



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



GILMARA GURJÃO CARNEIRO

**PRODUÇÃO DE FRUTA-PÃO EM PÓ E UTILIZAÇÃO COMO ADJUVANTE NA
SECAGEM**

Campina Grande – PB

Julho – 2016

GILMARA GURJÃO CARNEIRO

**PRODUÇÃO DE FRUTA-PÃO EM PÓ E UTILIZAÇÃO COMO ADJUVANTE NA
SECAGEM**

Tese apresentada ao programa do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de doutor em Engenharia de Processos.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Desenvolvimento de Processos

ORIENTADOR: Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva

Campina Grande - PB

Julho – 2016

**PRODUÇÃO DE FRUTA-PÃO EM PÓ E UTILIZAÇÃO COMO ADJUVANTE NA
SECAGEM**

Gilmara Gurjão Carneiro

Tese aprovada em 19 de julho de 2016

BANCA EXAMINADORA



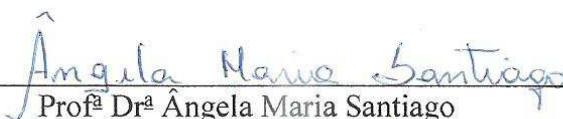
Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva
Orientador – CCTA/UATA/UFMG



Prof. Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Examinadora Interna – LAPPA/UFMG



Prof. Dr. Ana Paula Trindade Rocha
Examinadora Externa – UAEAI/UFMG



Prof. Dr. Ângela Maria Santiago
Examinadora Externa – CT/DQI/UEPB)



Dr. Hofsky Vieira Alexandre
Examinadora Externa – PNP/DF/UFMG

Campina Grande - PB

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C289p

Carneiro, Gilmara Gurjão.

Produção de fruta-pão em pó e utilização como adjuvante na secagem / Gilmara Gurjão Carneiro. – Campina Grande, 2016.
79 f.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva."
Referencias.

1. Fruta-pão (*Artocarpus altilis*). 2. Desidratação. 3. Aditivo.
4. Armazenamento. I. Silva, Osvaldo Soares da. II. Título.

CDU 634.392(043)

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que me fortalece nos momentos difíceis.

A meus pais e familiares pelos incentivos.

A meu namorado Leandro pela amizade, companheirismo e colaboração nas pesquisas.

A Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, pela oportunidade de realizar o Doutorado.

Ao Professor Osvaldo Soares Silva pela orientação, paciência, tranquilidade, apoio e ensinamentos repassados durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos coordenadores do Programa de Doutorado em Engenharia de Processos, os Professores Gilson e Severino.

As secretarias do Programa de Doutorado em Engenharia de Processos, Fatima e Rose.

As Professoras Ana Paula Trindade e Maria Elita Martins Duarte por disponibilizar os Laboratórios de Engenharia de Alimentos e os equipamentos para a realização desta pesquisa.

A Professora Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo por disponibilizar equipamentos do Laboratório de Armazenamento e Processamentos de Produtos Agrícolas para a contribuição do trabalho.

A técnica do Laboratório de Medidas Físicas, Renata Duarte pela amizade, apoio e disponibilização dos laboratórios de Engenharia de Alimentos para a realização desta pesquisa e a técnica do laboratório de Análises químicas, Rebeca Dantas sempre nos auxiliando.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite e por enriquecer, com sugestões este trabalho.

Ao tio e amigo Flavio Farias Gurjão que me acompanha desde a Graduação, mestrado e no doutorado sempre com incentivos, bom humor e apoio nas pesquisas.

A Mônica Almeida pela amizade e companhia durante todo o doutorado.

Aos meus amigos de aprendizagem nas aulas do doutorado e no laboratório: Taciano Pessoa, Débora Rafaely, Maíra Felinto, Claudia Golveia, Valdefran e Tatiana Silva.

A meus amigos e colegas de graduação: Edna de Oliveira, Glayciane Gois e Wellington Souto pela amizade e incentivos mesmo de longe.

A todos os amigos que conquistei na Pós Graduação: Daniele Martins, Deise Castro, Denise Amaral, Denise Ferreira, Francinalva, Luzia, Regilane, Salomé, Severina e Shirliane.

A todos que, de maneira direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada!

CARNEIRO, G. G. **Produção de fruta-pão em pó e utilização como adjuvante na secagem.** 2016. 80f.Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

RESUMO

A secagem da polpa da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) transformando-a em pó é uma opção de levar produtos desta fruta para a indústria alimentícia e farmacêutica como um possível adjuvante na secagem de pastas, extratos e suspensões. Esta pesquisa teve como objetivo produzir fruta-pão em pó através da secagem por atomização (*spray drying*) e avaliar as características do pó obtido e sua estabilidade, durante 180 dias de armazenamento, e sua utilização como adjuvante na secagem de polpa de cenoura, chuchu e acerola. Para a secagem por atomização foi elaborado uma formulação a partir da polpa da fruta-pão com adição de água destilada na qual foi submetida ao planejamento experimental fatorial 2^3 com três pontos centrais tendo como variáveis de entrada a temperatura do ar de secagem (70, 80 e 90 °C), a vazão da suspensão (4, 5 e 6 mL/min) e a concentração de maltodextrina (0, 3 e 6%) com a finalidade de definir a melhor condição de secagem para as respostas atividade de água, teor de água e teor de amido. A melhor condição de secagem por atomização foi na concentração de 0% de maltodextrina temperatura de 90 °C e vazão de 6 mL/min, na qual os pós obtidos foram armazenados e avaliados quanto a sua estabilidade. Foi feito a caracterização física, química e físico-química dos pós coletados no ciclone e na câmara de secagem e durante o armazenamento a cada 30 dias durante os 180 dias. A polpa de fruta-pão foi classificada como pouco ácida com alto teor de amido e baixa concentração de açúcares. O pó coletado no ciclone foi considerado pouco ácido com alto percentual de amido e sólidos totais, baixa atividade de água e coloração mais clara. O pó coletado na câmara de secagem foi mais solúvel e apresentou coloração mais amarelada. No armazenamento dos pós ocorreu pequeno aumento da atividade de água, com valores médios menores que 0,3 no final do armazenamento, degradação do amido após 150 dias e aumento da luminosidade. As partículas da fruta-pão em pó coletadas no ciclone foram menores, com formato irregular e dispersas, e o pó coletado na câmara de secagem apresentou partículas irregulares de tamanhos diferenciados e aglomerados com uma forte atração entre si, formando grumos. A fruta-pão em pó apresentou características adequadas para ser utilizada como aditivo na secagem de outras polpas e suspensões. As polpas de cenoura e chuchu desidratadas com adição de fruta-pão em pó apresentaram-se com menor atividade de água, maiores teores de sólidos totais, maior percentual de solubilidade, rendimento e coloração mais próxima à fruta *in natura*.

Palavras chave: *Artocarpus altilis*, desidratação, aditivo, armazenamento

CARNEIRO, G. G. **Breadfruit production powder and used as an aid in drying.** 2016. 80f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ABSTRACT

Drying Pulp breadfruit (*Artocarpus altilis*) turning it into powder is an option to take this fruit products for the food and pharmaceutical industry as a possible adjuvant in the folder drying, extracts and suspensions. This research aimed to produce fruit bread powder by spray drying (spray drying) and evaluate the characteristics of the obtained powder and its stability during 180 days of storage, and its use as an aid in drying carrot squash, chayote and acerola. For spray drying was prepared a formulation from the pulp breadfruit with addition of distilled water in which was subjected to factorial experimental design 2^3 with three center points having as input variables the temperature of the drying air (70, 80 and 90 ° C), the flow rate of the suspension (4, 5, and 6 ml / min) and the concentration of maltodextrin (0, 3 and 6%) in order to define the best drying condition for the water activity answers, water content and starch content. The best spray drying condition was at a concentration of 0% maltodextrin temperature of 90 ° C and flow rate of 6 ml / min, in which the powders were stored and evaluated for their stability. It was made physical, after the chemical and physicochemical cyclone and collected in the drying chamber during storage and every 30 days for 180 days. The pulp of fruit bread was classified as slightly acidic with high starch content and low sugar concentration. The dust collected in the cyclone was considered slightly acid with a high percentage of starch and total solids, low water activity and lighter color. The collected powder in the drying chamber was made more soluble and more yellowish. In the post of storage was small increase in water activity, with lower average values than 0.3 at the end of storage, starch degradation after 150 days and increased brightness. The particles of bread fruit powder collected in the cyclone were lower, with irregular and dispersed form, and the dust collected in the drying chamber showed irregular particles of different sizes and clusters with a strong attraction to each other, forming lumps. The powdered fruit bread showed characteristics suitable for use as an additive in drying slurries and other slurries. The pulps and dehydrated carrot chayote with addition of powdered fruit bread presented with lower water activity, increased total solids contents greater percentage solubility, yield, and color nearest the fresh fruit.

Keywords: *Artocarpus altilis*, dehydration, additive storage

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1-	Fruta-pão sem sementes (<i>Artocarpus altilis</i>) variedade Apyrene	4
Figura 2.2-	Fruta-pão com sementes.....	4
Figura 3.1-	Fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) variedade Apyrene <i>in natura</i>	13
Figura 3.2-	Fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) variedade Apyrene: (A) pedaços; (B) polpa desintegrada em multiprocessador doméstico.	14
Figura 3.3-	Fluxograma para obtenção da polpa de fruta-pão.....	14
Figura 3.4-	Fluxograma do procedimento experimental.....	15
Figura 3.5-	Fruta-pão em pó coletada no ciclone (A) e na câmara de secagem (B).....	21
Figura 4.1-	Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta atividade de água da fruta-pão em pó coletada no ciclone.....	32
Figura 4.2-	Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta teor de amido da fruta-pão em pó coletada no ciclone.....	34
Figura 4.3-	Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta rendimento (%) da fruta-pão em pó coletada no ciclone.....	35
Figura 4.4-	Atividade de água para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	45
Figura 4.5	Acidez total titulável para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	46
Figura 4.6-	pH para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	47
Figura 4.7-	Teor de água para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	48
Figura 4.8-	Sólidos totais para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	48
Figura 4.9-	Teor de amido (%) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	49
Figura 4.10-	Sólidos solúveis totais (°Brix) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	50

Figura 4.11-	Valores médios da Luminosidade (L*) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	51
Figura 4.12-	Intensidade de vermelho (+a*) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	52
Figura 4.13-	Intensidade de amarelo (+b*) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento.....	52
Figura 4.14-	Micrografias das partículas da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem resultantes da secagem por atomização, na temperatura de 90 °C	54
Figura 4.15-	Polpas de cenoura desidratadas com adição de fruta-pão em pó (A) e com maltodextrina (B)	55
Figura 4.16-	Polpas de chuchu desidratadas com adição de fruta-pão em pó (A) e com maltodextrina (B)	58
Figura 4.17-	Polpas de acerola desidratadas com adição de fruta-pão em pó (A) e com maltodextrina (B)	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Composição química e físico química da fruta-pão	6
Tabela 3.1 -	Níveis das variáveis do planejamento fatorial $2^3 + 3$ para a secagem por atomização	19
Tabela 3.2 -	Matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 com 3 repetições no ponto central para a secagem por atomização da polpa da fruta-pão	19
Tabela 3.3 -	Classificação dos pós de acordo com sua higroscopicidade	22
Tabela 3.4 -	Formulações contendo fruta-pão em pó como adjuvante de secagem	26
Tabela 4.1 -	Caracterização física, química e físico-química da polpa da fruta-pão	28
Tabela 4.2 -	Matriz das variáveis independentes e as variáveis dependentes para os ensaios de secagem por atomização da polpa da fruta-pão	31
Tabela 4.3 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para atividade de água da fruta-pão em pó	33
Tabela 4.4 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o teor de amido (%) da fruta-pão em pó coletada no ciclone	34
Tabela 4.5 -	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o rendimento (%) da fruta-pão em pó coletada no ciclone	36
Tabela 4.6 -	Caracterização física, físico-químicas e química da fruta-pão em pó coletadas no ciclone e na câmara de secagem	38
Tabela 4.7 -	Composição mineral da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem	43
Tabela 4.8 -	Compostos bioativos da fruta-pão em pó coletadas no ciclone e na câmara de secagem	43
Tabela 4.9 -	Características físicas, físico-químicas de polpa de cenoura em pó com adição de fruta-pão em pó	56
Tabela 4.10 -	Características físicas, físico-químicas de polpa de chuchu em pó com adição de fruta-pão em pó	58
Tabela 4.11 -	Características físicas, físico-químicas de polpa de acerola em pó com adição de fruta-pão em pó	61

