os valores médios da coordenada “a” obtidos nas formulações 3 e 4 em relação as demais formulações. Verifica-se que essas formulações compostas por goma arábica apresentavam no momento do preparo da emulsão um escurecimento responsável pela diminuição do fator luminosidade e que pode ter acarretado também o aumento no valor da intensidade de vermelho.

As emulsões que apresentavam nas suas formulações associação maltodextrina/goma arábica (Formulações 5 e 6 ) não apresentavam escurecimento evidente, fator que pode ser atribuído a maior incorporação de maltodextrina na emulsão. Contudo, observa-se na Tabela 6 um leve acréscimo da coordenada “a” nessas formulações, apesar destas apresentarem uma pequena adição de goma arábica.

#### **4.3- Caracterização da polpa de umbu em pó**

##### **4.3.1- Ácido ascórbico**

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios de ácido ascórbico da polpa de umbu em pó nas oito formulações estudadas. Constata-se diferença significativa entre as formulações 2 e 3 e entre as formulações 2 e 6, entre as demais formulações os valores são considerados estatisticamente iguais entre si.

**Tabela 7-** Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações

<b>Formulação</b>	<b>Ácido ascórbico</b>
1: com 15% de maltodextrina	6,50 bc
2: com 20% de maltodextrina	6,25 c
3: com 12% de goma arábica	7,20 ab
4: com 15% de goma arábica	7,00 abc
5: com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica	6,85 abc
6: com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica	7,40 a
7: com 15% de maltodextrina; 3% de $\beta$ -ciclodextrina	6,75 abc
8: com 15% de maltodextrina; 5% de $\beta$ -ciclodextrina	6,65 abc

CV (%)= 4,11159; DMS= 0,7938; MG= 6,8249.

MG - Média geral, CV - Coeficiente de variação e DMS - Desvio mínimo significativo.

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

Observa-se que os valores obtidos variaram de 6,25mg/100g a 7,40% mg/100g de ácido ascórbico. Comparando-se com os valores encontrados antes da secagem, constata-se perda de ácido ascórbico que variou entre 11,41 e 15,59 %. O maior valor encontrado, observa-se naquela formulação cujo agente encapsulante empregado foi goma arábica e maltodextrina em associação (7,40 mg/100g), estando este resultado de acordo com o obtido na emulsão que foi de 8,64%, resultando em perda de 14,35% de ácido ascórbico. Assim como na emulsão, os menores teores de ácido ascórbico foram obtidos nas formulações 1 e 2, que foram de 6,50 a 6,25 mg/100g de ácido ascórbico, tais formulações foram preparadas com maltodextrina nas proporções de 15 e 20%, respectivamente.

#### 4.3.2- Análise de cor

Os valores médios das coordenadas “L” (Luminosidade), “a” (Intensidade de vermelho e verde) e “b” (Intensidade de amarelo e azul) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações encontram-se na Tabela 8 e as análises de variância estão apresentadas no apêndice B.

**Tabela 8-** Valores médios da Luminosidade (L), Intensidade de vermelho a verde (a) e Intensidade de amarelo a azul (b) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações

<b>Formulação</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
1: com 15% de maltodextrina	92.590 a	0,405 c	6.610 a
2: com 20% de maltodextrina	93.235 a	0,28 0c	5.995 a
3: com 12% de goma arábica	93.515 a	1,245 ab	7.720 a
4: com 15% de goma arábica	92.080 a	1,545 a	8.375 a
5: com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica	93. 340 a	0,560 bc	6.000 a
6: com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica	92.800 a	0,715 bc	6.745 a
7: com 15% de maltodextrina; 3% de β -ciclodextrina	94.255 a	0,055 c	5.315 a
8: com 15% de maltodextrina; 5% de β -ciclodextrina	94.095 a	0,085 c	6.220 a
DMS	4,017	0,697	3,123
CV(%)	1,088	28,799	11,909

CV - Coeficiente de variação e DMS- Desvio mínimo significante

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

Com base nos valores médios de luminosidade ilustrados na Tabela 8, constata-se que não há diferença significativa entre as formulações avaliadas a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Comparando-se com o valor inicial de “L”(emulsão) verifica-se que a luminosidade aumentou em todas as formulações avaliadas, resultando em um pó cerca de duas vezes mais claro que o observado na emulsão, evidenciando-se assim, que o processo de secagem promoveu o aumento da coordenada L.

Os valores médios da coordenada “a” sofreram variações nas diferentes formulações estudadas. Pode-se observar que não houve diferença significativa entre as formulações 1, 2, 5, 6, 7 e 8; da mesma forma acontece entre as formulações 3 e 4. Comparando-se com os valores antes da secagem, constata-se diminuição dessa coordenada, que associada ao aumento de luminosidade, indica clareamento da amostra. Fato observado visualmente, uma vez que o pó obtido na secagem apresenta em todas as formulações coloração branca.

Ainda na mesma Tabela verifica-se que não há diferença significativa entre os valores médios da intensidade de amarelo nas diferentes formulações. Com base no valor de “b” obtido antes do processo de secagem nota-se uma diminuição nessa coordenada. OLIVA (1995) afirma que o decréscimo no valor deste componente pode ser atribuído à degradação de carotenóides da amostra. Fato que pode estar correlacionado ao emprego de temperaturas elevadas durante a secagem.

#### **4.3.3- Conteúdo de água**

Na Tabela 9 têm-se os valores médios do conteúdo de água da polpa de umbu em pó em todas as formulações estudadas. Pode-se constatar que não houve diferença significativa entre as formulações 3 e 4. porém estas diferem das demais, cujos valores são considerados estatisticamente iguais entre si. Verifica-se uma tendência de diminuição do teor de umidade nas formulações cuja adição de encapsulante foi maior. Fato esperado, pois tais formulações apresentavam antes do processo de secagem maior conteúdo de sólidos.

**Tabela 9-** Valores médios do conteúdo de água (%) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações

<b>Formulação</b>	<b>Conteúdo de água (% b.u.)</b>
1: com 15% de maltodextrina	3,65 b
2: com 20% de maltodextrina	3,64 b
3: com 12% de goma arábica	5,94 a
4: com 15% de goma arábica	5,58 a
5: com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica	3,71 b
6: com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica	3,63 b
7: com 15% de maltodextrina; 3% de $\beta$ -ciclodextrina	3,51 b
8: com 15% de maltodextrina; 5% de $\beta$ -ciclodextrina	3,40 b

CV (%)= 5,256597; DMS= 0,614482; MG= 4,132083.

MG - Média geral, CV - Coeficiente de variação e DMS - Desvio mínimo significativo

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

Os valores de conteúdo de água obtidos variaram de 3,40% a 5,93%, constatando-se diferença de 57,33%. Os maiores valores foram observados nas formulações 3 e 4, cujos valores foram de 5,93% e 5,57%, respectivamente. Nas demais formulações estes valores permaneceram constantes em torno de 3,6% de conteúdo de água. Verifica-se que os resultados, de uma maneira geral, concordam com os observados na literatura.

ABURTO et al (1998) estudou a microencapsulação de óleo essencial de laranja via spray dryer, utilizando três agentes encapsulantes (maltodextrina, goma arábica e amido modificado), obtendo-se um pó com conteúdo de água que variou de 2,7 a 3,7% na temperatura de 180°C.

O conteúdo de água do suco de acerola em pó foi determinado por FIGUEIREDO (1998). A autora utilizou como agente encapsulante a goma arábica e a maltodextrina em diferentes proporções, verificando-se valores de conteúdo de água que variaram de 2,51% a 7% b.u.

GOMES (2002) trabalhando com polpa de acerola desidratada em leite de jorro, obteve um conteúdo de água de 4,07%, tendo como encapsulante a maltodextrina.

#### 4.3.4- Avaliação Microscópica

A Tabela 10 apresenta o diâmetro das microcápsulas do umbu em pó nas diferentes formulações obtidas mediante secagem por atomização.

As microcápsulas, de forma geral possuem tamanhos intermediários aos valores ilustrados nesta tabela, apresentando número limitado de partículas de menor diâmetro. Nesta tabela observa-se que a maioria dos tratamentos que se utiliza o mesmo encapsulante com alteração apenas na sua concentração o diâmetro das partículas tendem ao decréscimo com o aumento da concentração do mesmo. Tais observações diferem dos resultados obtidos por RÉ & HIGA (1995), ao afirmarem que a diminuição da concentração do encapsulante produz partículas menores.

**Tabela 10-** Diâmetro médio das microcápsulas da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações

Formulação	Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )
1: com 15% de maltodextrina	0,32 – 9,03
2: com 20% de maltodextrina	0,60 – 7,33
3: com 12% de goma arábica	0,96 – 10,32
4: com 15% de goma arábica	0,64 – 9,35
5: com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica	0,96 – 8,06
6: com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica	0,96 – 4,19
7: com 15% de maltodextrina; 3% de $\beta$ -ciclodextrina	0,66 – 5,33
8: com 15% de maltodextrina; 5% de $\beta$ -ciclodextrina	1,00 – 2,33

ZILBERBOIM et al. (1986) relatam que o decréscimo do diâmetro das partículas pode ser atribuído ao fator baixa viscosidade presente no conteúdo de sólidos na alimentação dos sistemas, conduzindo assim, a formação de partículas esféricas de menor diâmetro. KIM e MORR (1996) evidenciam que o tamanho das partículas pode determinar a quantidade de substâncias voláteis na superfície da partícula, porém, a viscosidade não é considerada um fator determinante na determinação do diâmetro das partículas.

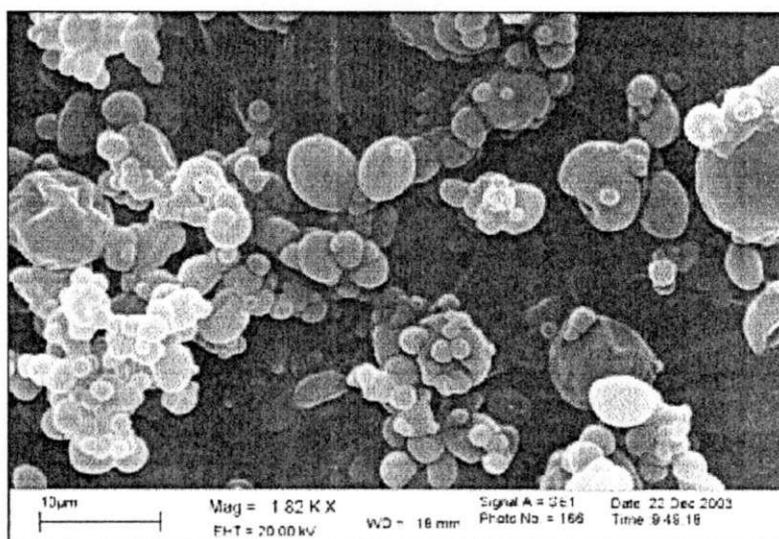
Apesar da heterogeneidade observada no tamanho das partículas em todas as formulações avaliadas, observa-se que a presença de maltodextrina/ $\beta$ -ciclodextrina na formulação 7 (Figura 14) promoveu pequena diferença no tamanho das microcápsulas, sendo a maioria destas de diâmetro intermediário aos ilustrados na Tabela 10.

As Figuras de 8 a 15 apresentam as fotomicrografias das amostras obtidas no microscópio eletrônico de varredura. Pode-se constatar nas Figuras 8 e 10, que a maioria das microcápsulas apresentam superfícies esféricas lisas, revelando um leve grau de aglomeração entre as partículas menores enquanto que algumas partículas maiores exibem vacúolos em sua superfície. O menor grau de amorfismo observado nestas formulações pode estar correlacionado com a diminuição na concentração do agente encapsulante utilizado, que foram maltodextrina 15% e goma arábica 12% para as formulações 1 e 3, respectivamente. A maior incorporação de goma arábica na formulação 4 (Figura 11) produziu microcápsulas que exibem elevado grau de aglomeração, com partículas apresentando superfícies rugosas.

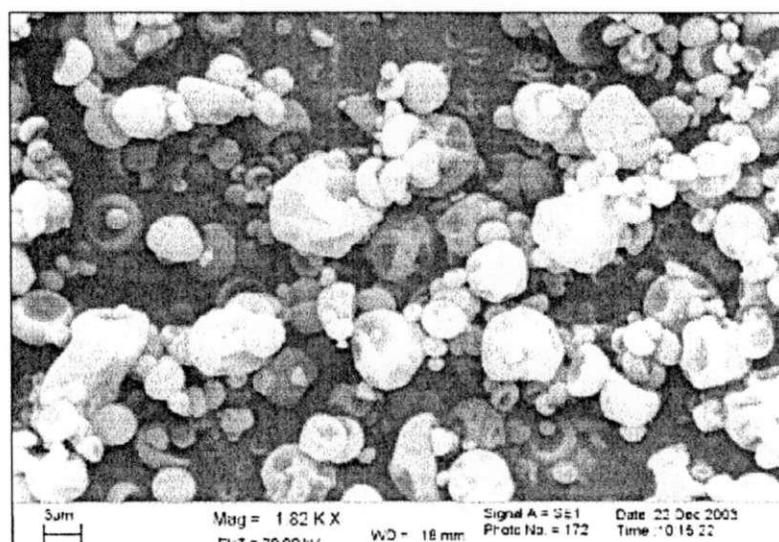
Observando-se as Figuras 9, 11, 12, 13 e 15, constata-se um maior número de partículas com aspecto enrugado e partículas pequenas com formato côncavo e, aderidas a concavidade destas encontram-se partículas menores. Essa aderência é mais evidente nas formulações 6 e 8 (Figuras 13 e 15). Esse fenômeno pode ser causado pela coalescência das partículas menores ao redor das maiores, podendo estas formar aglomerados de maior tamanho (BHANDARI et al. 1992). Segundo PELEG et al. (1973) esta preferência, ou afinidade por tais superfícies, deve-se provavelmente, à força de atração existente entre pontes líquidas que se formaram por dissolução das camadas exteriores das partículas.

A formulação 7, conforme ilustrada na Figura 14, possui microcápsulas com formato bem definido, apesar da proximidade observada entre as partículas. Já na Formulação 8 as partículas pequenas tendem a aderir-se às partículas de maior grau de magnitude. Ambas as Formulações apresentam maltodextrina e  $\beta$ -ciclodextrina em associação, porém, exibem comportamento distinto, tal comportamento pode ser atribuído a maior incorporação da  $\beta$ -ciclodextrina na formulação 8. CONSTANT (1999) estudando o microencapsulamento de bixina relatou que a microencapsulação com  $\beta$ -ciclodextrina ocorre em nível molecular, não apresentando partículas com formato esférico, sendo nesse caso o processo de inclusão molecular.

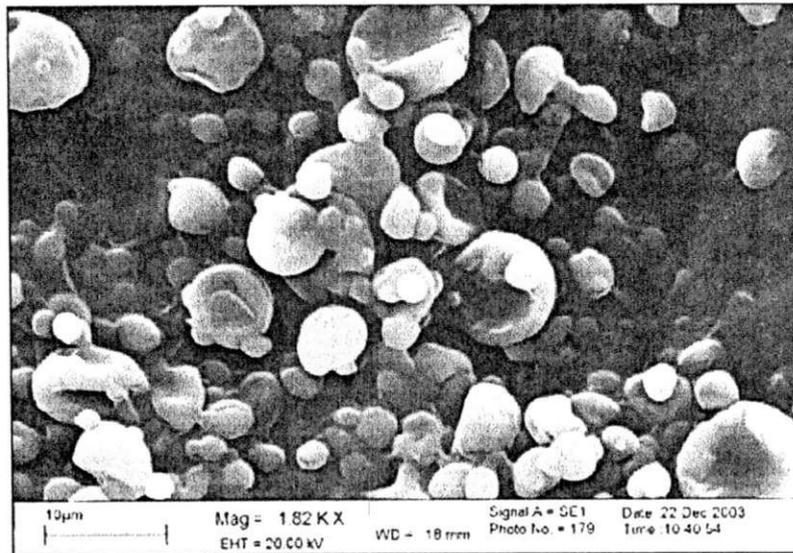
Em todas as formulações avaliadas não se evidencia a ocorrência de fragmentação de partículas, não apresentando poros ou rachaduras na superfície externa, fator considerado benéfico, pois de acordo com El. Sayed et.al. citados por PEREIRA (2000) a quebra de partículas poderá acarretar em perdas significativas de componentes voláteis. ROSEMBERG et al. (1985) afirmam que a retenção de voláteis e a proteção de um produto microencapsulado está relacionado com a porosidade e grau de integridade das microcápsulas e por sua vez as propriedades de escoamento das microcápsulas estão ligadas à estrutura e à morfologia externa das partículas.



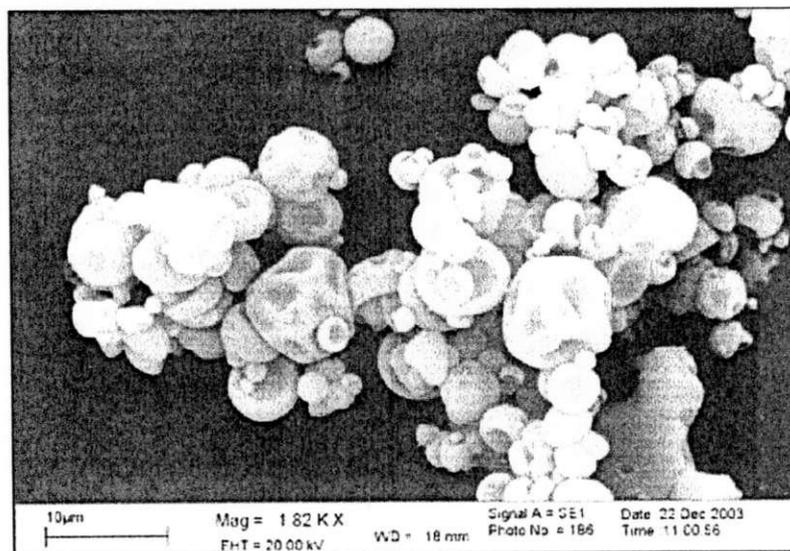
**Figura 8-** Fotomicrografia da Formulação 1 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x



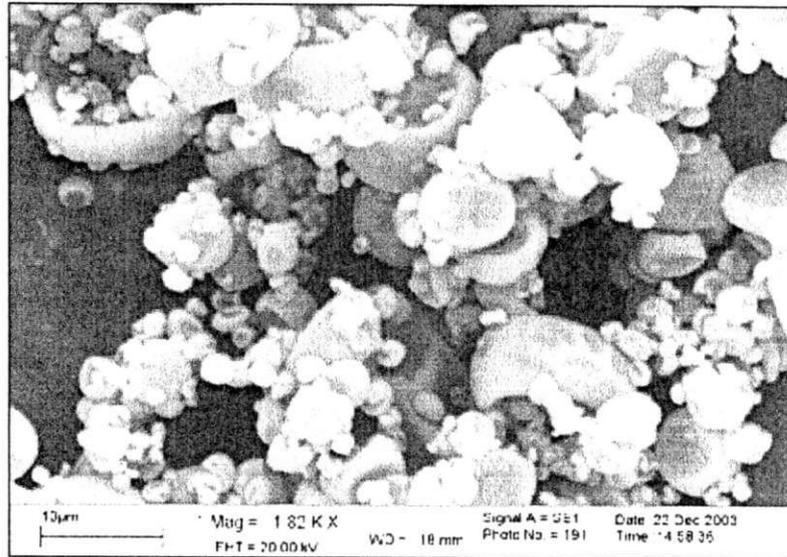
**Figura 9-** Fotomicrografia da Formulação 2 obtida por microscopia eletrônica, aumento de 1800x



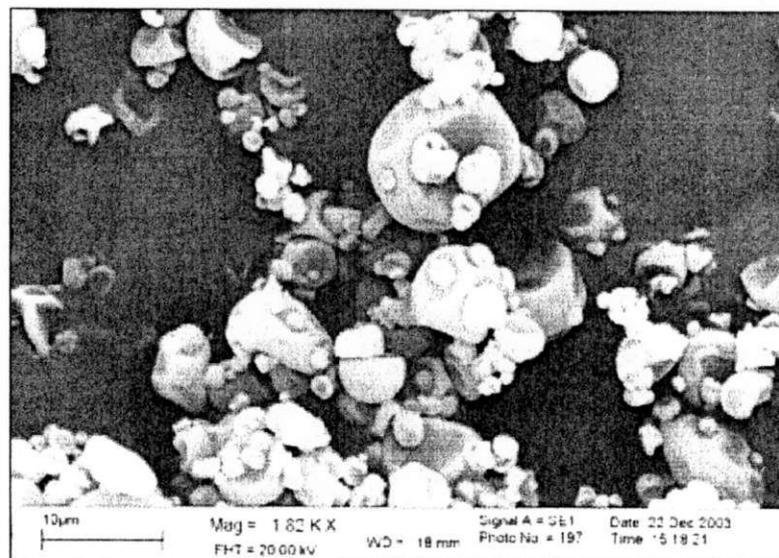
**Figura 10-** Fotomicrografia da Formulação 3 obtida por microscopia eletrônica, aumento 1800x



**Figura 11-** Fotomicrografia da Formulação 4 obtida por microscopia eletrônica aumento 1800x



**Figura 12-** Fotomicrografia da Formulação 5 obtida por microscopia eletrônica aumento 1800x



**Figura 13-** Fotomicrografia da Formulação 6 obtida por microscopia eletrônica aumento 1800x

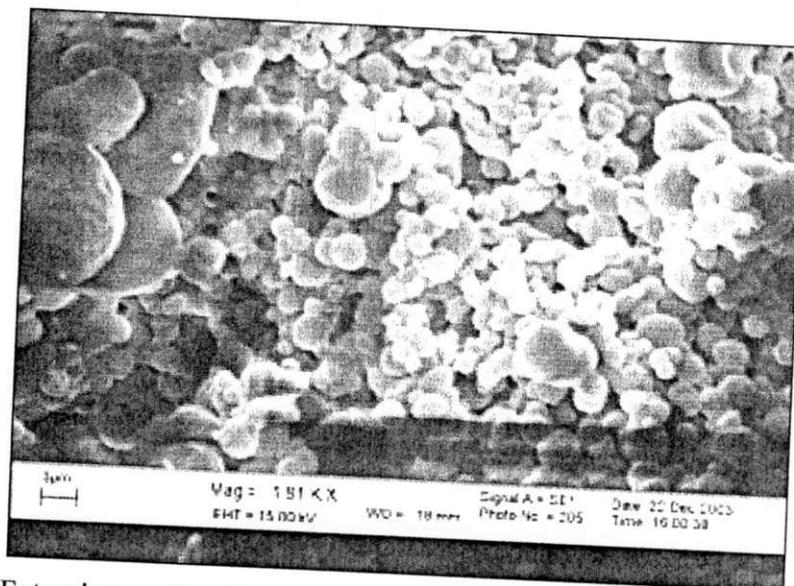


Figura 14- Fotomicrografia da Formulação 7 obtida por microscopia eletrônica aumento 1800x

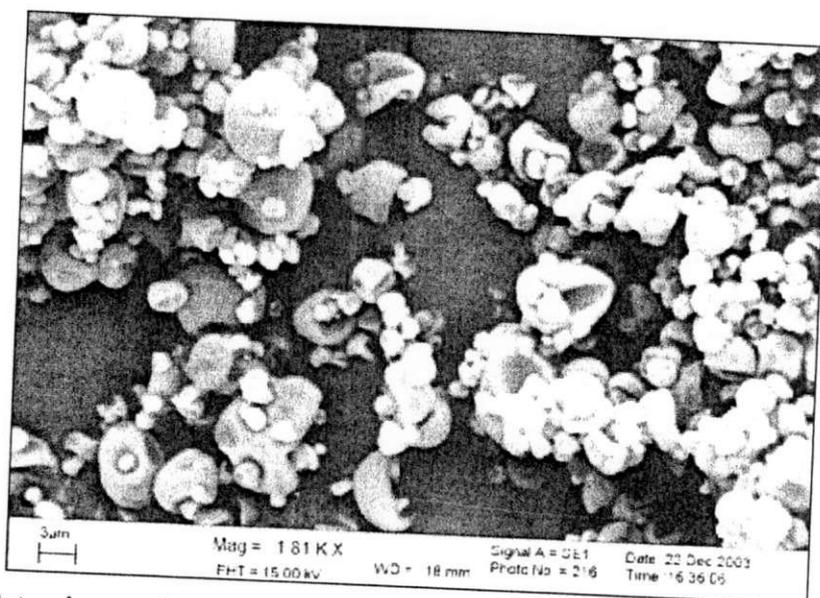


Figura 15- Fotomicrografia da Formulação 8 obtida por microscopia eletrônica aumento 1800x

#### 4.4- Análise sensorial da umbuzada

Na Tabela 11 encontram-se as médias obtidas através da análise sensorial da umbuzada preparada com polpa de umbu em pó para as diferentes formulações avaliadas quanto aos atributos sabor, aroma, aparência e cor, e as fichas de avaliação com as notas individuais encontram-se no apêndice C.