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral	2
<i>1.1.1. Objetivos específicos</i>	<i>2</i>
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Fruta-pão	3
2.2. Secagem por atomização.....	7
2.3. Aditivos de secagem	9
2.4. Produtos em pó.....	11
2.5. Armazenamento do produto	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
1.1. Locais dos experimentos	13
1.3. Obtenção da polpa de fruta-pão	13
1.4. Procedimento experimental.....	15
1.5. Caracterização física, química e físico-química da polpa da fruta-pão	15
<i>1.5.1. Teor de água e sólidos totais.....</i>	<i>16</i>
<i>3.5.2. Atividade de água (a_w)</i>	<i>16</i>
<i>3.5.3. Cor.....</i>	<i>16</i>
<i>3.5.4. Clorofila total e carotenóides totais.....</i>	<i>16</i>
<i>3.5.5. Flavonoides e antocianinas.....</i>	<i>17</i>
3.6. Elaboração das formulações.....	17
3.7. Otimização da secagem por atomização da polpa da fruta-pão.....	18
<i>3.7.1. Planejamento experimental fatorial</i>	<i>18</i>
<i>3.7.2. Seleção do melhor pó conforme o planejamento</i>	<i>20</i>
3.8. Caracterização física, química e físico-química da fruta-pão em pó selecionada	21
<i>3.8.1. Higroscopicidade</i>	<i>21</i>
<i>3.8.2. Solubilidade.....</i>	<i>22</i>
<i>3.8.3. Molhabilidade</i>	<i>22</i>

3.8.4.	<i>Densidade aparente</i>	23
3.8.5.	<i>Densidade compactada</i>	23
3.8.6.	<i>Densidade absoluta</i>	24
3.8.7.	<i>Porosidade</i>	24
3.8.8.	<i>Análise dos minerais</i>	24
3.8.9.	<i>Morfologia dos pós</i>	25
3.9.	Armazenamento da fruta-pão em pó selecionada	25
3.11.	Análises dos dados	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1.	Caracterização física, química e físico-química da polpa de fruta-pão	28
4.2.	Estudo da otimização da secagem por atomização da polpa de fruta-pão	30
4.2.1.	<i>Atividade de água</i>	32
4.2.2.	<i>Teor de amido</i>	33
4.2.3.	<i>Rendimento</i>	35
4.3.	Caracterização física, química e físico química da fruta-pão em pó selecionada	37
4.4.	Caracterização física, química e físico-química da fruta-pão em pó durante o armazenamento	44
4.5.	Morfologia	53
4.6.	Caracterização física, química e físico-química dos pós de cenoura, chuchu e acerola 55	
4.6.1.	<i>Cenoura</i>	55
4.6.2.	<i>Chuchu</i>	57
4.6.3.	<i>Acerola</i>	60
5.	CONCLUSÕES	64
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1. INTRODUÇÃO

A fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é uma planta exótica originária de ilhas do sul do Pacífico e introduzida no Brasil por volta do ano de 1800, sendo muito cultivada nos pomares domésticos das regiões tropicais do país, estando hoje espalhada por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Existem duas variedades de fruta pão: *Apyrena*, sem sementes, conhecida como “fruta-pão de massa”, e a *Seminífera*, com sementes, conhecida como “fruta-pão de caroço” (CALZAVARA, 1987; GOMES, 2007).

A polpa da “fruta-pão de massa” é rica em calorias, carboidratos, água, vitaminas B1, B2, C, cálcio, fósforo, ferro e tem baixo teor de gorduras, podendo ser aproveitada tanto *in natura*, como em produtos processados: fruta seca, farinha panificável e fonte para extração de amido (SEAGRI, 2006).

Dentre as técnicas empregadas para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas, a secagem além de ser utilizada como método de conservação, minimizando reações deteriorativas e perdas do valor comercial, resulta ainda em uma transformação do produto, prolongando sua vida útil, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado, beneficiando-se ainda das características positivas associadas ao produto original. Em muitos casos, o novo produto é favorecido pela concentração dos princípios nutricionais, consequência da extração de parte do conteúdo de água.

A farinha da fruta-pão representa uma alternativa de aproveitamento e conservação das características nutritivas do fruto, podendo ser estocada por maior período com menor peso e de fácil manuseio. Além disso, é possível, com ajustes tecnológicos, que ela possa ser utilizada como matéria-prima em bolos e pães (MOREIRA et al., 2006) em outros produtos, ou como adjuvante de secagem de suspensões.

A secagem por atomização é caracterizada pelo curto tempo de residência da matéria-prima na câmara de secagem, minimizando os danos causados pelo aquecimento do produto. Este tipo de secagem possui a vantagem de permitir a obtenção de produtos de qualidade comparáveis aos obtidos pela liofilização, a custos industriais inferiores.

Os produtos alimentícios em pó são cada vez mais utilizados pela indústria de alimentos, uma vez que eles reduzem significativamente os custos de certas operações como embalagens, transporte, armazenamento e, pela conservação, elevam o valor comercial do produto (SANTOS et al., 2012).

A utilização da fruta-pão em pó na indústria alimentícia atuando como um adjuvante na secagem de polpas e suspensões é uma boa opção para o mercado por ser rica em amido,

ter baixa higroscopicidade e poder ser utilizada de forma eficiente como adjuvante em processos de secagem por atomização além de ser uma fruta presente nas regiões tropicais e litorâneas.

1.1. Objetivo geral

Produzir fruta-pão em pó através da secagem por atomização (*spray drying*) e utilizá-lo como adjuvante na secagem de polpas de cenoura, chuchu e acerola.

1.1.1. Objetivos específicos

- Caracterizar a fruta-pão *in natura* quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;
- Otimizar a secagem por atomização (*spray drying*) da polpa de fruta-pão utilizando a metodologia do planejamento fatorial, para avaliar a influência das variáveis independentes (temperatura do ar de secagem, vazão da suspensão e concentração de maltodextrina) sobre as variáveis dependentes (atividade de água, teor de amido e rendimento) no processo de secagem por atomização da polpa de fruta-pão para seleção do melhor pó;
- Caracterizar física, química e físico-quimicamente a fruta-pão em pó selecionada conforme o resultado do planejamento;
- Avaliar a estabilidade da fruta-pão em pó selecionada e acondicionada em embalagem de polietileno de baixa densidade durante 180 dias em temperatura ambiente no tempo inicial e a cada 30 dias de armazenamento;
- Utilizar a fruta-pão em pó como adjuvante na secagem de polpa de cenoura, chuchu e acerola.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Fruta-pão

A fruta-pão (*Artocarpus altilis*) pertence à família Morácea, cuja denominação binomial é *Artocarpus altilis* é originária da Insulíndia, cultivada há muitos séculos. Graças a este fato e as suas extraordinárias qualidades, propagou-se a sua cultura pelas ilhas da Melanésia e da Polinésia. O governo inglês em 1792 introduziu 1200 fruteiras pão sem sementes nas Antilhas; a variedade com sementes foi introduzida nas Antilhas pelos Franceses em 1782. Das Antilhas as duas variedades vieram para o Brasil em 1802 (GOMES, 2007).

A fruteira pão é uma árvore perenifólia e lactescente de 20 a 25 metros de altura (GOMES, 2007). Cultivada em pequena escala e principalmente nas regiões litorâneas, é encontrada desde o Estado do Pará até o norte do Estado de São Paulo, sendo frequente em quintais agroflorestais da Amazônia, em pomares domésticos da faixa litorânea dos Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e nas serras úmidas do Estado do Ceará (SACRAMENTO et al., 2009).

É uma árvore frutífera da família da Jaca (*Artocarpus heterophyllus*), da amora e do figo. É um grupo predominantemente tropical e, no Brasil, são encontrados cerca de 30% dos gêneros, concentrados na floresta amazônica onde ocorre a maioria das espécies (DATWYLER e WEIBLEIN, 2004).

No Brasil existem duas variedades de fruteiras pão: a fruta-pão sem sementes (*Apyrena*) ou fruta-pão de massa (Figura 2.1) e a fruta-pão Seminífera ou fruta-pão de caroço (Figura 2.2), que apresenta numerosas sementes comestíveis e polpa não comestível (CALZAVARA, 1987; GOMES, 2007; ZEREGA et al., 2015).

Entre as duas variedades citadas de fruta-pão, a variedade *apyrena* é a mais preferida como alimento (MARTIN, 2010).



Figura 2.1- Fruta-pão sem sementes (*Artocarpus altilis*) variedade Apyrene

Fonte: <http://www.poderdasfrutas.com.br>



Figura 2.2- Fruta-pão seminífera

Fonte: <http://www.papjerimum.blogspot.com.br>

A fruta-pão sem sementes (*Artocarpus altilis*, Variedade apyrene) é um fruto grande, globoso, de 1 a 2 Kg de peso e 15 a 20 cm de diâmetro. A casca é coberta de asperezas, parecendo mosaicada. Cada mosaico de forma poligonal e saliente forma uma saliência que é bem mais sensível nos frutos imaturos, à diminuição das saliências indica o início da maturação. As frutas imaturas são de coloração verde, ao amadurecer tornam-se pardas e depois amarelas. A polpa é branca, farinácea, um tanto esponjosa nas frutas imaturas e amarelada, perfumada e adocicada nas completamente maduras. As frutas não completamente maduras são mais apreciadas do que as que atingiram a completa maturação (GOMES, 2007).

Os frutos "sem sementes" são colhidos "semi maduros", observando-se as seguintes características: mudança na coloração da casca; espaçamento maior entre as protuberâncias da casca, tornando-se menos salientes; som "fofo" quando batidos; a casca começa a exsudar

uma seiva leitosa, que depois de seca, produz manchas mais ou menos escuras; os frutos quase sempre caem antes de completamente maduros, em geral no princípio da estação seca ou antes de chegarem as chuvas pesadas. É antes de sua maturação que o fruto contém mais fécula e sendo, portanto, mais nutritivo (CALZAVARA, 1987).

A fruta-pão é uma planta versátil, em que todas as suas partes (raízes, folhas, frutos e látex) podem ser utilizadas na medicina caseira. Como essência florestal, seu aproveitamento é integral (DEIVANAI; SUBHASH, 2010).

O valor alimentício do fruto reveste-se de grande importância, principalmente para as populações de baixa renda, que têm neste alimento uma alternativa para suplementação alimentar podendo ser utilizada cozida, frita transformada em purê para ser consumido com manteiga, mel ou melaço. A polpa processada em forma de farinha ou goma, e polvilho pode substituir parcialmente a farinha de trigo, em massa e produtos. Quando maduros, os frutos podem ser aproveitados para confecção de doces (CALZAVARA, 1987; JONES et al., 2011).