**Tabela 11-** Médias obtidas através da análise sensorial da umbuzada

Formulação	Atributo			
	Sabor	Aroma	Aparência	Cor
1: com 15% de maltodextrina	3,3	3,0	4,0	4,0
2: com 20% de maltodextrina	2,0	2,3	4,0	4,0
3: com 12% de goma arábica	2,3	1,0	3,0	4,7
4: com 15% de goma arábica	2,3	1,0	3,7	4,3
5: com 15% de maltodextrina; 3% de goma arábica	1,0	2,0	4,0	4,3
6: com 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica	1,7	1,0	4,0	4,3
7: com 15% de maltodextrina; 3% de $\beta$ -ciclodextrina	1,3	1,0	3,3	4,0
8: com 15% de maltodextrina; 5% de $\beta$ -ciclodextrina	1,7	2,0	3,3	3,7

A verificação do sabor da umbuzada elaborada com polpa de umbu em pó nas diferentes formulações, indicou que a umbuzada de melhor aceitação segundo os degustadores foi a preparada com a formulação 1, para qual obteve-se média 3,3, que corresponde na escala hedônica entre gosto da fruta e gosto intenso da fruta. A polpa de umbu utilizada no preparo dessa umbuzada foi elaborada usando a maltodextrina como agente encapsulante observando-se que esta formulação foi eficiente para preservar o sabor característico da fruta.

As umbuzadas preparadas com as demais formulações (2 a 8) não apresentaram boa aceitação de sabor. Aquelas elaboradas com as formulações que continham goma arábica (formulações 3 e 4) apresentaram segundo os degustadores leve sabor da fruta, no entanto, possuíam intenso sabor de queimado, sendo atribuído média 2,3 que está entre leve sabor da fruta e gosto da fruta na escala hedônica.

Com relação ao atributo aroma, verifica-se que a umbuzada preparada com a formulação 1, apresentou melhor retenção de aroma da fruta, sendo a esta atribuída média 3 que significa aroma da fruta de acordo com a escala hedônica. As amostras preparadas com a formulação 2, apresentaram média 2,3 que corresponde entre leve aroma da fruta e aroma da fruta, assim como a formulação 1 esta apresentou também a maltodextrina em sua formulação, porém em maior proporção, o que indica que a menor incorporação de maltodextrina na formulação 1 promoveu maior retenção de aroma da fruta.

De acordo com os provadores, as umbuzadas preparadas com a polpa de umbu em pó cujas formulações apresentavam maltodextrina em associação com goma arábica (formulação 5) e maltodextrina com  $\beta$ -ciclodextrina (formulação 8) apresentaram leve aroma da fruta. Enquanto que as demais umbuzadas não apresentaram aroma da fruta.

Com relação ao atributo aparência observa-se preferência para as umbuzadas preparadas com polpa de umbu em pó nas formulações 1, 2, 5 e 6, sendo atribuídas a estas média 4 que corresponde na escala hedônica a gostei ligeiramente. Constata-se que estas formulações apresentavam maltodextrina (formulações 1 e 2) e maltodextrina com goma arábica (formulações 5 e 6). Os provadores atribuíram para as demais umbuzadas médias entre 3,0 e 3,7 que na escala hedônica está entre indiferente e gostei ligeiramente.

De acordo com a análise sensorial para o atributo cor, verifica-se que as umbuzadas preparadas com diferentes formulações apresentaram tonalidade creme escuro e creme mais escuro. Aquelas umbuzadas cujas formulações utilizaram goma arábica individualmente ou em associação com maltodextrina (formulações 3, 4, 5 e 6), apresentaram cor creme mais escuro. As demais umbuzadas exibiram cor creme escuro. Este resultado difere da cor da umbuzada preparada com a polpa de umbu pré-cozida, já que está apresenta cor amarelo-esverdeada.

#### **4.5- Isotermas de dessorção**

Os resultados experimentais da atividade de água e conteúdo de água de equilíbrio nas temperaturas das 20 a 50°C para polpa de umbu em pó nas formulações 1, 3, 6, e 7 encontra-se na Tabela 12. Verifica-se que o conteúdo de água de equilíbrio aumenta com o aumento da atividade de água e decresce com o aumento da temperatura.

As Tabelas de 13 a 16 apresentam os valores dos parâmetros estimados obtidos por regressão não linear, dos modelos de GAB, BET, Oswin, Henderson modificada por Cavalcanti Mata e Henderson modificada por Thompson para os ajustes das isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó nas formulações estudadas para as temperaturas de 20 a 50°C, assim como os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios percentuais médios (P).

De acordo com os resultados dos parâmetros de ajustes dos modelos matemáticos para polpa de umbu em pó na formulação 1 (Tabela 13), verifica-se que dentre os modelos testados entre as temperaturas de 20 a 50°C, o que apresentou melhor resultado foi o modelo de GAB com coeficiente de determinação igual a 97% e desvio percentual médio de 14,25%. Analisando-se separadamente  $R^2$  para cada temperatura no modelo de Oswin constata-se que este apresentou maior valor na temperatura de 30°C, no entanto o menor desvio percentual médio foi evidenciado na temperatura de 20°C.

As isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó (Formulação 1) ajustadas nos diferentes modelos são apresentadas nas Figuras 16 a 20, nas quais se observa, aumento do conteúdo de água de equilíbrio com o aumento da atividade de água. Verifica-se que as curvas ajustadas apresentam forma sigmóide, sendo classificadas como isotermas do tipo II de acordo com a classificação de Brunauer et al., citados por RIVZI (1986).

**Tabela 12-** Valores experimentais da atividade de água ( $a_w$ ) e conteúdo de água de equilíbrio (x) da polpa de umbu em pó nas formulações 1, 3, 6 e 7, nas temperaturas de 20 a 50°C

Temperatura (°C)	$a_w$ (decimal)	Conteúdo de água de equilíbrio (% b.s.)			
		Formulação 1*	Formulação 3*	Formulação 6*	Formulação 7*
20	0,25	4,95	6,12	3,75	4,06
	0,30	6,20	6,98	4,95	4,21
	0,35	7,63	7,36	5,76	5,46
	0,45	8,77	8,94	6,83	6,29
	0,55	9,61	9,37	9,24	8,32
	0,65	12,39	14,80	12,03	10,18
	0,75	17,90	21,81	17,92	14,43
	0,85	30,55	28,35	23,39	20,70
30	0,25	3,68	3,65	3,12	3,32
	0,30	4,13	5,25	3,75	3,95
	0,35	4,64	5,90	5,08	4,82
	0,45	5,65	6,52	5,95	6,07
	0,55	7,03	8,21	8,61	7,65
	0,65	8,91	11,22	11,28	9,30
	0,75	15,96	17,08	15,92	14,09
	0,85	26,49	21,23	22,59	18,80
40	0,25	3,21	3,40	2,75	2,80
	0,30	3,35	4,25	3,50	3,70
	0,35	3,92	4,50	4,29	4,02
	0,45	4,58	5,30	6,49	5,58
	0,55	5,83	7,89	8,08	6,45
	0,65	7,03	9,83	10,47	7,45
	0,75	14,57	15,94	13,71	13,66
	0,85	18,97	20,92	20,81	18,41
50	0,25	1,31	2,27	1,85	2,01
	0,30	2,30	2,98	2,25	2,99
	0,35	2,91	3,60	2,81	3,14
	0,45	3,83	4,06	3,35	4,92
	0,55	4,92	6,40	6,98	5,65
	0,65	6,83	8,83	7,98	7,24
	0,75	12,45	14,29	12,72	12,03
	0,85	15,58	20,74	19,60	18,09

\*Formulação 1: polpa de umbu ; 15% de maltodextrina

Formulação 3 : polpa de umbu ; 12% de goma arábica

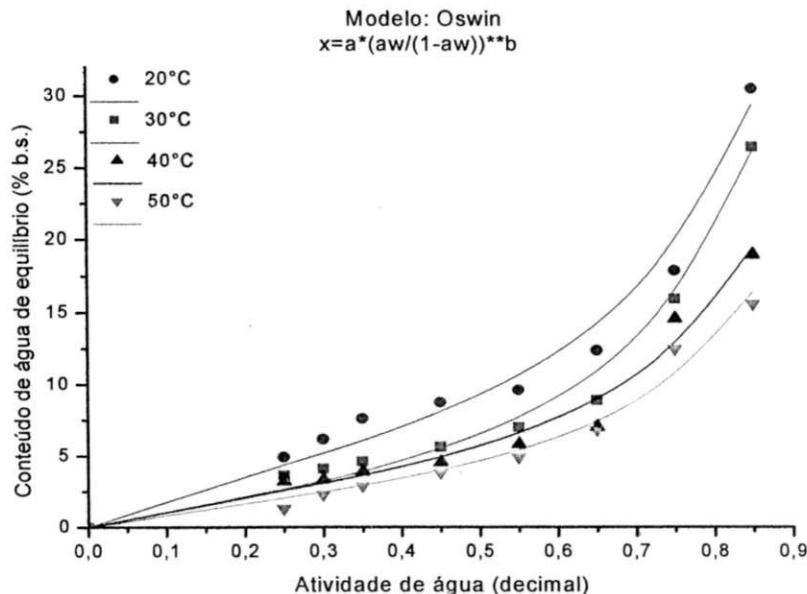
Formulação 6: polpa de umbu; 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica

Formulação 7: polpa de umbu; 15% de maltodextrina; 3% de  $\beta$ -ciclodextrina

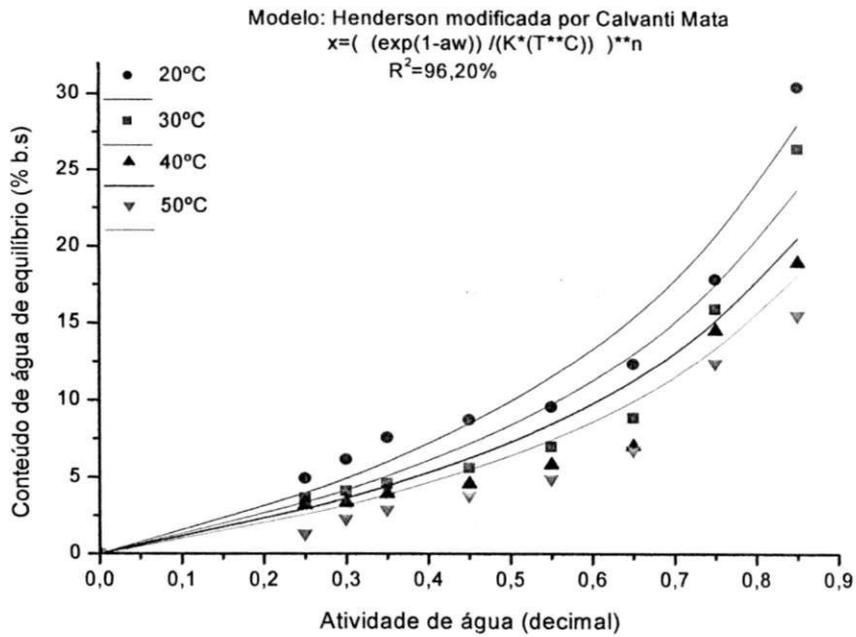
**Tabela 13-** Parâmetros de ajuste dos modelos testados para isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 1\*, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C

Modelos	Temperatura	Parâmetros				R <sup>2</sup>	P(%)	
		a	b					
Oswin	20°C	9,18603	0,67137			97,90	11,13	
	30°C	6,44312	0,80811			98,67	12,28	
	40°C	5,63828	0,71144			96,15	12,05	
	50°C	4,61729	0,73158			96,60	13,54	
Henderson modificada por Cavalcanti Mata	Temperatura	K	C	n	R <sup>2</sup>	P(%)		
	20 a 50°C	-0,02372	0,52720	1,21141	96,20	21,12		
Henderson modificada por Thompson	Temperatura	K	C	n	R <sup>2</sup>	P(%)		
	20 a 50°C	-0,00248	27,0057	1,21480	96,35	21,49		
BET	Temperatura	a	b	C	n	R <sup>2</sup>	P(%)	
	20 a 50°C	7748,74	-91,824	0,00086	3,70755	93,33	27,89	
GAB	Temperatura	X <sub>m</sub>	C <sub>0</sub>	K <sub>0</sub>	H <sub>a</sub>	H <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>	P(%)
	20 a 50°C	5,11446	0,00466	0,23789	21909,7	3479,89	97,00	14,25