A fruta-pão contém grande quantidade de carboidratos e de índice glicêmico intermediário, contém muito amido, mesmo quando madura cinza, celulose e proteína (3,8 a 4,1% na polpa), maior do que na mandioca, além de potássio, ferro e niacina. A fruta-pão não possui ácido cianídrico, uma substância tóxica para o nosso organismo, presente na mandioca. (GOMES, 2007; MANICA, 2002).

Na Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO, 2011) tem-se a composição centesimal da fruta-pão (Tabela 2.1).

Tabela 2.1- Composição química e físico química da fruta-pão

Componentes	Fruta-pão crua
Umidade (%)	80,9
Energia (kcal)	67
Proteína (g/100g)	1,1
Lipídios (g)	0,2
Carboidratos (g)	17,2
Fibra alimentar (g)	5,5
Cinzas (g)	0,7
Cálcio (mg)	34
Magnésio (mg)	24
Manganês (mg)	0,04
Fósforo (mg)	27
Ferro (mg)	0,2
Sódio (mg)	1
Potássio (mg)	188
Cobre (mg)	0,07
Zinco (mg)	0,1
Tiamina (mg)	0,03
Riboflavina (mg)	Tr
Piridoxina (mg)	Tr
Niacina (mg)	Tr
Vitamina C (mg)	9,9

Fonte: TACO (2011)

Na caracterização físico-química do fruto *in natura*, em relação ao teor de minerais, Moreira et al. (2007a) observaram, que o fruto é rico em potássio, contendo também cálcio, fósforo, magnésio, ferro, zinco, manganês e cobre, apresentando ainda composição considerável em fibras, carboidratos, proteínas e lipídios quando comparado a outras frutas e tubérculos da região amazônica.

Pereira et al. (2010) avaliaram o efeito da farinha de fruta-pão na microbiota intestinal de ratos Wistar e constataram que houve mudança significativa da microbiota na região intestinal avaliada, além de um aumento significativo de microrganismos mesófilos

anaeróbios e bactérias lácticas, o que indica possíveis efeitos prebióticos da farinha de frutapão elaborada.

Moreira et al. (2007b) caracterizaram físico-quimicamente o amido extraído da frutapão, no qual observaram ser rico em cálcio (319,54 mg/100g), contendo ainda potássio (100,00 mg/100g), fósforo (58,23 mg/100g), magnésio (44,44 mg/100g) e cobre (21,71 mg/100g).

2.2. Secagem por atomização

A comercialização de frutos está restrita a sua sazonalidade, e em razão de alta perecibilidade, necessita-se de técnicas de conservação que viabilize a utilização nas indústrias fora do período de safra (ANSELMO et al., 2006). Uma técnica muito utilizada para se manter a qualidade e estabilidade dos alimentos, sem a necessidade da cadeia do frio, é a secagem (SOUZA NETO et al., 2005).

Existem diversos métodos de secagem, dentre eles a secagem por atomização que é, por definição, a transformação do material líquido, que pode estar na forma de solução, suspensão ou pasta, para o estado sólido na forma de pó, o qual é modificado por meio da dispersão de gotículas do material em contato com ar aquecido dentro da câmara de secagem, resultando em partículas isoladas, grânulos ou aglomerados; essas formas dependem das propriedades físicas e químicas do material, do projeto e operação do secador (MASTERS, 1972).

A secagem por atomização é uma das técnicas que vem sendo desenvolvida nos últimos anos que tem por finalidade transformar a polpa da fruta em forma de pó (ANSELMO et al., 2006), permitindo um armazenamento prolongado e uma maior estabilidade e longevidade do produto, de modo a ter uma maior vida de prateleira, podendo o consumidor ter acesso a esse produto durante todo ano, e não apenas no período de safra da fruta. Existe uma gama muito ampla de produtos que requerem a utilização do sistema de secagem por atomização, que mantém as propriedades físico-químicas dos produtos e em alguns casos chega a melhorar essas propriedades.

O secador por atomização é um equipamento que admite a alimentação somente em estado fluido (solução, suspensão ou pasta) e a converte em uma forma particulada seca pela aspersão do fluido em um agente de secagem aquecido (usualmente o ar).

Esse secador é muito utilizado na indústria alimentícia para garantir uma maior estabilidade do produto, além de obter um produto com propriedades específicas como

solubilidade instantânea (PARAMITA et al., 2010; ROUSTAPOUR et al., 2009). É também o principal processo tecnológico aplicado na elaboração de leite em pó e produtos lácteos, café solúvel, sucos entre outros, sendo também empregado nas indústrias farmacêuticas e de detergentes, devido ao seu processo econômico, altas taxas de produção e baixos custos operacionais (DAIÚTO e CEREDA, 2003; WIRJANTORO e PHIANMONGKHOL, 2009).

Desta forma o processo de atomização surge como uma técnica adequada para a obtenção de produtos em pó de alta qualidade, uma vez que seu tratamento térmico é rápido, minimizando a degradação de compostos de sabor e dos antioxidantes, contribuindo assim para a obtenção de sucos reconstituídos similares aos das correspondentes frutas *in natura* (MESTRY et al., 2011).

A operação de atomização está baseada em quatro fases: atomização do líquido, contato do líquido atomizado com o ar quente, evaporação da água, e separação do produto em pó do ar de secagem (GAVA et al., 2008).

A qualidade dos produtos obtidos depende das características do líquido atomizado (teor de sólidos, tamanho das partículas, viscosidade), tipo e mecanismo de funcionamento do atomizador, transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as características do ar de secagem (TONON et al., 2013). Porém, a qualidade do produto obtido também está ligada a sua estabilidade às altas temperaturas empregadas nessa operação (GUIMARÃES, 2010).

Pós finos secos, granulados ou aglomerados podem ser produzidos continuamente pela secagem de soluções, emulsões ou suspensões. Os pós produzidos por atomização reúnem padrões elevados de qualidade com respeito à granulometria do produto, umidade final, homogeneidade, densidade e forma, sendo que estas características podem ser alteradas por modificações nos parâmetros do processo. O pó obtido por esta tecnologia é particularmente apreciado devido à sua alta fluidez, sendo que esta propriedade pode ser atribuída à forma esférica das partículas obtidas (REMILI et al., 1994).

As principais variáveis que controlam a umidade no pó são as temperaturas de entrada e saída do ar do secador. Com o suco de frutas, a natureza e a concentração de sólidos no suco e o tipo de aditivo têm que ser também considerados (BHANDARI et al., 1993).

Nesse sentido, os mais variados métodos de secagem possuem um objetivo em comum que é a redução da atividade de água até níveis próximos a 0,3, o qual elimina a possibilidade de desenvolvimento de microrganismos, além de reduzir a velocidade das reações deteriorativas dos alimentos (SARANTOPOULO et al., 2001).

Feitosa (2014) com o objetivo de estudar a transformação da polpa da murta em um produto em pó, utilizando dois processos de secagem: entre eles a secagem por atomização nas temperaturas de secagem de 150, 170 e 190 °C e adição de 30% de maltodextrina (DE-10), observou que com o aumento da temperatura de secagem, para os pós coletados na câmara de secagem e no ciclone, reduziu o teor de água, a atividade de água, as antocianinas totais e a diferença total de cor, e aumentou o rendimento e pH. Menor propensão à alteração nas características do pó, coletado no ciclone, foi observada com o aumento da temperatura. Mantendo-se estável entre as temperaturas de 150 e 170 °C para o teor de água, acidez total titulável e intensidade de amarelo. A insolubilidade e acidez tiveram melhores valores para os pós do ciclone.

Ferrari et al. (2012) ao avaliarem a influência da temperatura do ar de secagem (160 ou 180°C) e da concentração de maltodextrina (5,15 ou 25%) sobre as características físico químicas do suco de amora preta em pó produzido em secador por atomização, verificaram que o pó obtido na temperatura de 160°C com 5% de maltodextrina foi o mais efetivo na manutenção do teor de antocianinas do suco de amora preta em pó, mostrando uma retenção destes pigmentos.

Sousa et al. (2015) ao realizar a secagem da polpa de atemoia em secador por aspersão, na temperatura de 180°C e vazão de alimentação de 0,3 L h⁻¹ observou que o pó coletado na câmara de secagem foi mais solúvel e apresentou uma maior quantidade de espaços vazios do que o pó do ciclone. As partículas das duas amostras não apresentaram formato esférico, estas formaram agregados pegajosos.

Dallagnol (2013) com o objetivo de avaliar a estabilidade do corante de betalaína encapsulado em secador por atomização em diferentes fatores como variação de temperatura (5, 25, 70 e 90°C), pH e luz, visando determinar as condições adequadas para a manutenção da cor para futuras aplicações em produtos alimentícios processados e fermentados ou não. A melhor condição de processamento ou obtenção do corante de betalaína ocorreu em pH 4,0 e temperatura de 25°C. O processo de secagem por atomização conferiu aumento no tempo de meia vida do corante de betalaínas viabilizando sua aplicação como aditivo natural em preparados alimentícios.

2.3. Aditivos de secagem

O uso de aditivos promotores de secagem é um procedimento indispensável na secagem por aspersão da maioria das polpas de frutas, visto que esses materiais, por conterem altos

teores de açúcares, são propícios a caramelização, inviabilizando o processo (SOUSA et al., 2015).

No processo de secagem são utilizados agentes adjuvantes que além de facilitarem a secagem, melhora as características do produto final. A utilização de agentes carreadores pode promover um manuseio melhor do produto em pó obtido, conferindo uma maior proteção contra absorção de água do ambiente e tornando o menos higroscópico (TONON, 2009).

Os aditivos além de reduzirem a higroscopicidade do pó, podem proteger os componentes sensíveis dos alimentos contra condições desfavoráveis do ambiente, mascarar ou preservar sabores e aromas, reduzir a volatilidade e reatividade e fornecer atrativo a mais para a comercialização dos alimentos (RÉ, 1998).

A fim de viabilizar o processo de secagem por atomização, em alguns casos, faz se necessário o uso do aditivo ou material de parede, cuja função principal é envolver a partícula seca, evitando sua adesão nas paredes do secador devido à caramelização dos açúcares, além de conservar componentes voláteis constituintes do aroma (SILVA, 2008 apud GALDINO 2011).

Alguns dos adjuvantes usados para introduzir alterações físicas no produto permitem reduzir a deposição nas paredes e facilitam a manipulação dos produtos. Entre os adjuvantes estão incluídos o ar, gases comprimidos, espumas, alginatos, proteína de soja, mono-estearato de glicerol, gomas naturais, sacarose, xaropes de amido e dextrinas (DAÍUTO; CEREDA, 2003).

Exemplos desses agentes são citados por Vasconcelos, et al., (2005) amido, ciclodextrinas, dióxido de silício coloidal, fosfato tricálcico, gelatina, goma arábica, lactose e maltodextrina.

Os materiais de parede mais utilizados são a goma arábica, as maltodextrinas, os amidos modificados e a mistura entre eles. Nos últimos anos outros polissacarídeos também têm sido testados como facilitadores da secagem. Oliveira (2008) analisou a substituição total e parcial de maltodextrinas (MD) por goma de cajueiro (GC), um polissacarídeo semelhante à goma arábica, e avaliou o impacto das variáveis no processo de atomização.

As farinhas de frutas, em relação às farinhas de cereais, apresentam como vantagens: uma maior conservação e concentração dos valores nutricionais; menor tempo de secagem; diferenciadas propriedades físicas e químicas, o que permite uma ampla gama de aplicações, e diferenciadas possibilidades do uso do fruto inteiro ou em partes menores como matéria-prima para diversos produtos (MELONI, 2006).

2.4. Produtos em pó

Uma quantidade crescente de alimentos tem sido desenvolvida e comercializada na forma de pó. Tais produtos incluem café, cappuccinos, achocolatados, leite, sopas, molhos, bolos, alimentos infantis, entre outros. Esta tendência está principalmente ligada com a conveniência oferecida pelos produtos em pó, sua estabilidade química e microbiológica e a redução dos custos de transporte e armazenamento (FORNY et al., 2011).

A produção de alimentos em pó pode ser realizada por métodos de secagem, moagem e cristalização. Os processos de moagem são utilizados para matérias-primas sólidas, por exemplo, a moagem de grãos de trigo para a produção de farinha e, por fim, a secagem é centrada em alimentos com elevado teor de umidade. Após a elaboração das partículas, podem-se usar operações complementares, como misturas (CUQ et al., 2011).

Dentre os diversos produtos desenvolvidos por secagem, merecem destaque aqueles na forma de pó, pois com a utilização desses produtos, elimina-se o inconveniente da vida curta de prateleira, com vantagem da possibilidade da manutenção do material em temperatura ambiente, sem despesas inerentes à conservação a frio (VIEIRA et al. 2007).

A polpa processada na forma de pó apresenta possibilidade de formulação com outros produtos, baixa relação volume/massa, com conseqüente economia em custos de embalagem, transporte, conservação e espaço de armazenamento, estes resultados agregam valor ao produto.

Relacionados aos produtos em pó obtidos com o emprego de secagem, Rajkumar et al. (2007), reportaram que os pós de polpas de frutas apresentam funcionalidade desejada e são estáveis ao longo de um maior tempo de armazenamento, oferecendo várias vantagens sobre outras formas de transformação de produtos como polpas, sucos e concentrados devido às possibilidades de uso em formulações inovadoras. Por exemplo, pós de frutas podem ser usados como um substituto conveniente para sucos concentrados e como ingredientes estáveis para bebidas saudáveis, alimentos para bebês, molhos, confeitos, iogurtes, sorvetes, barras de cereais, dentre outros. Por sua vez, estes produtos atendem à crescente demanda mundial por produtos com características mais próximas ao natural pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (CAPARINO et al., 2012).

Segundo Forny et al. (2011) o objetivo da produção de alimentos em pó, de forma geral, é a sua diluição em um líquido para o consumo como uma bebida, ou misturados com outros ingredientes alimentícios, para formar suspensões, para uso doméstico ou industrial.

2.5. Armazenamento do produto

A avaliação das condições de armazenamento e matérias de embalagem deve ser analisada como garantia de qualidade e segurança.

Os atributos de qualidade dos alimentos (sensoriais e nutricionais) devem ser mantidos, passando por alterações mínimas durante o processamento, mantendo as mesmas características durante o consumo, no entanto, os alimentos estão sujeitos a mudanças, atribuídas a natureza biológica e química de cada alimento (HENRIQUEZ, et al., 2013).

Alguns fatores merecem atenção durante a vida de prateleira de alimentos em pó. A atividade de água esta envolvida com a estabilidade do pó, bem como na manutenção da qualidade do mesmo. A água absorvida durante o armazenamento dos pós de alimentos conduz a alterações nas suas propriedades antioxidantes afetando a estabilidade, modificando as características originais de muitos produtos alimentares (PITALUA et al., 2010).

Entre os fatores ambientais que afetam a estabilidade dos alimentos, o mais estudado é a temperatura, o que se justifica não apenas por seu grande efeito sobre as taxas de reação, mas também pelo fato de ser um fator totalmente imposto pelo ambiente ao alimento; neste contexto, as propriedades de barreira contra a ação desses fatores representam papel de grande importância na estabilidade de alimentos durante o armazenamento (TAOUKIS et al., 1997).

A qualidade dos produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido às diversas reações de natureza enzimática, oxidativa, entre outras. De maneira geral, tais produtos, quando embalados de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade, apresentam maior vida de prateleira (SILVA et al., 2005). A vida-de-prateleira depende, fundamentalmente, da proteção oferecida pela embalagem contra a absorção de umidade presente no ambiente de estocagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Locais dos experimentos

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande-PB.

As análises de cor e atividade de água foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA - UAEEA - CTRN - UFCG).

A morfologia da fruta-pão em pó foi realizada no Laboratório de Caracterização de Materiais da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMA – CCT - UFCG).

3.2. Matéria-prima

Para a realização deste trabalho foram utilizados fruta-pão (*Artocarpus altilis*) da variedade Apyrene adquiridos de plantio no brejo paraibano, no município de Remígio – PB, e colhidos em estágio de maturação semi-maduro (Figura 3.1). Os frutos foram selecionados manualmente, de forma a eliminar os que apresentavam danos físicos ou em outro estágio de maturação.



Figura 3.1 – Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) variedade Apyrene *in natura*

3.3. Obtenção da polpa de fruta-pão

No laboratório as frutas foram submetidas à pré-lavagem com detergente neutro e água corrente, visando remover sujeiras e outros materiais estranhos e logo após foi realizada a sanitização imergindo-se as frutas em solução de hipoclorito de sódio a 250 mg/L, durante 5

minutos, e após enxaguados em água corrente para retirada do excesso da solução sanitizante e secos em condições ambientais.

As frutas pão foram descascadas manualmente com auxílio de facas de aço inoxidável, cortadas, desintegradas em multiprocessador doméstico Arno (Figura 3.2) e a polpa foi homogeneizada, acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade, de espessura 12 μm e em seguida armazenada em freezer a -18 ± 2 °C, até a realização dos experimentos.



Figura 3.2- Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) da variedade Apyrene: (A) pedaços; (B) polpa desintegrada em multiprocessador doméstico.

As etapas para obtenção da polpa da fruta-pão são apresentadas no fluxograma da Figura 3.3.

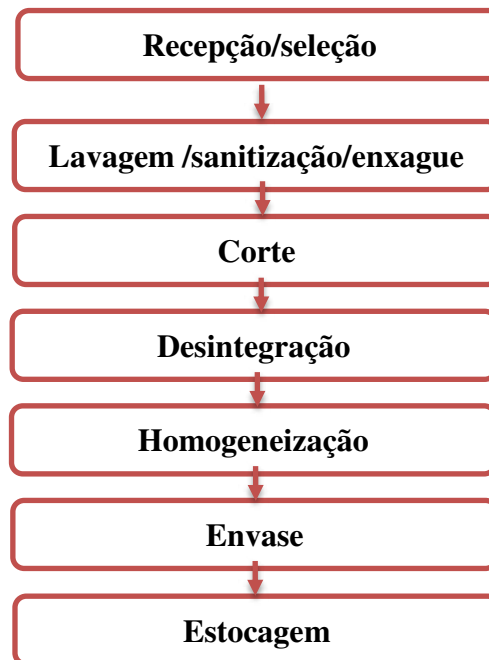


Figura 3.3 - Fluxograma para obtenção da polpa de fruta-pão

3.4. Procedimento experimental

O Fluxograma da Figura 3.4 mostra as etapas seguidas para a realização dos experimentos.

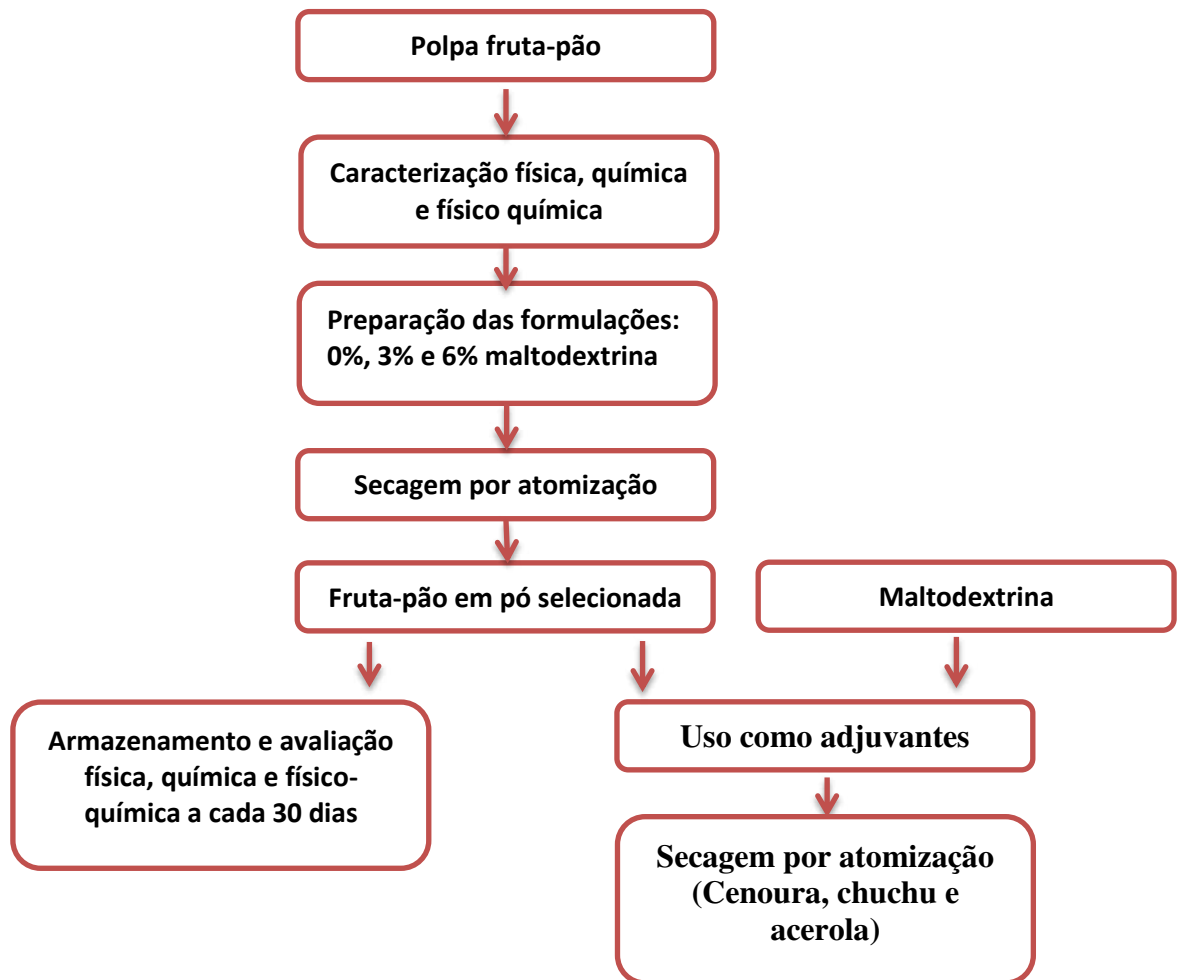


Figura 3.4 - Fluxograma do procedimento experimental

3.5. Caracterização física, química e físico-química da polpa da fruta-pão

A polpa da fruta-pão foi caracterizada física, química e físico-quimicamente em triplicata.

Os parâmetros pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), ácido ascórbico, amido, açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais e cinzas foram determinados através dos métodos descritos no manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Os parâmetros teor de água, sólidos totais, atividade de água, cor, clorofila total, carotenoides totais, flavonoides e antocianinas são descritos a seguir.

3.5.1. Teor de água e sólidos totais

O teor de água e os sólidos totais da polpa de fruta-pão foram determinados em balança determinadora de umidade, modelo ID-50, marca MARCONI. Os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.5.2. Atividade de água (a_w)

A medida da atividade de água foi realizada a 25 °C através da leitura direta em higrômetro AquaLab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices.

3.5.3. Cor

Os parâmetros de cor da polpa da fruta-pão foram determinados pela leitura direta utilizando um espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, obtendo-se os valores de L^* , a^* e b^* . L^* que representa a luminosidade, a^* define a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$). As medidas nas amostras foram realizadas em triplicata, obtendo-se os valores médios de L^* , a^* e b^* , e utilizando-se o sistema com luminosidade D65, ângulo de observação de 10° e calibração do equipamento com placa branca padrão ($X = 80,5$; $Y = 85,3$; $Z = 90,0$).