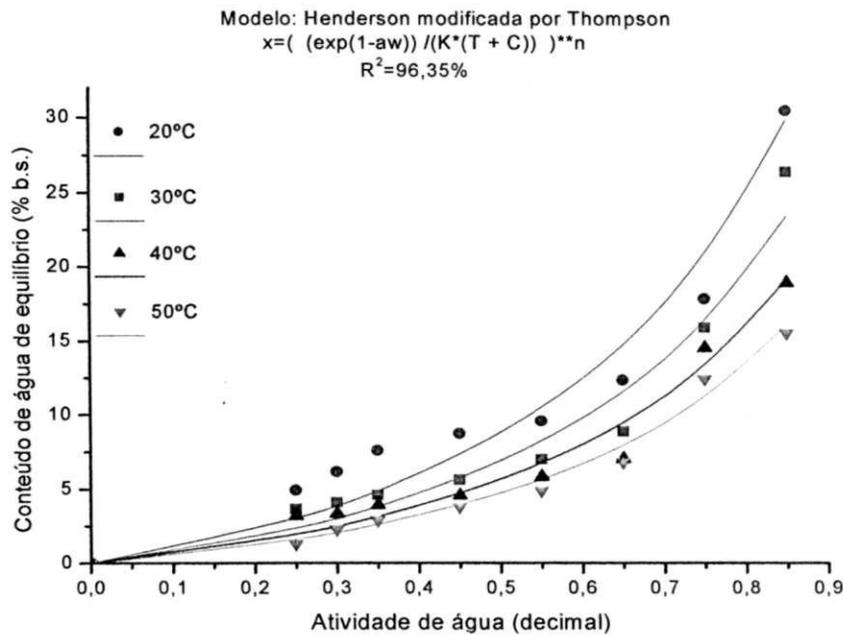
\* Formulação 1: Polpa de umbu; 15% de maltodextrina



**Figura 16-** Isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas



**Figura 17-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti mata nas diferentes temperaturas



**Figura 18-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Thompson nas diferentes temperaturas

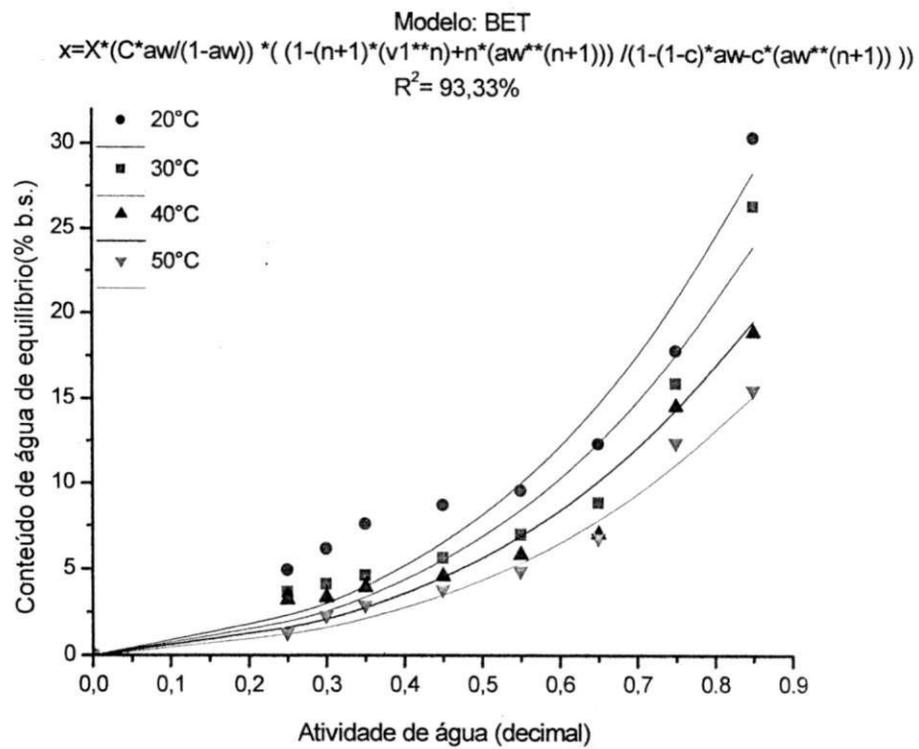


Figura 19- Isothermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas

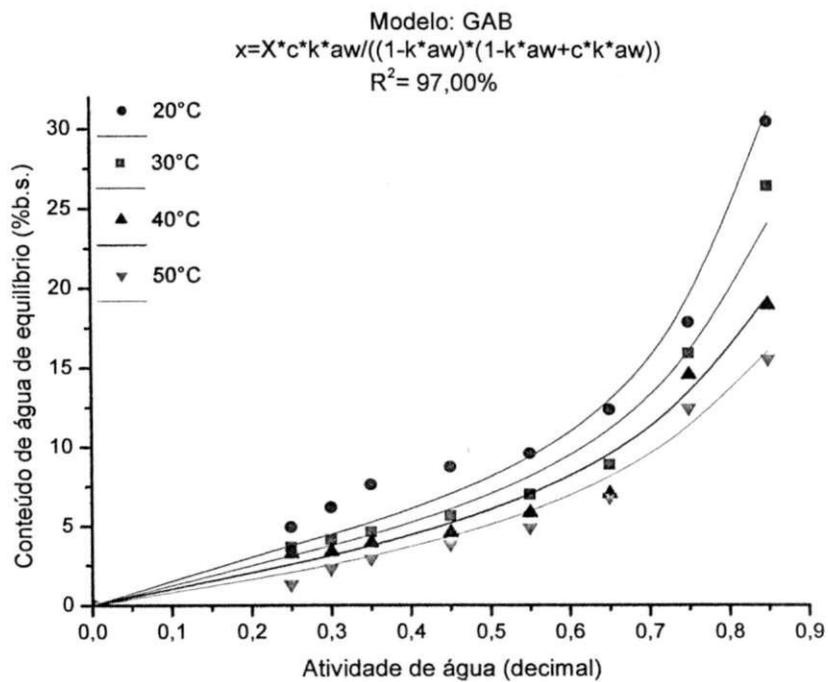


Figura 20- Isothermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 1 (polpa de umbu; 15% maltodextrina), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas

Os dados de ajuste dos diferentes modelos matemáticos para polpa de umbu em pó na formulação 3 encontram-se na Tabela 14. Constata-se que o modelo de Oswin apresenta melhor coeficiente de determinação na temperatura de 50°C (99,10%) e menor desvio percentual médio.

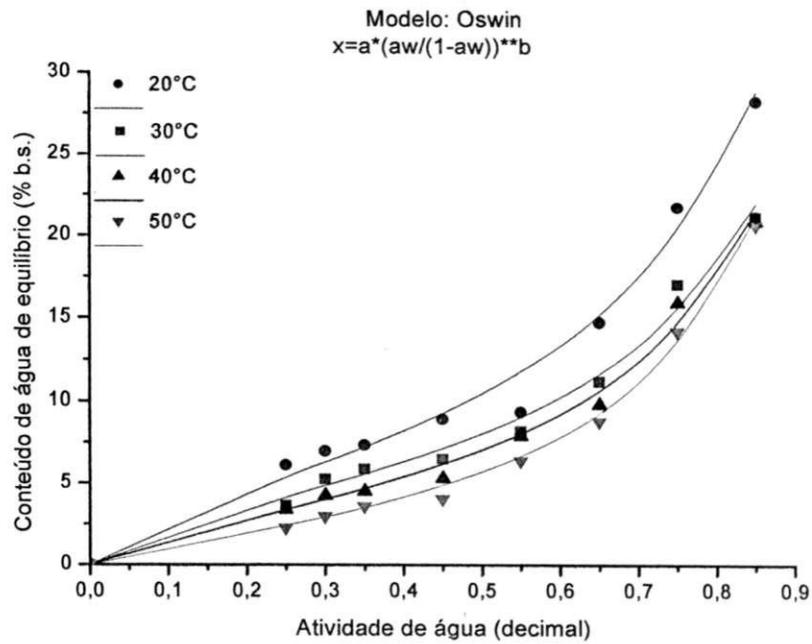
Analisando os valores de  $R^2$  nos demais modelos verifica-se que as equações de Henderson modificada por Cavalcanti Mata e Henderson modificada por Thompson apresentaram maiores coeficientes de determinação, cujos valores foram 97,51 e 97,29, respectivamente.

As Figuras de 21 a 25 apresentam as isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na Formulação 3, ajustadas nos diferentes modelos.

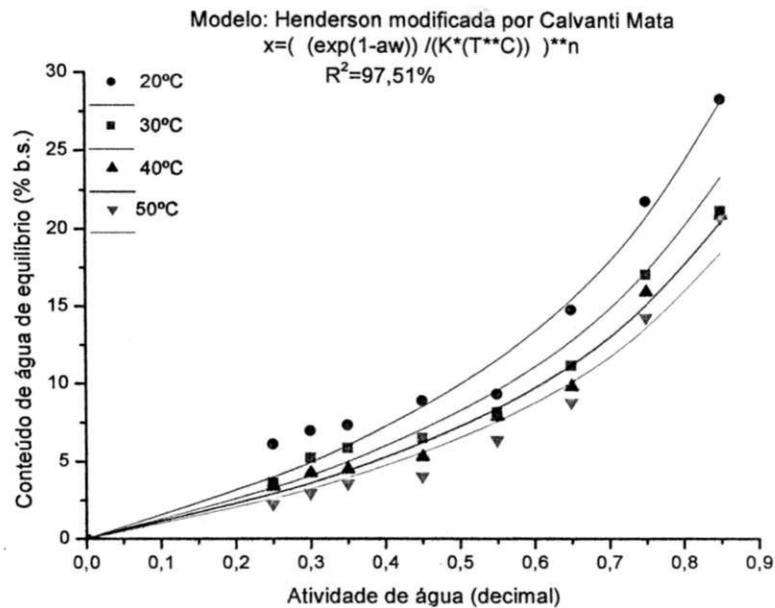
**Tabela 14-** Parâmetros de ajuste dos modelos testados para isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3\*, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C

Modelos	Temperatura	Parâmetros				$R^2$	P(%)	
		a	b					
Oswin	20°C	10,37988	0,59039			97,70	7,89	
	30°C	7,97728	0,58482			98,00	7,91	
	40°C	6,95106	0,65223			98,40	5,53	
	50°C	5,61794	0,76603			99,10	5,67	
Henderson modificada por Cavalcanti Mata	Temperatura	K	C	n		$R^2$	P(%)	
	20 a 50°C	-0,02047	0,44212	1,04174		97,51	15,08	
Henderson modificada por Thompson	Temperatura	K	C	n		$R^2$	P(%)	
	20 a 50°C	-0,00133	37,9537	1,04093		97,29	15,22	
BET	Temperatura	a	b	C	n	$R^2$	P(%)	
	20 a 50°C	8613,81	-78,5102	0,00103	2,74681	94,44	21,78	
GAB	Temperatura	$X_m$	$C_0$	$K_0$	$H_a$	$H_b$	$R^2$	P(%)
	20 a 50°C	7,51045	0,00097	0,35249	19489,4	2253,72	96,90	13,74

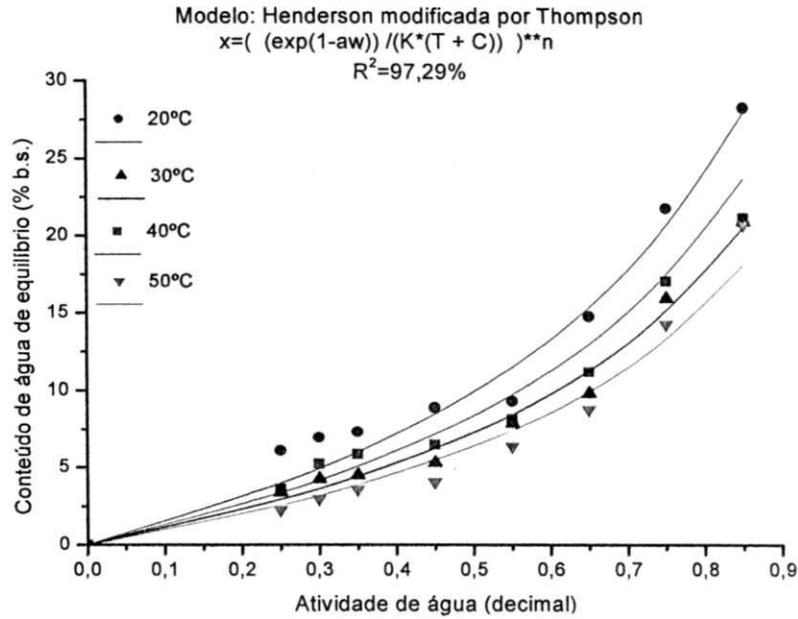
\* Formulação 3: Polpa de umbu; 12% de goma arábica