3.5.4. Clorofila total e carotenóides totais

Determinados de acordo com Lichtenthaler (1987). Macerou-se cerca de 0,2 g da amostra em almoflariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO_3) e 5 mL de acetona (80%). As amostras foram centrifugadas a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos e os sobrenadantes foram lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 646, 663 e 470 nm, com os teores de clorofila total e carotenóides totais calculados através da Equação 3.1 e 3.2 e os resultados expressos em mg/100 g.

$$\text{Clorofila total} = \frac{(17,3\text{Abs}_{646} + 7,18\text{Abs}_{663})}{\text{massa (g)}} \times \frac{100}{1000} \quad (3.1)$$

$$\text{Caratenoides totais} = \frac{1000\text{Abs}_{470} - 1,82C_a - 85,02C_b}{198} \times \frac{100}{1000} \quad (3.2)$$

Onde:

Abs - Absorbância;

C_a - clorofila a

C_b - clorofila b

$$C_a = \frac{12,21Abs_{663} - 2,81Abs_{646}}{\text{massa (g)}} \times \frac{100}{1000};$$

$$C_b = \frac{20,13Abs_{646} - 5,03Abs_{663}}{\text{massa (g)}} \times \frac{100}{1000};$$

3.5.5. Flavonoides e antocianinas

O teor de flavonoides e antocianinas foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Francis (1982). Pesou-se 1 g da amostra, adicionou 10 mL de solução extratora de etanol (95%) mais HCl (1,5 N) na proporção de 85/15 (v/v) respectivamente, agitou-se a amostra por dois minutos e transferiu-se para tubos de plástico (envoltos em papel alumínio). Descansou-se por 24 horas em geladeira. Em seguida filtrou-se e completou-se o volume para 10 mL, procedeu-se a leitura em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 374 e 535 nm, e calculados através das Equações 3.3 e 3.4 com os resultados expressos em mg/100 g.

$$\text{Flavonóides (mg/100g)} = \frac{FdxAbs_{374}}{76,6} \quad (3.3)$$

$$\text{Antocianinas (mg/100g)} = \frac{FdxAbs_{535}}{98,2} \quad (3.4)$$

Onde:

Fd - fator de diluição

Abs₃₇₄ - leitura da absorbância a 374 nm

Abs₅₃₅ - leitura da absorbância a 535 nm

3.6. Elaboração das formulações

Na elaboração das formulações, a polpa da fruta-pão foi descongelada e colocada em liquidificador doméstico com adição de água destilada na proporção 1:1 (p/p), obtendo-se uma suspensão. Em seguida foram peneiradas e elaboradas as formulações adicionando-se diferentes concentrações de maltodextrina (0, 3 e 6%).

A maltodextrina (Química & Cia) com dextrose equivalente DE = 20 foi escolhida para ser o aditivo utilizado no preparo das polpas formuladas, para o planejamento experimental.

Para a utilização do planejamento experimental foi realizado testes preliminares para a escolha das formulações e para os parâmetros de secagem por atomização.

Os testes iniciais foram realizados para as formulações com 0, 3 e 6% de maltodextrina (DE=20), objetivando utilizar a menor percentagem de adjuvante e melhor desempenho na secagem nas temperaturas de 60, 70, 80, 90 e 100 °C. As temperaturas mínima de 70 °C e máxima de 90 °C foram estabelecidas após ser descartadas as temperaturas de 60 °C, por apresentar um pó mais úmido, e a temperatura de 100 °C, por apresentar um pó de coloração mais amarelada com aspecto mais seco.

A partir desses testes foram estabelecidas as seguintes formulações:

Formulação 1 – polpa de fruta-pão sem adição de maltodextrina

Formulação 2 – polpa de fruta-pão + 3% de maltodextrina

Formulação 3 – polpa de fruta-pão + 6% de maltodextrina

3.7. Otimização da secagem por atomização da polpa da fruta-pão

As suspensões da polpa da fruta-pão formuladas foram desidratadas em secador por atomização, modelo LM FBD 1.0 da marca Labmaq do Brasil. O secador foi utilizado com um bico atomizador de duplo fluido com mistura externa, com diâmetro de 1,2 mm, vazão de suspensão da polpa de 4, 5 e 6 mL/min e temperaturas do ar de secagem de 70, 80 e 90 °C.

3.7.1. Planejamento experimental fatorial

Para o estudo da secagem realizou-se o planejamento experimental fatorial que teve como objetivo avaliar a influência das variáveis de entrada (temperatura do ar de secagem, vazão da suspensão e concentração de maltodextrina) sobre as respostas (atividade de água, teor de amido e rendimento), reduzindo, assim, a quantidade de ensaios e consequentemente, a redução de tempo e custo com os experimentos.

Utilizou-se um planejamento experimental fatorial 2^3 com três repetições, no ponto central, totalizando 11 experimentos, baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) conforme Tabela 3.1.

A escolha da vazão da suspensão em (mL/min) foi determinada de acordo com as limitações do equipamento 4, 5 e 6 mL/min.

Tabela 3.1 - Níveis das variáveis do planejamento fatorial $2^3 + 3$ repetições no ponto central para a secagem por atomização

Variáveis	-1	0	+1
Temperatura do ar de secagem (°C)	70	80	90
Vazão da suspensão (mL/min)	4	5	6
Concentração de maltodextrina (%)	0	3	6

Na Tabela 3.2 encontram-se os valores codificados e reais das variáveis independentes que compõem a matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 com 3 repetições no ponto central para a secagem por atomização da polpa da fruta-pão.

Tabela 3.2 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 com 3 repetições no ponto central para a secagem por atomização da polpa da fruta-pão

Ensaio	Temperatura (°C)	Vazão da suspensão mL/min	Concentração de maltodextrina (%)
1	-1(70)	-1(4)	-1(0)
2	+1(90)	-1(4)	-1(0)
3	-1(70)	+1(6)	-1(0)
4	+1(90)	+1(6)	-1(0)
5	-1(70)	-1(4)	+1(6)
6	+1(90)	-1(4)	+1(6)
7	-1(70)	+1(6)	+1(6)
8	+1(90)	+1(6)	+1(6)
9	0(80)	0(5)	0(3)
10	0(80)	0(5)	0(3)
11	0(80)	0(5)	0(3)

Foram coletados em cada ensaio dois tipos de pós no secador, o pó coletado no ciclone e o pó coletado na câmara de secagem.

As amostras de fruta-pão em pó coletados no ciclone (pó de interesse em termos industriais como adjuvante) foram avaliadas no planejamento quanto aos parâmetros atividade de água, teor de amido e rendimento de acordo com as metodologias descritas no item 3.5.

Foram avaliados os efeitos das variáveis independentes sobre as respostas estudadas e determinados os erros padrão, os coeficientes t e a significância estatística (p).

A validação dos ensaios experimentais foi realizada analisando-se os valores de F_{tabelado} e $F_{\text{calculado}}$ a 90% de confiança com valor de p menor que 0,10, calculados por análise de variância (ANOVA) que consiste na avaliação do coeficiente de determinação (R^2) e do teste F, verificando se o modelo apresentou um ajuste adequado aos dados experimentais.

Para análise dos dados experimentais do planejamento fatorial utilizou-se o programa Statistica 7.0.

3.7.2. Seleção do melhor pó conforme o planejamento

A partir da análise dos resultados do planejamento experimental das amostras em pó de fruta-pão, coletados no ciclone, fez-se a seleção do melhor pó levando-se em consideração principalmente, os parâmetros avaliados: atividade de água, teor de amido (conforme metodologias já mencionadas no item 3,5) e o rendimento determinado através da Equação 3.5

$$R = \frac{M_{\text{final}}}{M_{\text{inicial}}} \times 100 \quad (3.5)$$

Onde:

R - rendimento (%)

M_{inicial} - massa inicial (g)

M_{final} - massa final (g)

O pó que obteve menor atividade de água e maior concentração de amido, levando-se em consideração também o aspecto físico (não caramelizou) foi indicado para ser caracterizado física, química e físico-quimicamente e para o estudo do armazenamento. O melhor pó correspondeu ao Experimento n° 4 (polpa da fruta-pão com 0 % de maltodextrina, seco a temperatura de 90 °C e vazão de 6 mL/min.). Na Figura 3.5 tem-se os pós obtidos no Experimento n° 4, coletados no secador: pó coletado no ciclone (A) e o pó coletado na câmara de secagem (B).



Figura 3.5 – Fruta-pão em pó coletado no ciclone (A) e na câmara de secagem (B)

3.8. Caracterização física, química e físico-química da fruta-pão em pó selecionada

As determinações físicas, químicas e físico-químicas foram realizadas na fruta-pão em pó coletada no ciclone (para utilizar como adjuvante) e na câmara de secagem (para fins científicos) devido à secagem da polpa de fruta-pão obter dois tipos de pós.

As análises foram realizadas em triplicata quanto aos parâmetros atividade de água, teor de água, sólidos totais, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais, amido, açúcares redutores, não redutores e totais, ácido ascórbico, cor, cinzas, teor de clorofila, carotenoides, flavonoides e antocianinas segundo as metodologias descritas no item 3.5 e o rendimento de acordo com a equação descrita no item 3.7.2

3.8.1. Higroscopicidade

A higroscopicidade da fruta-pão em pó foi determinada de acordo com o método proposto por Cai & Corke (2000), onde 1 g da amostra foi pesada em cápsulas de vidro, colocada em recipiente hermético contendo solução saturada de NaCl que corresponde a umidade relativa de 75,29% a 25°C, por sete dias com posterior pesagem dos pós e calculada pela Equação 3.6.

$$\% \text{ Higroscopicidade} = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100 \quad (3.6)$$

Onde:

P_i - peso inicial da placa + pó (g)

P_f - peso da placa + pó em equilíbrio (g)

A partir da higroscopicidade os pós foram classificados de acordo com a Tabela 3.3 de GEA Niro Research Laboratory.

Tabela 3.3- Classificação dos pós de acordo com sua higroscopicidade

Higroscopicidade	
Não higroscópico	< 10%
Ligeiramente higroscópico	10,1 – 15%
Higroscópico	15,1 – 20%
Muito higroscópico	20,1 – 25%
Extremamente higroscopico	>25%

Fonte: GEA Niro Research Laboratory (2003)

3.8.2. Solubilidade

A solubilidade dos pós foi determinada de acordo com a metodologia de Eastman e Moore (1984) modificado por Cano-Chauca (2005). Colocou-se 1 g da amostra em 100 mL de água destilada sob agitação constante, utilizando-se um agitador magnético, o pó disperso em água foi centrifugado a 2500 rpm por 5 minutos e uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de petri e submetido a secagem por 24 horas. A solubilidade foi calculada pela Equação 3.7.

$$S = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.7)$$

Onde:

S - solubilidade (%)

M_s - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante (g)

M_a - massa da amostra (g)

3.8.3. Molhabilidade

A molhabilidade dos pós foi determinada segundo o método de molhabilidade estático proposto por Freudig et al. (1999), modificado por Ceballos et al. (2012). Cerca de 1 g da amostra foi colocada sobre 100 mL de água destilada a 25°C e determinado visualmente o tempo necessário para que todas as partículas se molhassem. A molhabilidade foi calculada pela Equação 3.8.

$$M = \frac{N}{t} \quad (3.8)$$

Onde:

M - molhabilidade (g/s)

N - massa da amostra (g)

t - tempo (s)

3.8.4. Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada pesando-se 2 g da amostra em uma proveta graduada de 25 mL, posteriormente foi calculada a relação entre a massa da amostra e o volume da proveta segundo a Equação 3.9.