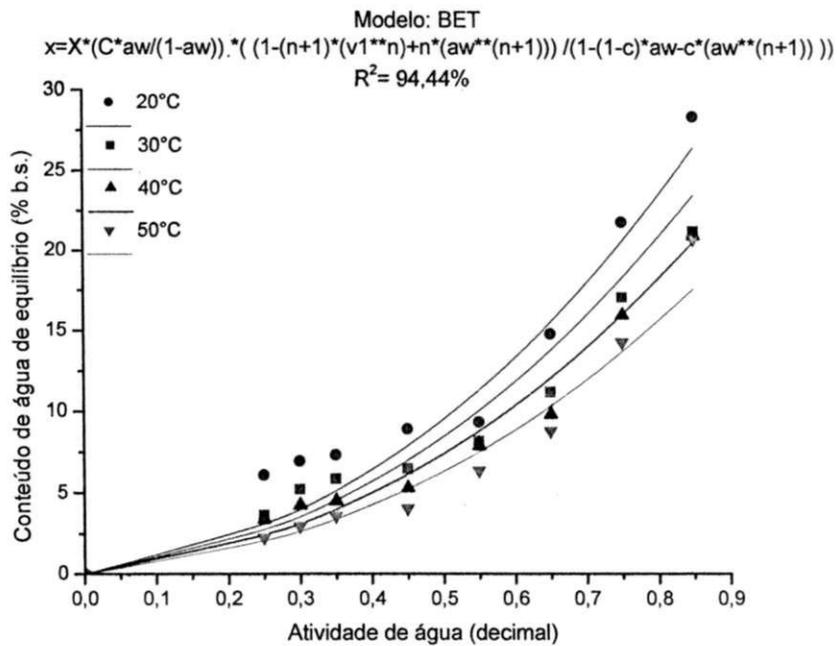
**Figura 21-** Isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas



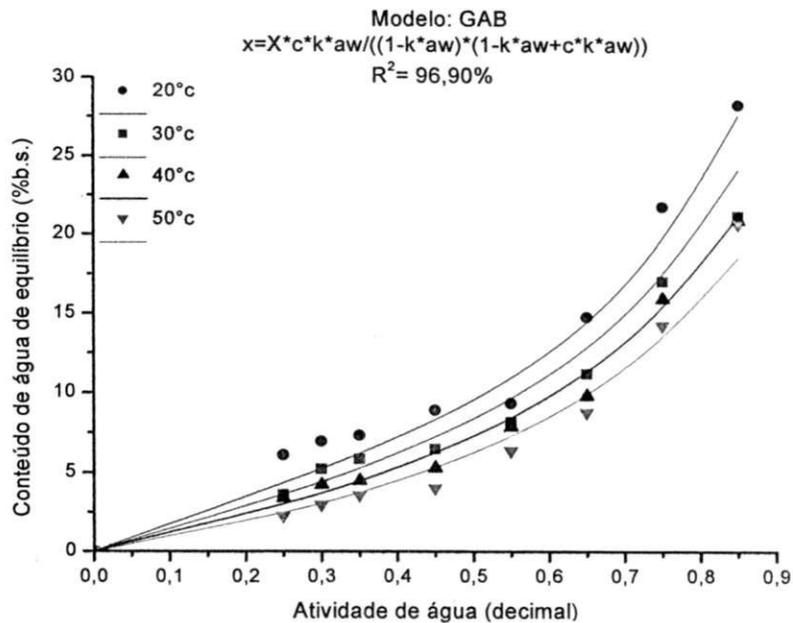
**Figura 22-** Isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata nas diferentes temperaturas



**Figura 23-** Isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Thompson nas diferentes temperaturas



**Figura 24-** Isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas



**Figura 25-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 3 (polpa de umbu; 12% goma arábica), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas

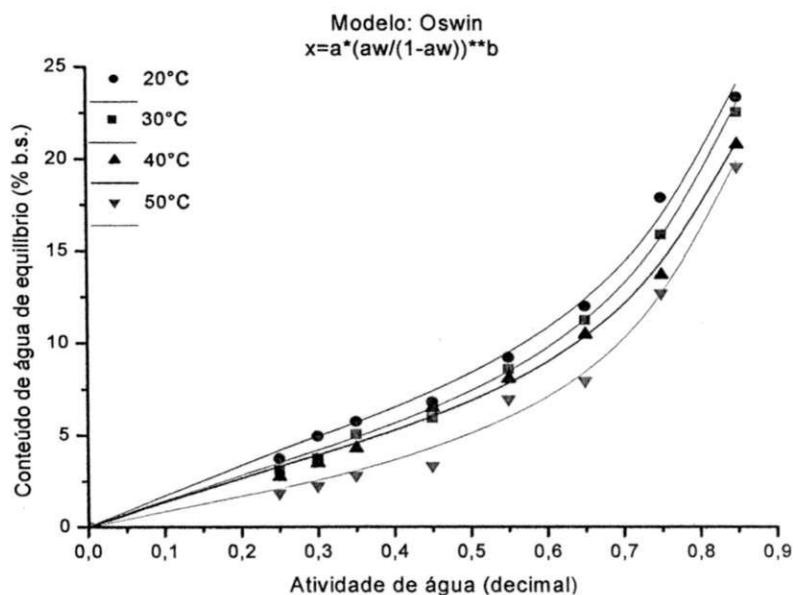
Na Tabela 15, estão apresentados os parâmetros de ajustes nos modelos estudados para polpa de umbu em pó na formulação 6. Analisando-se individualmente a temperatura no modelo de Oswin observa-se valores superiores de  $R^2$  nas temperaturas de 30 e 40°C, no entanto, o menor desvio percentual médio foi observado na temperatura de 20°C. Para os modelos testados nas temperaturas de 20 a 50°C, constata-se menor desvio percentual médio e maiores coeficientes de determinação no modelo de GAB, sendo este superior a 99%.

Nas Figuras 27 a 30 são mostradas as isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na Formulação 6 para os diferentes modelos e temperaturas. Constata-se que todas as isotermas apresentam formas similares.

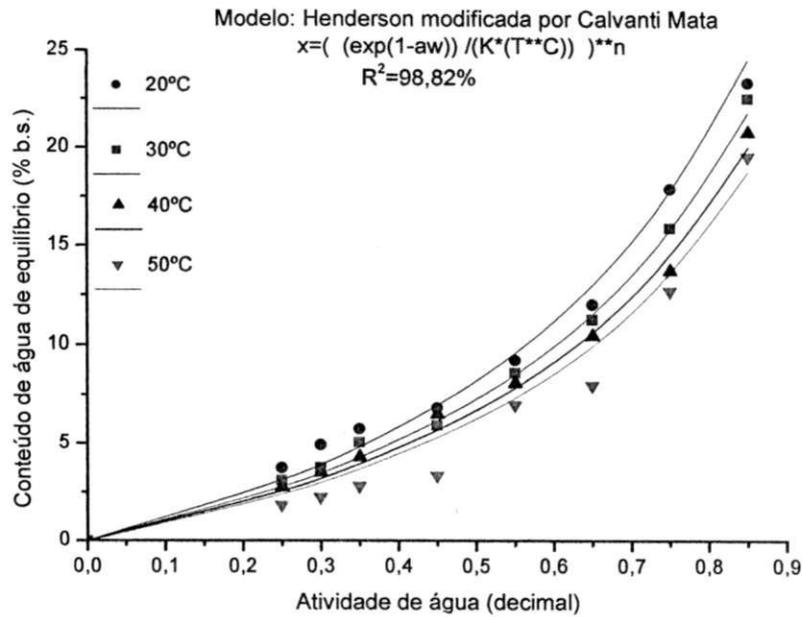
**Tabela 15-** Parâmetros de ajuste dos modelos testados para isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6\*, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C

Modelos	Temperatura	Parâmetros				$R^2$	P(%)	
		a	b					
Oswin	20°C	8,31864	0,61349			98,92	4,62	
	30°C	7,34580	0,65908			99,57	6,21	
	40°C	6,79351	0,64844			99,51	7,02	
	50°C	5,01940	0,79527			99,92	11,02	
Henderson modificada por Cavalcanti Mata	Temperatura	K	C	n	$R^2$	P(%)		
	20 a 50°C	-0,04733	0,26430	1,10439	98,82	9,22		
Henderson modificada por Thompson	Temperatura	K	C	n	$R^2$	P(%)		
	20 a 50°C	-0,00101	84,4937	1,10439	98,92	11,74		
BET	Temperatura	a	b	C	n	$R^2$	P(%)	
	20 a 50°C	5989,92	-42,7095	0,001125	2,98309	97,51	14,65	
GAB	Temperatura	$X_m$	$C_0$	$K_0$	$H_a$	$H_b$	$R^2$	P(%)
	20 a 50°C	7,33188	0,00099	0,64597	18844,4	715,026	99,21	5,34

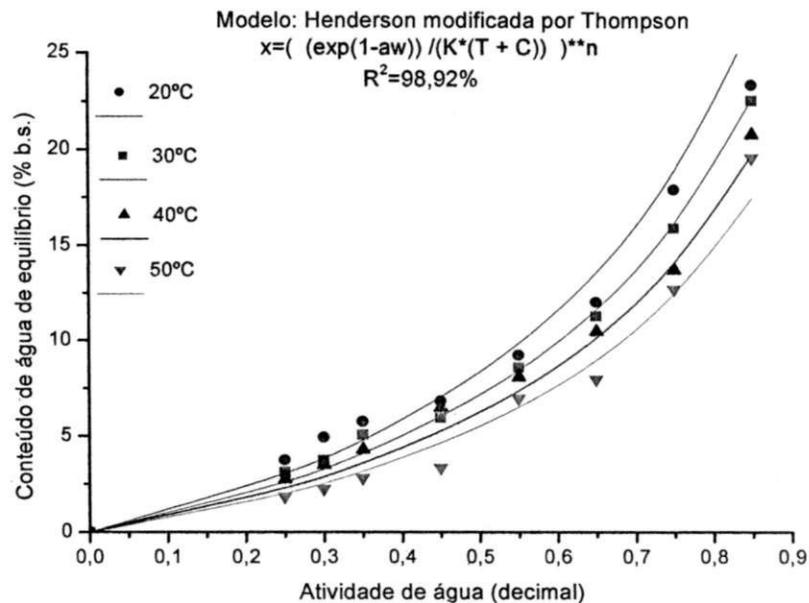
Formulação 6: Polpa de umbu; 15% de maltodextrina; 5% de goma arábica



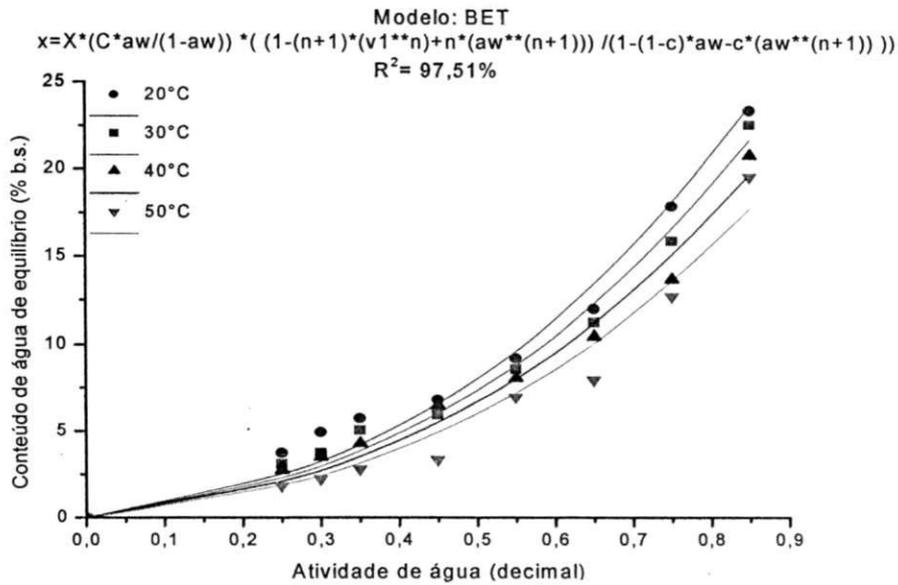
**Figura 26-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas