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (3.9)$$

Onde:

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³);

m - massa (g)

V - volume (cm³)

3.8.5. Densidade compactada

A densidade compactada dos pós foi avaliada, de acordo com a metodologia de Tonon (2009), que consiste em pesar 2 g da amostra em uma proveta graduada de 25 mL e aplicar 50 batimentos na proveta com a amostra sobre a bancada de uma altura fixa de 2,0 cm. Anotou-se o volume no qual a amostra foi compactada e calculou-se a relação entre a massa e volume compactado (Equação 3.10).

$$\rho_c = \frac{m}{V_c} \quad (3.10)$$

Onde:

ρ_c - densidade compactada (g/cm³);

m - massa (g)

V_c - volume (cm³)

3.8.6. Densidade absoluta

A densidade absoluta dos pós foi determinada utilizando-se uma proveta de 50 mL a temperatura de 25 °C de acordo com a metodologia descrita por Cesar et al. (2004). Colocou-se hexano numa proveta até a metade de sua capacidade, e mediu-se o volume inicial, posteriormente foi adicionado 5 g da amostra em pó, e o volume da amostra foi medido pela diferença entre o volume inicial e o volume final, e a densidade determinado pela Equação 3.11.

$$\rho_{\text{Abs}} = \frac{m_a}{V_f - V_i} \quad (3.11)$$

Onde:

M_a - massa (g)

ρ_{abs} - densidade absoluta (g/cm³)

v_i - volume inicial (cm³)

v_f - volume final (cm³)

3.8.7. Porosidade

A porosidade foi calculada pela Equação 3.12, a partir da relação entre a densidade aparente e a densidade absoluta.

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_{\text{ap}}}{\rho_{\text{abs}}}\right) \times 100 \quad (3.12)$$

Onde:

ε - porosidade (%)

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³)

ρ_{abs} - densidade absoluta (g/cm³)

3.8.8. Análise dos minerais

Obtidas as cinzas das amostras de fruta-pão em pó, utilizou-se o espectrofotômetro de energia dispersiva, modelo EDX-720, da marca Shimadzu, para determinar os minerais (Potássio, Cálcio, Fósforo, Enxofre e Ferro) presentes nas amostras de cinzas da fruta pão em pó.

3.8.9. Morfologia dos pós

O estudo da morfologia das partículas em pó foi realizado através da microscopia eletrônica de varredura (MEV). As amostras foram preparadas colocando-se uma pequena quantidade de pó em porta amostras metálicos “stubs”, com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional. Em seguida, foram metalizadas com uma liga de ouro/paládio, em um metalizador QuikCoat SC-701 (SanyuElectron, Tóquio, Japão). As amostras foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura (Superscan SSX-550, Shimadzu) e a aquisição das imagens foi realizado pelo software LEO, versão 3.01. As imagens da fruta pão em pó foram obtidas com aumento de 150, 500, 1000 e 1500 vezes.

3.9. Armazenamento da fruta-pão em pó selecionada

As amostras de fruta-pão em pó obtidas na secagem por atomização selecionadas no planejamento experimental (Experimento 4) coletados no ciclone e na câmara de secagem foram acondicionadas em embalagem de polietileno de baixa densidade com espessura de 12 μm ,

As embalagens tinham aproximadamente 15 cm de comprimento e 7 cm de largura nas quais foram colocadas 60 g do pó e foram termosseladas e armazenadas em local seco, arejado na temperatura ambiente.

As determinações físicas, químicas e físico-químicas foram realizadas no início do armazenamento (tempo zero) e a cada 30 dias em triplicata durante 180 dias, quanto aos parâmetros atividade de água, teor de água, sólidos totais, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais, amido, açúcares redutores, não redutores e totais, ácido ascórbico, cor e cinzas, segundo as metodologias descritas no item 3.5.

3.10. Utilização da fruta-pão em pó como adjuvante de secagem

Com a finalidade de utilizar a fruta-pão em pó (coletado no ciclone - Experimento 4) como um adjuvante de secagem em substituição total de outros aditivos já comercializados como a maltodextrina e a goma arábica na secagem de polpa de frutas, foram realizados experimentos utilizando como matéria-primas: cenoura, chuchu e acerola.

Os vegetais foram submetidos à pré-lavagem com detergente neutro e água corrente, visando remover sujeiras e outros materiais estranhos logo após foi realizada a sanitização imergindo-se os vegetais em solução de hipoclorito de sódio a 250 mg/L durante 5 minutos,

enxaguados em água corrente para retirada do excesso da solução sanitizante e secos em condições ambientais.

As cenouras e os chuchu foram descascados manualmente e individualmente com auxílio de uma faca de aço inoxidável. Em seguida os vegetais foram desintegrados separadamente em processador domésticos e obtidas as polpas de cenoura, chuchu e acerola.

Na elaboração das formulações cada polpa de fruta foi colocada individualmente em liquidificador doméstico e adicionado 5% de fruta-pão em pó aos poucos, como adjuvante de secagem, sob agitação, para total homogeneização. Para comparação dos resultados foram elaboradas formulações na mesma concentração, utilizando-se como adjuvante de secagem a maltodextrina (Química & Cia) com dextrose equivalente DE = 20, conforme a Tabela 3.4.

Tabela 3.4- Formulações contendo fruta-pão em pó como adjuvante de secagem

Aditivos		
Formulações	Fruta pão em Pó	Maltodextrina
1	Polpa cenoura + 5% fruta-pão em pó;	4 Polpa cenoura + 5% maltodextrina
2	Polpa chuchu + 5% fruta-pão em pó;	5 Polpa chuchu + 5% maltodextrina
3	Polpa acerola + 5% fruta-pão em pó;	6 Polpa acerola + 5% maltodextrina

As formulações foram desidratadas em secador por atomização modelo LM FBD 1.0 da marca Labmaq do Brasil. O secador foi utilizado com um bico atomizador de duplo fluido com mistura externa, com diâmetro de 1,2 mm, vazão de bombeamento da polpa 6 mL/min e temperatura do ar de secagem de 80 °C determinada em testes preliminares.

Para a elaboração de cada formulação foi utilizado 300 mL polpa + aditivo.

Após a secagem de cada formulação foi coletado do secador, apenas o pó no ciclone, pois não obteve-se pó na câmara de secagem.

As amostras de cenoura, chuchu e acerola em pó desidratadas com adição dos adjuvantes de secagem (fruta-pão em pó e maltodextrina) foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade com espessura de 12 µm. As embalagens tinham aproximadamente 15 cm de comprimento e 7 cm de largura, na qual foram termoseladas e realizadas as análises físico química.

Os pós obtidos nas secagens foram analisados quanto ao pH, acidez total titulável, teor de água, sólidos totais, atividade de água, luminosidade, intensidade de vermelho, intensidade

de amarelo, solubilidade e rendimento de acordo com as metodologias descritas nos itens 3.5, 3.7.2 e 3.8.

3.11. Análises dos dados

Os dados experimentais obtidos em triplicata na caracterização física, química e físico-química da polpa de fruta-pão *in natura* foram submetidos ao cálculo das médias e dos desvios padrão.

Os dados da caracterização física, química e físico-química da fruta-pão em pó, foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado 2 x 3 com dois tratamentos (pó coletor e câmara) e três repetições.

Para a análise estatística dos dados da caracterização físico-química durante o armazenamento da fruta-pão em pó foram analisadas aplicando experimento fatorial, 2 x 7 x 3, constituído de 2 pós (pó ciclone e câmara), 7 tempos de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e 3 repetições

Os dados experimentais obtidos na caracterização dos pós de cenoura, chuchu e acerola foram analisados aplicando o delineamento inteiramente casualizado, 2 x 3, com 2 tratamentos (pós com adição de fruta-pão em pó e com adição de maltodextrina) e 3 repetições.

Utilizando-se o programa computacional ASSISTAT, versão 7.7 beta (SILVA, 2012), para se verificar prováveis diferenças estatísticas entre os parâmetros determinados. O teste de comparação entre médias aplicado foi o de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física, química e físico-química da polpa de fruta-pão

Na Tabela 4.1 estão expressos os resultados médios e os desvios padrão encontrados na determinação da caracterização física, química e físico-química da polpa da fruta-pão.

Tabela 4.1 - Caracterização física, química e físico-química da polpa da fruta-pão

Parâmetro	Média e desvio padrão
pH	4,50 ± 0,04
Acidez total titulável (%)	0,18 ± 0,06
Acido ascórbico (mg/100 g)	3,68 ± 0,14
Cinzas (%)	1,24 ± 0,06
Atividade de água (a_w)	0,99 ± 0,00
Teor de água (% b.u.)	67,53 ± 0,20
Sólidos totais (%)	32,46 ± 0,20
Açúcares totais (%)	3,09 ± 0,11
Açúcares redutores (% glicose)	1,90 ± 0,04
Açúcares não-redutores (% sacarose)	1,18 ± 0,07
Amido (%)	66,66 ± 0,68
Luminosidade (L*)	78,13 ± 1,46
Intensidade de vermelho (+a*)	0,13 ± 0,01
Intensidade de amarelo (+b*)	16,96 ± 0,89
Clorofila total (mg/100g)	10,37 ± 0,07
Carotenoides totais (mg/100g)	0,52 ± 0,004
Flavonoides (mg/100g)	34,42 ± 0,01
Antocianinas (mg/100 g)	15,08 ± 0,06

Observa-se que o valor encontrado para o pH da polpa da fruta-pão foi igual a 4,50, classificando-a como uma fruta pouco ácida, fato este comprovado pelo valor obtido para a acidez total titulável que foi de 0,18%.

Bodstein et al. (2015) na caracterização físico química de fruta-pão mencionou 7,12 para o potencial hidrogeniônico e Souza et al. (2012) ao caracterizarem a fruta-pão *in natura*

encontraram valores médios de 6,01 podendo ocorrer a deterioração, crescimento de microrganismos, atividade das enzimas, retenção sabor/odor nos frutos.

No valor da acidez total titulável Moreira et al. (2007) ao caracterizarem físico-quimicamente a polpa da fruta-pão *in natura* observou valor de 0,35 % para a acidez e Ribeiro (2015) média de 0,15% de acidez ao caracterizar a divergência fenotípica de 32 genótipos de fruteira-pão provenientes de municípios do Recôncavo Baiano. Já Souza et al. (2012) encontraram valor médio de 1,64% para a acidez total titulável. A acidez pode indicar um importante fator de qualidade na apreciação e conservação dos frutos.

O teor do ácido ascórbico da fruta-pão foi de 3,68 mg/100 g de polpa, inferior ao descrito na Tabela de Composição de Alimentos, com valor médio de 9,9mg/100g (TACO, 2011). A concentração de ácido ascórbico em frutas e vegetais varia com as condições de crescimento, maturação e tratamento pós-colheita (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). E ainda provavelmente pelo fato da polpa ter sido congelada.

O percentual de cinzas ou resíduo mineral na polpa da fruta-pão foi de 1,24%, superior ao mencionado por Calzavara (1987) na composição química da fruta-pão que foi de 0,59%. O valor descrito por Ribeiro (2015) foi de 0,23% e Bodstein et al. (2015) observaram 0,72% de cinzas. Valor superior foi relatado por Moreira et al. (2007), cujo valor foi de 2,51% de cinzas na caracterização da polpa de fruta-pão. Teores altos de cinzas podem retardar o crescimento microbiano.

A atividade de água para a fruta-pão foi de 0,99, valor considerado para a maioria dos alimentos entre eles frutas e hortaliças. Segundo Ordóñez et al.(2005) a atividade de água em alimentos determina a água que se encontra disponível para o crescimento microbiano e o avanço de diferentes reações químicas e bioquímicas.