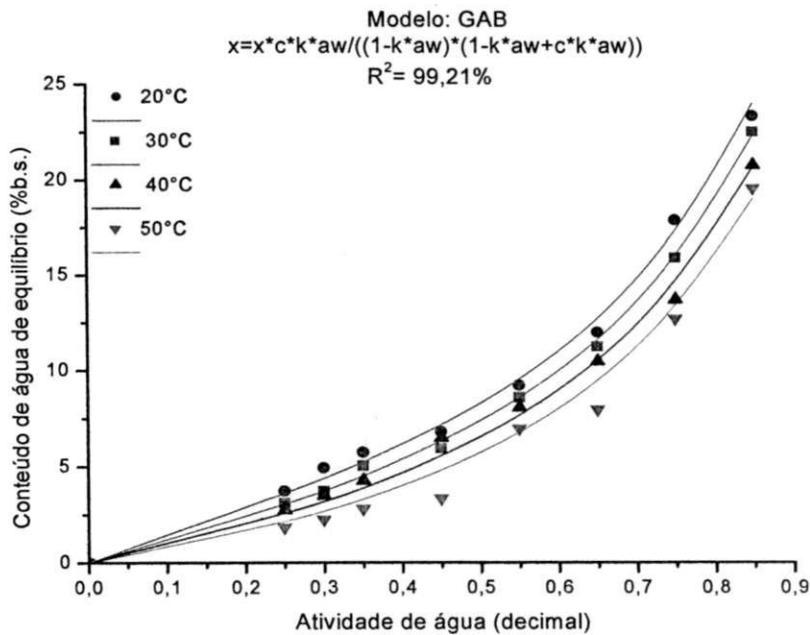
**Figura 27-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificada por Cavalcanti Mata nas diferentes temperaturas



**Figura 28-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de Henderson modificada por Thompson nas diferentes temperaturas



**Figura 29-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas



**Figura 30-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 6 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 5% goma arábica), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas

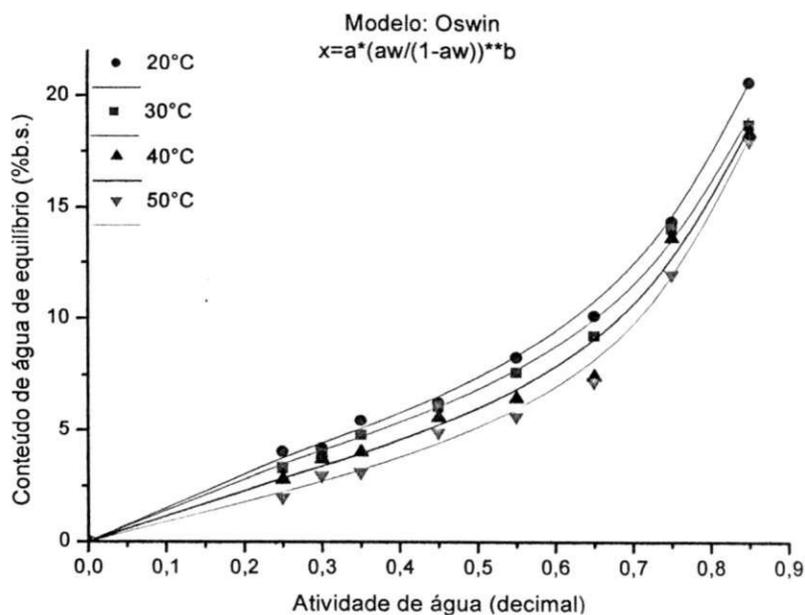
Dentre os modelos analisados na faixa de temperatura de 20 a 50°C para polpa de umbu em pó na formulação 7 (Tabela 16) verifica-se que o modelo de GAB apresentou melhores valores de R<sup>2</sup> e P. No que se refere ao modelo de Oswin, cuja temperatura analisou-se individualmente constata-se que a temperatura de 20°C apresentou maior coeficiente de determinação e menor desvio percentual médio.

As isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 ajustadas com as equações de Oswin, Henderson modificada por Cavalcanti Mata , Henderson modificada por Thompson , BET e GAB em todas as temperaturas estudadas encontram-se nas figuras 31 a 35.

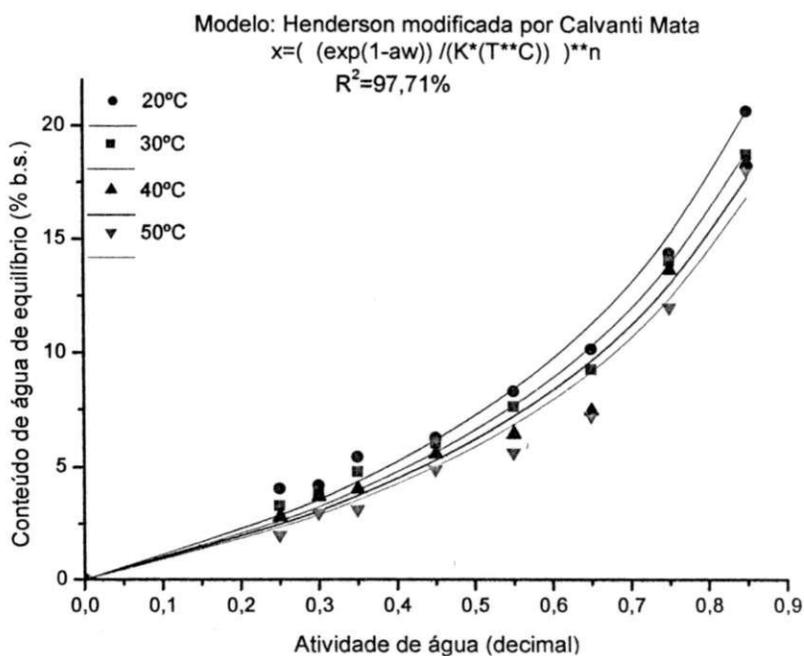
**Tabela 16-** Parâmetros de ajuste dos modelos testados para isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7\*, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20 a 50°C

Modelos	Temperatura	Parâmetros				R <sup>2</sup>	P(%)	
		a	b					
Oswin	20°C	7,33890	0,59794			99,75	3,53	
	30°C	6,80303	0,59679			99,28	3,60	
	40°C	5,92362	0,66225			97,81	7,07	
	50°C	5,07260	0,73663			99,29	6,97	
Henderson modificada por Cavalcanti Mata	Temperatura	K	C	n	R <sup>2</sup>	P(%)		
	20 a 50°C	-0,05669	0,21166	1,05345	97,71	10,09		
Henderson modificada por Thompson	Temperatura	K	C	n	R <sup>2</sup>	P(%)		
	20 a 50°C	-0,00049	202,420	1,04544	97,45	13,49		
BET	Temperatura	a	b	C	n	R <sup>2</sup>	P(%)	
	20 a 50°C	5976,90	-33,4104	0,00102	2,77181	95,43	17,13	
GAB	Temperatura	X <sub>m</sub>	C <sub>0</sub>	K <sub>0</sub>	H <sub>a</sub>	H <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>	P(%)
	20 a 50°C	4,78389	0,00074	0,70429	21330,58	647,715	98,85	3,90

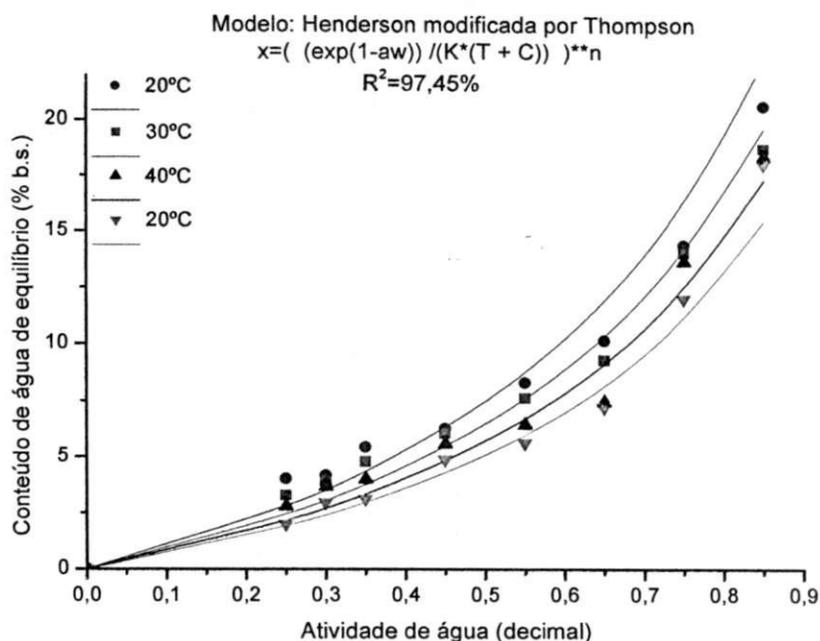
\* Formulação 7: Polpa de umbu; 15% de maltodextrina; 3%β-ciclodextrina



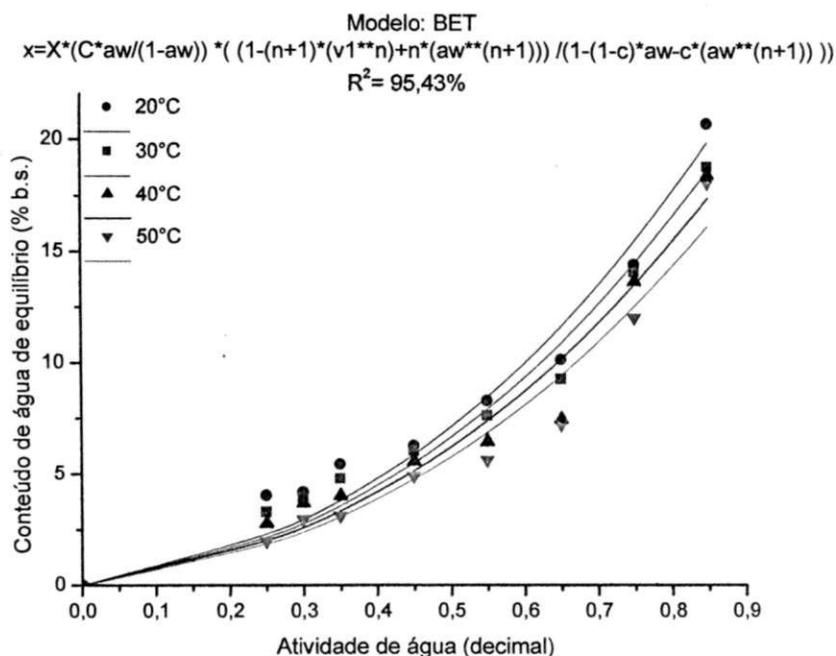
**Figura 31-** Isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3%  $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de Oswin nas diferentes temperaturas



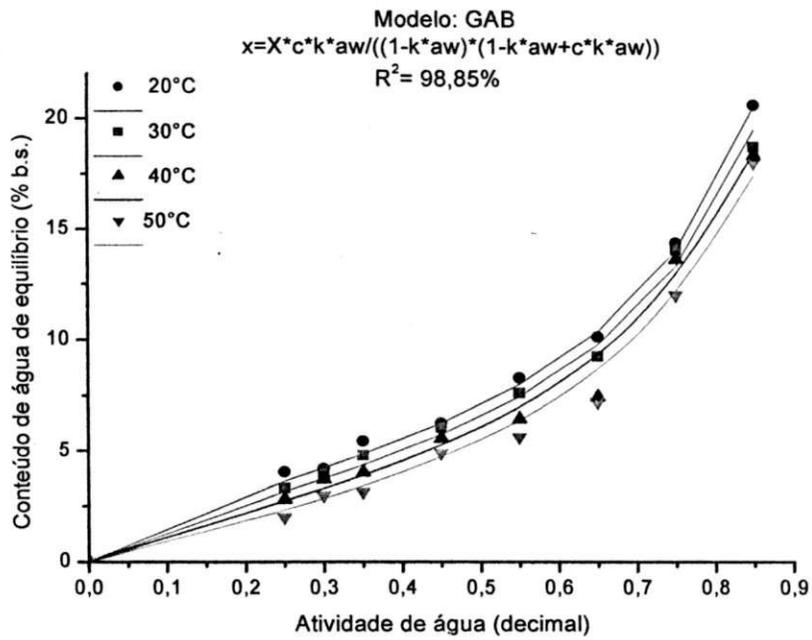
**Figura 32-** Isotermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3%  $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata nas diferentes temperaturas



**Figura 33-** Isothermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3% β-ciclodextrina), ajustada pelo modelo de Henderson modificado por Thompson nas diferentes temperaturas



**Figura 34-** Isothermas de desorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3% β-ciclodextrina), ajustada pelo modelo de BET nas diferentes temperaturas



**Figura 35-** Isotermas de dessorção da polpa de umbu em pó na formulação 7 (polpa de umbu; 15% maltodextrina; 3%  $\beta$ -ciclodextrina), ajustada pelo modelo de GAB nas diferentes temperaturas

## 5.0- CONCLUSÕES

### **Com relação à caracterização da polpa de umbu “in natura” e pré-cozida**

Os valores médios de pH, ácido ascórbico, açúcares não redutores, açúcares totais e conteúdo de água foram de 2,61; 13,31mg/100g; 2,13%; 5,98% e 90,23%b.u, respectivamente para polpa de umbu “in natura”, resultado perdas na ordem de 0,76%; 22,53%; 61,97%; 17,89% e 1,34%, respectivamente na polpa de umbu pré-cozida.