A fruta-pão apresentou teor de sólidos totais igual a 32,46% e teor de água equivalente a 67,53%, valor próximo ao encontrado por Moreira et al. (2007), para polpa da fruta-pão de massa, com valor de 66,94% de teor de água, e inferior ao descrito na Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011) para fruta-pão, cujo valor é de 80,9%.

Os açúcares quantificados para a polpa de fruta-pão foi de 3,08% para os açúcares totais, conteúdo de açúcares redutores foi 1,90% glicose e o conteúdo de açúcares não redutores para a fruta-pão foi de 1,18% sacarose, valores estes inferiores aos observados por Ribeiro (2015) cujos valores foram 19% de açúcares totais, 6,08% para conteúdo de açúcares redutores e 8,05% de açúcares não redutores.

Em relação ao teor de amido, a polpa de fruta-pão apresentou altos teores de amido, com valor médio de 66,66%, provavelmente em relação aos teores de sólidos totais. Moreira et al. (2007a) observaram o mesmo comportamento para a fruta-pão *in natura*, 69,15% de amido e 33,06% de sólidos totais.

A cor é um parâmetro que influencia na qualidade e sabor dos alimentos. É um importante atributo de qualidade nos produtos destinados ao processamento (CHITARRA e CHITARRA 2005). Foram determinados os atributos luminosidade (L^*), com valor médio de 78,13, confirmando se a impressão visual transmitida pela cor da polpa.

A intensidade de vermelho ($+a^*$) com valor médio de 0,13, intensidade de amarelo ($+b^*$) com valor médio de 16,96. Observou-se um predomínio no atributo intensidade de amarelo ($+b^*$).

A polpa da fruta-pão apresentou um teor de clorofila total equivalente a 10,37 mg/100g e carotenoides 0,52 mg/100g, observou-se uma pequena quantidade desses compostos, no entanto o teor de clorofila foi maior que o teor de carotenoides, fato este justificado pelo tempo de colheita, uma vez que a fruta-pão é consumida em estágio de maturação não totalmente maduro. A fruta-pão apresentou ainda uma quantidade de flavonoides e antocianinas, 34,42 e 15,08 mg/100g, respectivamente.

4.2. Estudo da otimização da secagem por atomização da polpa de fruta-pão

No planejamento experimental fatorial estudou-se a influência das variáveis de entrada (independentes) temperatura de secagem, vazão da suspensão e concentração de maltodextrina (MD), sobre as variáveis respostas (dependentes) atividade de água, teor de amido (%) e rendimento (%).

A finalidade do planejamento foi avaliar a influência destas variáveis de entrada (independentes) sobre as variáveis respostas (dependentes) para o produto final pó obtido na secagem por atomização, coletado no ciclone.

Na Tabela 4.2 estão expressos os valores codificados e reais das variáveis de estudo das respostas atividade de água (a_w), teor de amido (%) e rendimento (%) obtidos após a secagem por atomização da polpa de fruta-pão coletados no ciclone de acordo com o planejamento experimental.

Tabela 4.2 - Matriz das variáveis independentes e as variáveis dependentes para os ensaios de secagem por atomização da polpa da fruta-pão

Ensaio	Variáveis independentes			Variáveis dependentes		
	T (°C)	W _S (mL/min)	MD (%)	a _w	Amido (%)	R (%)
1	70	4	0	0,326	31,23	23,98
2	90	4	0	0,319	31,26	30,89
3	70	6	0	0,336	32,83	20,32
4	90	6	0	0,202	37,45	28,45
5	70	4	6	0,241	40,83	45,28
6	90	4	6	0,132	27,96	48,80
7	70	6	6	0,214	34,73	55,09
8	90	6	6	0,201	38,24	48,30
9	80	5	3	0,140	41,63	31,54
10	80	5	3	0,201	26,41	24,10
11	80	5	3	0,202	38,28	36,30

T- Temperatura, W_S - vazão da suspensão, MD - concentração maltodextrina, a_w - atividade de água, R - rendimento

Observou-se que a atividade de água da fruta-pão em pó coletada no ciclone variou de 0,132 (Experimento 6) a 0,336 (Experimento 3), teor de amido de 26,41% (Experimento 10) a 41,63% (Experimento 9) e o rendimento de 20,32% (Experimento 3) a 55,09% (Experimento 7). Nota-se que a temperatura apresentou efeito positivo na redução da a_w dos pós, ou seja, maiores temperaturas levaram à produção de pós com menor a_w. Observa-se ainda que no Experimento 4 na temperatura de 90°C, vazão da suspensão de 6 mL/min e 0% de maltodextrina, a fruta-pão em pó apresentou a_w semelhante aos experimentos contendo concentrações de maltodextrina (Experimentos 5, 7, 8, 10 e 11).

Percebe-se que há um aumento no teor de amido e no percentual de rendimento com o aumento da concentração de maltodextrina, verificou-se também que nesses experimentos com maltodextrina os pós apresentaram aspecto seco e caramelizado.

Observou-se que o Experimento 4 a 0% de maltodextrina, na temperatura de 90°C e vazão da suspensão de 6 mL/min, apresentou um pó com a_w e teor de amido (%) iguais ou próximos aos (Experimentos 8 e 11) com adição de maltodextrina.

4.2.1. Atividade de água

A partir dos resultados experimentais obtidos foi possível construir o Diagrama de Pareto conforme Figura 4.1 onde verifica-se que apenas a variável independente concentração de maltodextrina foi estatisticamente significativa sobre a atividade de água ao nível de 90% de confiança. O coeficiente de determinação (R^2) neste caso foi de 0,67 e a qualidade do ajuste de 0,187.

Observa-se ainda que a concentração de maltodextrina teve efeito negativo sobre a atividade de água, ou seja, diminui com o aumento da concentração de maltodextrina.

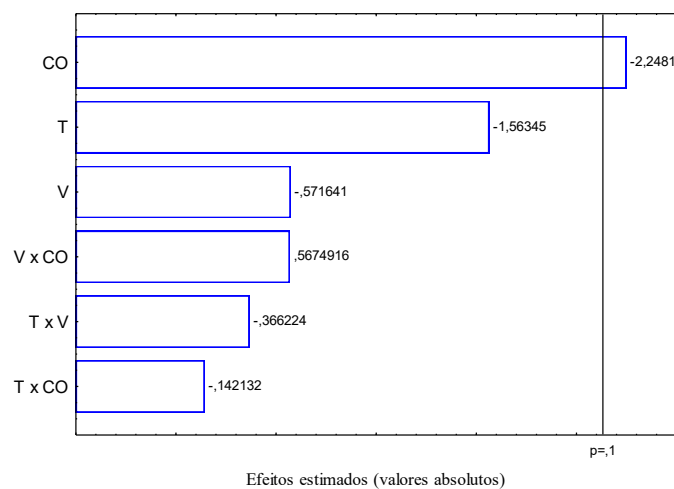


Figura 4.1 - Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta atividade de água da fruta-pão em pó coletada no ciclone

A Tabela 4.3 corresponde à análise de variância ANOVA para atividade de água da fruta-pão em pó coletada no ciclone e ainda exibe o resultado do teste F, o qual representa a razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} .

A atividade de água apresentou regressão em torno de 67,48% e qualidade de ajuste de 18,71%. Observa-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi 1,75 e o valor de F_{tabelado} foi 3,45 a um nível de confiança de 90% ($p \leq 0,1$).

O modelo não é estatisticamente significativo e nem preditivo já que o valor de F_{cal} para a regressão foi menor que o valor de F_{tab} , ou seja, para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também útil para fins preditivos, o valor de F calculado para a regressão deve ser no mínimo quatro vezes o valor de F tabelado (BARROS NETO et al.,2003).

Sempre que a relação $F_{\text{calc}}/F_{\text{tab}}$ da regressão for maior que 1 a regressão será estatisticamente significativa havendo relação entre as variáveis independentes e as dependentes. A falta de ajuste se apresentou não significativa, uma vez que o F calculado foi inferior ao F tabelado.

Melo (2012) utilizando um planejamento experimental na secagem por aspersão da polpa de atemóia, para o pó coletado no ciclone verificou que F_{calc} foi menor que o F_{tab} confirmando que os parâmetros estudados não foram significativos com coeficiente de determinação (R^2) de 83,22% indicando boa precisão.

Tabela 4.3 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para atividade de água da fruta-pão em pó

	S.Q	GL	M.Q	F_{cal}	F_{tab}*	F_{cal}/F_{tab}
Regressão	0,036	5	0,0073	1,75	3,45	0,51
Resíduo	0,020	5	0,0042			
Falta de Ajuste	0,002	1	0,0022	0,48	4,54	0,10
Erro Puro	0,0185	4	0,0046			
Total	0,0571	10				

$R^2 = 0,67485$, Qualidade de ajuste = 0,1871, *Valores tabelados de F a $p \leq 0,10$. SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática, F_{cal} - $F_{\text{calculado}}$, F_{tab} - F_{tabelado}

Na Figura A1 (Apêndice A) encontra-se o gráfico dos valores observados em função dos valores preditos para a atividade de água da fruta-pão em pó coletado no ciclone.

4.2.2. Teor de amido

Na Figura 4.2 encontra-se o Diagrama de Pareto, uma das formas de se avaliar visualmente a influência dos fatores estudados na resposta.

Os efeitos dos parâmetros avaliados e sua interação não foram significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$), o que pode ser observado no diagrama.

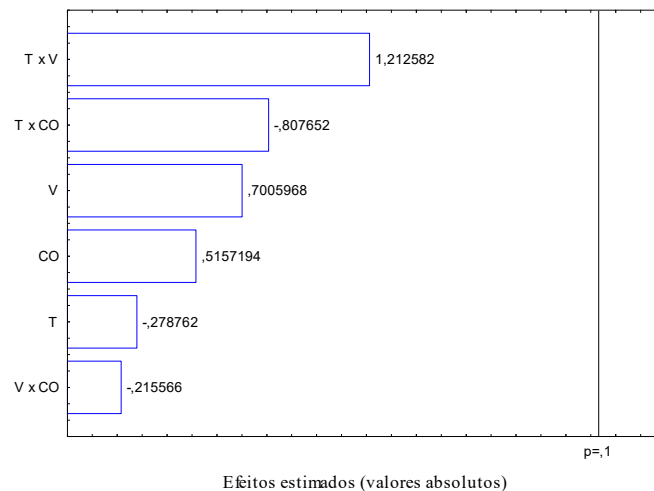


Figura 4.2 - Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta teor de amido da fruta-pão em pó coletada no ciclone

Na Tabela 4.4 encontra-se a análise de variância do teor de amido (%) da fruta-pão em pó coletado no ciclone. Analisando a tabela, verifica-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} , confirmando que os parâmetros estudados não foram significativos. O coeficiente de determinação ($R^2 = 42,88\%$) encontrado foi muito baixo, indicando pouca precisão.

Tabela 4.4 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o teor de amido (%) da fruta-pão em pó coletada no ciclone

	S.Q	GL	M.Q	F_{cal}	F_{tab}^*	$F_{\text{cal}}/F_{\text{tab}}$
Regressão	30,946	5	6,189	0,14	3,45	0,04
Resíduo	228,770	5	45,754			
Falta de Ajuste	80.438	1	80,438	2,17	4,54	0,48
Erro Puro	148.332	4	37,083			
Total	259,717	10				

$R^2 = 0,4288$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,10$. SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática, F_{cal} - F calculado, F_{tab} - F tabelado

Na Figura A2 (Apêndice A) encontra-se o gráfico dos valores observados em função dos valores preditos para o teor de amido (%) da fruta-pão em pó coletado no ciclone.