A acidez titulável, sólidos solúveis totais e açúcares redutores aumentaram após o processo de cozimento, e os valores foram de 2,08%; 9,93°Brix e 4,06% para polpa de umbu pré-cozida.

### **Quanto a caracterização da emulsão**

De modo geral, na emulsão o teor de ácido ascórbico tende a diminuir com o aumento da concentração do agente encapsulante, e este variou entre 7,17 mg/100g a 8,64mg/100g que corresponde a perdas entre 16,19% e 30,45% quando comparados os valores obtidos na polpa de umbu pré-cozida logo após o processamento.

### **Referente a caracterização da polpa de umbu em pó**

O ácido ascórbico da polpa de umbu em pó variou de 6,25mg/100g a 7,40 mg/100g , correspondendo a uma perda entre 11,41 e 15,59%, respectivamente, ao se comparar com os valores encontrados na emulsão.

A polpa de umbu em pó quando comparada com a emulsão tem uma coloração mais clara que é dada pela diminuição na intensidade de vermelho(a) e amarelo(b) e aumento da luminosidade.

O conteúdo de água na polpa de umbu em pó logo após a atomização é menor à medida que aumenta o conteúdo do agente encapsulante, sendo que esses valores encontram-se entre 3,40% a 5,93% b.u.

Na análise microscópica as formulações 1 e 3 apresentaram microcápsulas menos aglomeradas, formatos mais definidos e diâmetros que variaram de 0,32 a 9,03  $\mu\text{m}$  e 0,96 a 10,32  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

#### **Quanto a análise sensorial da umbuzada**

Em relação ao sabor e o aroma a melhor umbuzada foi a preparada com a formulação 1, sendo atribuída para o sabor uma média 3,3 que corresponde na escala hedônica a um valor entre sabor da fruta e sabor intenso da fruta e para o aroma uma média 3,0 correspondente ao aroma da fruta.

Concernente a aparência a melhor umbuzada foi a elaborada pelas formulações 1, 2, 5 e 6 que obtiveram média 4, correspondendo na escala hedônica a “gostei ligeiramente”.

Quanto a cor as formulações 1, 2, 7 e 8 foram classificadas como creme escuro e as formulações 3, 4, 5 e 6 com creme mais escuro.

#### **Com relação as isotermas de dessecção**

Dentre os modelos matemáticos testados nas temperaturas de 20 a 50°C o modelo de GAB foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais nas formulações 1, 6 e 7, correspondendo a coeficientes de determinação de 97,00; 99,21 e 98,85%, respectivamente. Na formulação 3, o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Henderson modificado por Cavalcanti Mata (97,51%), no entanto, no modelo de GAB foi constatado o menor desvio percentual médio.

No modelo de Oswin as formulações 1 e 6 apresentaram maiores coeficientes de determinação na temperatura de 30°C, com valores superiores a 98,00%, entretanto, os menores desvios percentuais médios foram observados na temperatura de 20°C. Nas formulações 3 e 4 os melhores coeficientes de determinação foram obtidos nas temperaturas de 50 e 20°C, com erros percentuais médios iguais a 5,53 e 3,53%, respectivamente.

## **6.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABURTO, L. C.; TAVARES, D. Q. de; MARTUCCI, E. T. **Microencapsulação de óleo essencial de laranja**. Campinas, SP: UNICAMP, 1998.

ALMEIDA, M. M. de **Influência dos estádios de maturação e diferentes condições de armazenagem refrigerada na conservação do umbu (*Spondias Tuberosa* Arruda Câmara)**. 1995. 89f. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola) Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, PB: UFPB, 1999.

AMERINE, M. A.; PANGBORN, R. M.; ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**. Academic Press, 1965.602p.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis of the Association Official Analytical Chemists**. 4<sup>a</sup>ed. Washington. 1984. 1141p.

ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; CAVALCANTE, N. B. de; REZENDE, G. M. de. Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na sua germinação e no desenvolvimento da plântula. **Revista Brasileira de Armazenagem**. Viçosa, v.26, p.36-39, 2001.

ASCHERI, D.P.R. Estudo das características de adsorção de água e da estabilidade das microcápsulas de óleo essencial de laranja na seleção do material de parede. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.19, n3, p.367-373, 1999.

BALBACH, A. **As hortaliças na medicina doméstica**. 19 ed. São Paulo: Edições "A edificação do lar", 406p. (S/D )

BARESFORT, H. Recent development in spray drying. **J. Soc. Darcy Technol.**, v. 29, p.181-186, 1976.

BENASSI, M. T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. 1990. 159f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP: 1990 .

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

BISPO, E. da S. **Estudo dos produtos industrializáveis do umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. 1989. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE: UFCE, 1989.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 306 p.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química de processamento de alimentos**. 2 ed., São Paulo: Varela, 1992, p. 121-122.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3ª ed. Fortaleza: Imprensa Oficial, 1968. 540p.

BRASIL, I.M.; GUIMARÃES, A.C.L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: Química e bioquímica do processamento**. Brasília, DF: ABEAS, 1998. v.5 109p.

BREKKE, J. E.; TONAKI, K. I.; MOY, J. H. The effects of gamma irradiation and refrigeration on spoilage and microbial population in guava puree concentrate. **Food Irradiation**: 8(4), p. 10-15, 1968.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. Theory and simulation of grain drying. In: **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport the AVI publishing Company, 1992. p. 205-240.

CAMPOS, S.D.S. **Reologia e textura em alimentos**. Campinas: ITAL, 1989, 84p.

CAMPOS, O. O. **Industrialização caseira do umbu- uma nova perspectiva para o semi-árido**. Salvador: EPABA, 1988. 20p. (EPABA. Circular Técnica, 14).

CANEPPELE, C.; PRIANTE FILHO, N.; CANEPPELE, M. A. B.; PEREIRA, L. C.; SANTOS, P. dos. Avaliação da eficiência de secagem em secadores de frutas por convecção natural. **Revista Brasileira de Armazenagem**. Viçosa, v.26, p.46-52. 2001

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch containing foods tuffs. **Journal of Food Science**. v. 47, p.1501-1507, 1982.

CARDELLO, H. M. A. B., CELESTINO, E. M. Encapsulação de aromas e sabores: utilização de amidos com agentes encapsulantes. **Bol. SBCTA**. v.30, n.2, p.166-171.1996.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVAN, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. de. **Análises Químicas de Alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121p.

CAVACALTI MATA, M. E. R. M. **Efeito da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo, em camada estacionária, sobre a armazenabilidade de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) variedade "carioca": Avaliação experimental, modelagem e simulação**. 1997. 328 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: Histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993, 31p.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996, 81p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

CHITARRA, M. I. F. Colheita e qualidade de produtos vegetais. In: **Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas**. Poços de Calda: UFLA/ SBEA, 1998. p. 1-58.

COELHO, R. R. P. **Curso de tecnologia de industrialização de frutas**. João Pessoa: PROFRUTAS, 1997, 24p. (Apostila).

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

COSTELL, E.; DURAN, L. El analise sensorial en el controle de qualidade de los alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 21,n.1 , p.1-10, 1981.

CZYHRINCIW, N. da. Tropical fruit techonology. **Advances in food Research**, New York, v.17, p.153-208, 1969.

DUQUE, J. G. **O nordeste e as lavouras xerófilas.** 2ª ed. Banco do Brasil, Fortaleza, 1973. 238p.

DUQUE, J. G. O umbuzeiro. In: **O nordeste e as lavouras xerófilas.** 3ª ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980. p.283-289.

EMBRAPA .[online] Disponível em: <http://www.ctaa.embrapa.Br/ped/10196750> Acesso em: 01/03/2003.

EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro [on line]. Disponível em: [http://www.seagri.ba.gov.br/revista/rev\\_1198/umbu.htm](http://www.seagri.ba.gov.br/revista/rev_1198/umbu.htm). Acesso em 10 abril-2003.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos.** 2ªed. São Paulo: Atheneu, 1998. 270p.

FAPEP/SINE-PB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Paraíba- Sistema Nacional de Emprego). **Curso de tecnologia de industrialização de polpas.** João Pessoa, nov. 1997.

FERREIRA, V. L. P. **Colorimetria em alimentos.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. 43p.

FIGUEIRÊDO, R .M. F. de. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia punucifolia*, L. ).** 1998. 187f. Tese (Doutorado em engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

- FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9ªed. São Paulo, 1998, p.53-58.
- FURUTA, T.; HAYASHI, H.; OHASHI, T. Some criteria of spray dryer design for food liquid. **Drying Technology**. v.12, n1-2, p.151-177, 1994.
- GLABERT, M.; FILHO, N. P.; FÁVARO, S. P.; MUSIS, C. R. de. Avaliação da qualidade sensorial de banana passa obtida em secador de frutas por convecção natural. **Revista Brasileira de Armazenagem**. Viçosa, v. 26, p.10-15. 2001.
- GOFFRERI, R.; CROSBY, E. Limiting analytical relationships for prediction of spray dryer performance. **Ind. Eng. Chem. Process. Des.** v. 22, p.665-672. 1983.
- GOMES, P. M. A Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) desidratada em leite de jorro. 2002. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Departamento de Engenharia agrícola) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2002 .
- GOMES, R.P. **Mundo agrícola**. São Paulo, v. 14, n.159, p.94-97. 1965
- GRANJA, M.L.B.B. Efeito de métodos de preservação e tempo de estocagem na qualidade dos sucos simples de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) e mangaba (*Mancornia spenciosa* Muell. ). 1985. 102f. Dissertação (Mestrado em engenharia de Alimentos)- Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 1985.
- GUEDES, Z. B. L.; ORIA, H. F.. Valor nutritivo de frutos comestíveis do Ceará. **Revista Brasileira de Farmácia**. Rio de Janeiro, v.59, p. 91-97, jul/dez. 1978.
- HOEHNE, P.F. **Frutas indígenas**. São Paulo. Instituto de Botânica, 1979. 88p.
- IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, v.51, p.1024-1523, 1991.
- IBGE. Extração vegetal e silvicultura: umbu. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, v.56, p.3-58, 1996.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática- SIDRA. Produção Extrativa Vegetal Tabela 289 **Quantidade produzida na extração vegetal 1.8- Umbu (fruto) (Tonelada)** Ano. 1990 a 2001. Banco de Dados Agregados. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=289](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=289). Acesso em 23 junho-2003.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. **Handbook of Food Isotherms**. Water sorption parameters for food and food components. Orlando: Academic Press. 1983.

JACKSON, L. S. LEE, K. Microencapsulation and the food industry. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, v.24, n-4, p.289-297, 1991.

KIM, Y. D.; MORR, C. V. Microencapsulation properties of gum arabic and several food protein: spray-dried orange oil emulsion particles. *Journal Agricultural Food Chemical*. v. 44, p.1314-1320, 1996.

KING, W.; TRUBIANO, P.; PERRY, P. Modified starch encapsulating agents offer superior emulsification, film forming, and low surface oil. *Food Product Developments*. p.54-57, dez. 1976.

KRAMER, A.; TWINGG, B.A. **Quality Control for the food industry**. v.1. Fundamentals AVI, Wesport. 1990. 556p.

KRAUSER, M. V; MAHAN, L. K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 7ª ed. São Paulo: ROCA, 1991, 981p.

LEDERER, J. **Enciclopédia moderna de higiene alimentar**. Editora Manole dois. Tomo III, 1991, 121p.

LEITÃO, M. F. F. Microbiologia das frutas tropicais e seus produtos. In: **Alguns Aspectos Tecnológicos das Frutas Tropicais e seus Produtos**. São Paulo: ITAL, p.83-142. 1980. (Série frutos tropicais)

LIMA, M. de F. M. de. **Desidratação de polpa de umbu em leite de jorro: Estudos fluidodinâmicos e térmicos**. 1992. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).

Departamento de engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1992 .

LINDSAY, R. C. Flavor. In: FEWNNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza Acribia, 1993, p.659-706.

MAFART, P. Engenharia industrial alimentaria. In: **Processos físicos de conservacion**. Spana. ACRIBIA, p. 253-275. 1994.

MAIA, G. A: OLIVEIRA, G. S. F. de O.; FIGUEIREDO, R.W. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: matérias-primas**. Brasília-DF: ABEAS, 1998. p.219-224.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara): importante frutífera do semi-árido**. Coleção Mossoroense. Série C- v.164. 1990. 67p.

MENKOV, N.D. Moisture sorption isotherms of vetch seeds at four temperatures. **J. Agric. Engng Res**. 2000. 373-380 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA. **Produção de polpa de fruta tratada termicamente e congelada**. Brasília: Perfis Agroindustriais, 1995.

MORORÓ, R. C. **Como montar uma pequena fábrica de polpa de fruta**. Viçosa,. 1998. 67p.

MOURA, R. S.de F. **Estudo da cinética de secagem de caju (*Anacardium occidentale* L.) em secador de leito fixo**. 2001. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2001.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLPHO LUTZ: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo, 1985. v.1, 533p.

- OLIVA, P.B. **Estudo do armazenamento da acerola in natura e estabilidade do néctar de acerola**. 1995. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- PANGBORN, R. M. Sensory Science Today. **Cereal Foods World**. v. 25, n.10, p.637-640. 1980.
- PEDROSA, A.C.; NETO, L.C.; LEDERMAN, I.E.; BEZERRA, I.E.F.; DANTAS, A.P. **Características físico-químicas de frutas de 22 matrizes de umbuzeiro (Spondias tuberosa Arruda Câmara) provenientes de Pernambuco e da Bahia**. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1989, Fortaleza. **Resumos...Fortaleza: SBF, 1989.**, p.59.
- PELEG, M.; MANNHEIN, C. H.; PASS, N. Flow properties of some food powders. **Journal of Food Science**, v. 38, 1973, p. 959-964.
- PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi e tripamétricos na predição das isotermas de adsorção de umidade de guaraná (*Paullinia cupuna*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 20, n.1, p.08-11.
- PEREIRA, A. **Avaliação microestrutural de pós de suco de maracujá obtidos por Spray Drying**. 2000. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2000.
- PISECKY, J. **New generation of spray dryers for milk products**. Darcy, p.21-23. 1983
- PORETTA, S. Sensory of fruit preparations. **Fruit Processing**, Maribor, Slovenia, v.6, n.6, p.227-231, jun. 1996.
- QUEIROZ, A.J. de M. **Propriedades físicas e pré-resfriamento de umbu (Spondia tuberosa Arruda Câmara)**. 1994. 145f. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1994.

RAGANNA, S. manual of analysis of fruit and vegetable products. Central Foods Technological Research Institute Mysore. Tat a McGraw-hill Publishing Company Limited. 1977. 634p.

RÉ, M. I.; HIGA, M. Influência das propriedades físicas de uma solução nas propriedades do produto seco obtido em spray dryer. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados (23, 1995). Maringá-PR, **Anais...Maringá**. 1995. v.1, p.413-420.

REINECCIUS, G. A. Carbohydrates for flavor encapsulation. **Food Technology**. v.45, n.3, P.144-149, 1991.

REIS, A.C.S. **Zoneamento agroclimático para o Nordeste do Brasil**. Recife. SUDENE/Departamento de Agricultura e Abastecimento, 1979. 31p.

REIS, A. L. S. M. H. **Avaliação das propriedades físicas e químicas do suco de abacaxi (*Ananas sativus*, Schult) e maracujá (*Passiflora edulis*, f. *flavicarpa*) em pó desidratados por "spray dryer"**. 1999, 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédia. 1999.

RIZVI, S. S. H. Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: RAO, M.A., RIZVI, S.S.H.. **Engineering Properties of Foods**. New York Marcel Dekker, 1986. p.155-165.

ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. **J. Agric. Food Chem.**, v.36, p. 1288-1294, 1990.

ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. A scanning electron microscopy study of microencapsulation. **Journal of Food Science**. V.50, p. 139-144, 1985.

SANTOS, C. A. F. Relação entre caracteres de produção do umbuzeiro com características e teor de água do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.10, n.2, p.206-212, ago. 1998.

SANTOS, S. C. S. **Grau de caking de pós de abacate (*Persea americana*, Mill) obtidos por spray-drying**. 1983.108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, 1983.

SANTOS, V. M. da S.; FERREIRA, W. R.; PINTO, R. L. U. de F. Simulação e otimização do processo de secagem de frutas em um secador do tipo túnel concorrente. **Revista Brasileira de Armazenagem**. Viçosa, v. 22, n. 1, p. 23-32. 1997

SATURNINO, H. M.; OLIVEIRA, C. L. G. de; CAETANO, F. de S. Culturas tradicionais e plantas úteis da região da Caatinga de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.181, p.86-93. 1994.

Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia, 2002.

SILVA, C. M. M. de S.; PIRES J. E.; SILVA, H. D. da. **Caracterização do fruto do umbuzeiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA, 1987. 17p. (EMBRAPA, Boletim de pesquisa, 34 )

SILVA, H.; SILVA, A. Q. da; OLIVEIRA, A. R. de; CAVALCANTI, F. B. Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba II. Características tecnológicas. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1988, Campinas, **Anais...** Campinas: SBF, 1988, v.2, p. 696-701.

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

SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G. de; MOURA, R. S. F.; ALMEIDA, F. A C.; ARAÚJO, M. E. C. Adsorção de umidade em polpa de manga: Avaliação de modelos matemáticos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30,2001 Foz do Iguaçu, **Anais...**, Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD-ROM.

SOLER, M. P; RADOMILLE, L. R.; TOCHINI, R. P. Processamento. In: **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991, p.53-113.

SOUZA, A. H. de.; CATÃO, D. D. Umbu e seu suco. **Revista Brasileira de Farmácia**. Cruz da Almas. f.335-353, nov/dez, 1970.

SOUSA, J. S. I. de. Cajás, ceriguelas e umbus. **Chácaras e quintais**. São Paulo, p. 335-338, agosto, 1961.

STUDER, A.; DAEPP, H.U.; SUTER, E. **Conservacion casera de frutas y hortalizas**. Zaragoza. Acribia, 1996. 167p.

THEVENET, F. Acacia gums: natural encapsulation agent for food ingredients In: RICH, S. J., REINECCIUS, G. A. **Encapsulation and controlled release of food ingredients**. Washington, DC: ASC, 1995. p.51-59 (ACS Symposium Series 590)

TIBA, M. A. **Estudo do armazenamento de polpa de caqui (*Diospyros kaki* L.) congelada para elaboração de subprodutos**. 1996. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1996.

VAN DEN BERG, C.; BRUIN, S. Water activity and its estimation in food systems theoretical aspects. In: **Water activity: Influences on food quality**. Ed. L. B. Rockland and G. F. Stewart: Academic Press, 1981.

ZADERNOWSKI, R.; MARKIEWICZ, K.; NESTEROWICZ, J.; PIERZYNOWSKA-KORNIAK, G. Physical and chemical characteristics of pulpy juices. **Fruit Processing**, Hachenburg, Germany, v.7, n.11, 441-447, 1997.

ZILBERBOIM, R.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. Microencapsulation by a dehydrating liquid: retention of paprika oeloresen and aromatic esters. **Journal of Food Science**. v. 51, n.5, p.1301-1306, 1986.

# APÊNDICE A

**TABELA 1A-** Valores individuais das características físico-químicas da polpa de umbu verde “in natura” e polpa de umbu verde pré-cozida

Características	Polpa							
	“in natura”				cozida			
	R1	R2	R3	média	R1	R2	R3	média
PH	2,63	2,61	2,60	2,61	2,58	2,60	2,29	2,59
Acidez(%)	1,33	1,33	1,32	1,33	2,06	2,07	2,11	2,08
Sólidos solúveis (°Brix)	9,0	9,5	9,0	9,16	9,8	10	10	9,93
Umidade(%)	90,23	90,22	9,32	90,25	89,00	89,02	89,05	89,02
Acido ascórbico (mg/100g)	13,36	13,50	13,07	13,31	9,98	9,98	10,98	10,31
Açúcares totais(%)	6,05	5,94	5,95	5,88	4,98	4,88	4,88	4,91
Açúcares redutores(%)	3,70	3,72	3,75	3,72	4,06	4,08	4,04	4,04
Açúcares não redutores(%)	2,22	2,10	2,09	2,13	0,87	0,76	0,87	0,81

## **APÊNDICE B**

**TABELA 1B** - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico da emulsão nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	7	6,7444	0,9634	17,7877**
Resíduo	16	0,8666	0,0541	
Total	23	7,6110		

G.L.- Grau de liberdade; S.Q. Soma dos quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios e F-Variável do teste F; \*\* Significativo a nível de 1% de probabilidade

**TABELA 2B-** Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L) da emulsão nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	7	100,4288	14,3459	3,2649 ns
Resíduo	8	35,1534	4,3940	
Total	15	135,5742		

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

**TABELA 3B-** Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a) da emulsão nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	7	20,2470	2,8924	81,1056**
Resíduo	8	0,2853	0,0356	
Total	15	20,5323		

G.L Grau de liberdade, S.Q.- Soma dos quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios e F- Variável do teste F, \*\* Significativo a nível de 1% de probabilidade

**TABELA 4B-** Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo(b) da emulsão nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	7	2,0754	0,2964	0,9598 ns
Resíduo	8	2,4711	0,3089	
Total	15	4,5466		

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

**TABELA 5B** - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	7	2,9254	0,41791	5,3071**
Resíduo	16	1,2599	0,07875	
Total	23	4,1853		

G.L.- Grau de liberdade; S.Q. Soma dos quadrados; Q.M.- Quadrado médio dos desvios e F-Variável do teste F; \*\* Significativo a nível de 1% de probabilidade

**TABELA 6B**- Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	7	7.64063	1.09152	1.0604 ns
Resíduo	8	8.23438	1.02930	
Total	15	15.87500		

G.L.- Grau de liberdade; S.Q- soma do quadrado; Q.M- Quadrado médio; F- variável do teste F, ns- não significativo

**TABELA 7B**- Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a) da polpa de umbu em pó nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	7	4,0511	0,5887	18,6762**
Resíduo	8	0,2479	0,0309	
Total	15	4,2990		

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

\*\* Significativo a nível de 1% de probabilidade

**TABELA 8B**- Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (a) do umbu em pó nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	7	13.88745	1.98392	3.1895 ns
Resíduo	8	4.97614	0.62202	
Total	15	18.86359		

G.L.- Grau de liberdade; S.Q- soma do quadrado; Q.M- Quadrado médio ns- não significativo

**TABELA 9B-** Análise de variância dos valores médios do conteúdo de umidade do umbu em pó nas diferentes formulações

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	7	21,5034	3,0719	65,1122**
Resíduo	16	0,7548	0,0471	
Total	23	22,2583		

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

\*\*Significativo a nível de 1% de probabilidade

## **APÊNDICE C**

**TABELA 1C-** Ficha de avaliação para análise sensorial da umbuzada quanto ao atributo sabor.

### **ANÁLISE SENSORIAL DA UMBUZADA**

**PROVADOR:** \_\_\_\_\_

**DATA:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

#### **SABOR**

Você está recebendo 8 amostras de umbuzada, preparada com polpa de umbu em pó. Avalie cada uma delas cuidadosamente quanto ao sabor. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou.

- 1- Sem sabor da fruta**
- 2- Leve sabor da fruta**
- 3- Gosto da fruta**
- 4- Gosto intenso da fruta**
- 5- Gosto concentrado da fruta**

<b>ATRIBUTO</b>	<b>AMOSTRA</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>SABOR</b>								

**Comentários:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**TABELA 2C-** Ficha de avaliação para análise sensorial da umbuzada quanto a cor.

**ANÁLISE SENSORIAL DA UMBUZADA**

**PROVADOR:** \_\_\_\_\_

**DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**COR**

Você está recebendo 8 amostras de umbuzada, preparada com polpa de umbu em pó. Avalie cada uma delas cuidadosamente quanto a cor. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou.

- 1 Creme + claro
- 2 Creme claro
- 3 Creme
- 4 Creme escuro
- 5 Creme + escuro

ATRIBUTO	AMOSTRA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>COR</b>								

**Comentários:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

TABELA 3C- Ficha de avaliação para análise sensorial da umbuzada quanto ao atributo aparência.

### ANÁLISE SENSORIAL DA UMBUZADA

PROVADOR: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

#### APARÊNCIA

Você está recebendo 8 amostras de umbuzada, preparada com polpa de umbu em pó. Avalie cada uma delas cuidadosamente quanto a aparência. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou.

- 1- Desgostei muito
- 2- Desgostei ligeiramente
- 3- Indiferente
- 4- Gostei ligeiramente
- 5- Gostei muito

ATRIBUTO	AMOSTRA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
APARÊNCIA								

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

TABELA 4C- Ficha de avaliação para análise sensorial da umbuzada quanto ao aroma.

### ANÁLISE SENSORIAL DA UMBUZADA

PROVADOR: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### AROMA

Você está recebendo 8 amostras de umbuzada, preparada com polpa de umbu em pó. Avalie cada uma delas cuidadosamente quanto ao aroma. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou.

- 1- Sem aroma da fruta
- 2- Leve aroma da fruta
- 3- Aroma da fruta
- 4- Aroma intenso da fruta
- 5- Aroma concentrado da fruta

ATRIBUTO	AMOSTRA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
AROMA								

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_