4.2.3. Rendimento

Na Figura 4.3 tem-se o Diagrama de Pareto para a variável de estudo rendimento (%) para a fruta-pão em pó coletado no ciclone onde verificou-se que apenas a variável independente concentração de maltodextrina teve o efeito que mais influenciou no rendimento do pó, tornando-se assim efeitos significativos ao nível de 90% de confiança ($p \leq 0,10$). O coeficiente de determinação (R^2) neste caso foi de 0,86 e a qualidade do ajuste de 0,64. Observa-se que a concentração de maltodextrina tem efeito positivo sobre o rendimento.

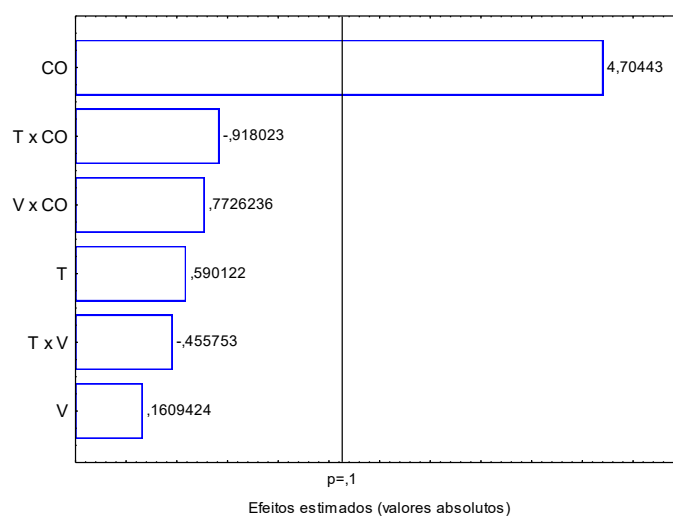


Figura 4.3 - Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta rendimento (%) da fruta-pão em pó coletada no ciclone

A Tabela 4.5 corresponde à análise de variância ANOVA para o rendimento da fruta-pão em pó coletada no ciclone.

Observa-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi 3,99 um pouco maior que o valor de F_{tabelado} 3,45 a um nível de confiança de 90% ($p \leq 0,10$). No entanto o modelo não é preditivo, visto que, para ser preditivo o valor de F_{calc} tem que ser quatro vezes maior que o F_{tab} . Observa-se também que o modelo é estatisticamente significativo já que o valor de $F_{\text{cal}}/F_{\text{tab}}$ para a regressão foi 1,16 maior que um. A falta de ajuste se apresentou não significativa, uma vez que o F calculado foi inferior ao F tabelado. O coeficiente de determinação $R^2 = 85,79\%$ indicando razoável precisão. Tonon (2009) no estudo da secagem por atomização do suco de açaí utilizando o planejamento experimental verificou que a temperatura apresentou um efeito positivo sobre o rendimento, ou seja, o uso de temperaturas mais altas resultou em processos com maior rendimento, enquanto a vazão mássica e a concentração de agente carreador apresentaram efeito negativo sobre esta resposta, ou seja, o

aumento nesses parâmetros resultou em menores valores de rendimento. Melo (2012) utilizando um planejamento experimental na secagem por aspersão da polpa de atemoia verificou as variáveis independentes: temperatura de entrada ($^{\circ}\text{C}$) e vazão da suspensão (Lmin^{-1}) sobre a variável resposta: rendimento (%) não foi significativo ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Tabela 4.5 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o rendimento (%) da fruta-pão em pó coletada no ciclone

	S.Q	GL	M.Q	F_{cal}	F_{tab}*	F_{cal}/F_{tab}
Regressão	1119,11	5	223,82	3,99	3,45	1,16
Resíduo	280,82	5	56,16			
Falta de Ajuste	81,91	1	81,91	1,65	4,54	0,36
Erro Puro	198,90	4	49,72			
Total	1399,93	10				

$R^2 = 0,85792$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,10$. SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática, F_{cal} - F calculado, F_{tab} - F tabelado

Na Figura A3 (Apêndice A) encontra-se o gráfico dos valores observados versus os valores preditos para o rendimento (%) da fruta-pão em pó coletado no ciclone.

Analisando as amostras em pó dos diferentes experimentos coletados no ciclone, obtidos pela secagem por atomização utilizando o planejamento experimental fatorial, pode-se definir a partir dos dados obtidos dos parâmetros estudados: atividade de água, teor de amido (%) e rendimento (%), como sendo a melhor condição de secagem a temperatura mais alta e a adição de maltodextrina, visto que, a a_w foi influenciada positivamente pelo aumento da temperatura e adição de maltodextrina, onde observou a menor atividade de água. A maltodextrina é positiva para a a_w , pois tem baixa higroscopicidade, no entanto, com os valores de amido e rendimento não é possível representa-lo através de um planejamento. Porém a secagem foi realizada sem adição de maltodextrina, na temperatura de 90°C e na vazão de suspensão de 6 mL/min , visto que nessas condições o pó não apresentou aspecto seco e caramelizado.

4.3. Caracterização física, química e físico química da fruta-pão em pó selecionada

Objetivando a secagem da polpa da fruta-pão para fins industriais, atuando como adjuvante de secagem realizou-se a desidratação em secador por atomização, por ser um processo rápido garantindo maior estabilidade do produto. Após a secagem, tendo em vista que a fruta-pão em pó desidratada nesse processo sem adição de maltodextrina obteve na secagem dois tipos de pós: coletados no ciclone (selecionado no planejamento “Experimento 4” para utilizá-lo como adjuvante) e na câmara de secagem, resolveu-se caracterizá-los física, química e físico-quimicamente, por ser uma pesquisa pioneira na secagem por atomização da polpa de fruta-pão.

A caracterização física, química e físico-química da fruta-pão em pó selecionada no planejamento experimental (Experimento 4) está apresentada na Tabela 4.6 na qual encontram-se os valores médios e o desvio padrão da caracterização da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem.

Comparando-se os parâmetros obtidos para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem, observa-se que as médias não diferem estatisticamente entre si, para o pH, acidez, densidade absoluta, porosidade e a solubilidade de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que os valores médios para o parâmetro pH, foram próximos embora o pó coletado na câmara de secagem apresentou pH menor, sendo mais ácido. Cavalcanti et al. (2011) na determinação da composição centesimal do amido de manga, observaram valores médios de 4,48 para o pH. Silva (2010) ao caracterizar cultivares de batata doce, verificou que as cultivares Brazlândia Branca e Brazlândia Rosa, apresentaram valores superiores de 5,4 e 5,5, respectivamente, classificando-os como pouco ácidos. Souza et al. (2012) ao caracterizarem a farinha de fruta-pão, observaram um valor médio para o pH de 5,55. Cavalinni (2015) ao caracterizar farinha de trigo e farinha de fruta-pão obteve valores médios para o parâmetro pH de 5,94 e 6,34, respectivamente.

Para a acidez total titulável dos pós da fruta-pão observa-se que não houve diferença entre o pó coletado no ciclone e na câmara de secagem, cujos valores foram de 0,67 e 0,73, respectivamente, como já era de se esperar levando em consideração o potencial hidrogeniônico. Para se dissolver em meio aquoso, as gomas dependem das propriedades do meio, ou seja, pH, presença de ions e temperatura (RIBEIRO E SERAVALLI, 2007).

Tabela 4.6 - Caracterização física, físico-química e química da fruta-pão em pó coletadas no ciclone e na câmara de secagem

Parâmetros	Médias e desvio padrão	
	Ciclone	Câmara
pH	4,44 ± 0,04a	4,16 ± 0,35a
Acidez total titulável (%)	0,67 ± 0,03a	0,73 ± 0,03a
Teor de água (%)	3,54 ± 0,31b	4,77 ± 0,08a
Sólidos totais (%)	96,45 ± 0,30a	95,22 ± 0,08b
Sólidos solúveis totais (°Brix)	2,00 ± 0,00b	3,00 ± 0,00a
Atividade de água (a _w)	0,12 ± 0,00b	0,19 ± 0,00a
Açúcares redutores (% glicose)	1,93 ± 0,0b	4,46 ± 0,34a
Açúcares não redutores (% sacarose)	2,33 ± 0,09b	11,07 ± 2,98a
Açúcares totais (%)	4,27 ± 0,09 b	15,54 ± 2,63a
Acido ascórbico (mg/100g)	19,62 ± 0,0b	26,28 ± 0,0a
Amido (%)	91,53 ± 0,00a	44,39 ± 2,40b
Cinzas (%)	1,28 ± 0,03b	1,91 ± 0,05a
Luminosidade (L*)	82,68 ± 0,13a	79,20 ± 0,18b
Intensidade de vermelho (+a*)	0,29 ± 0,06 b	1,33 ± 0,03a
Intensidade de amarelo (+b*)	13,31 ± 0,48b	16,84 ± 1,20a
Densidade aparente (g/cm ³)	0,50 ± 0,00a	0,40 ± 0,00b
Densidade ap. compactada (g/cm ³)	0,57 ± 0,00a	0,44 ± 0,00b
Densidade Absoluta (g/cm ³)	1,94 ± 0,63a	1,46 ± 0,20 a
Porosidade (%)	71,76 ± 10,58a	72,13 ± 3,57a
Higroscopicidade (%)	2,48 ± 0,03a	2,25 ± 0,08b
Molhabilidade (g/min)	3,70 ± 0,30b	8,05 ± 1,40a
Solubilidade (%)	7,91 ± 1,38 a	8,15 ± 0,86a

As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na avaliação do teor de água, observa-se que a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem diferiram entre si, cujos valores médios foram 3,54 e 4,77, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos observados por Moreira et al. (2007) de 13,07% de umidade para o amido de fruta pão. Por outro lado, Souza et al. (2012) na determinação da composição da farinha de fruta-pão, observaram 9,41% de umidade;

Cavalinni (2015) na caracterização da composição da farinha de fruta-pão, obteve valor médio, equivalente a 6,91% de umidade; Beterro (2014) ao comparar os valores médios da composição nutricional entre farinha de fruta-pão e a farinha de milho, mencionou valores médios de umidade de 11,78 e 11,80 % respectivamente.

A água é um dos fatores que mais influencia na deterioração dos alimentos, observou-se que a fruta-pão em pó coletada no ciclone obteve um teor de água inferior quando comparado com a fruta-pão em pó coletada na câmara de secagem, provavelmente devido ao tamanho das partículas do pó da câmara e ao fato das amostras em pó permanecerem mais tempo recebendo calor e umidade ao mesmo tempo.

Este fato também foi observado por Sousa et al. (2015) na análise da umidade do pó de atemóia coletado no ciclone e na câmara de secagem, verificando que a umidade do pó coletado na câmara de secagem foi 179,59% maior do que a umidade do pó coletado no ciclone. Mendes et al. (2015) na avaliação da composição centesimal do amido de sementes de manga, mencionaram valor médio de 10,30% para o teor de água.

No percentual de sólidos totais observa-se que como o teor de água, os valores médios dos sólidos totais diferiram entre si. A fruta-pão em pó coletada no ciclone apresentou maior teor de sólidos totais em relação ao pó obtido na câmara de secagem, cujos valores médios foram 96,45 e 95,22%, respectivamente.

A fruta-pão em pó possui alto teor de sólidos totais, resultando em um maior rendimento e uma menor quantidade de água.

Ao analisar os sólidos solúveis totais (°Brix) observa-se que a fruta pão em pó coletada no ciclone concentra menor teor de sólidos solúveis totais em relação ao pó coletada na câmara de secagem.

Observa-se que houve diferença na atividade de água entre os pós coletados no ciclone e na câmara de secagem, cujos valores foram equivalentes a 0,12 e 0,19, respectivamente. Relacionando com os valores obtidos para o teor de água, como já era de se esperar, observa-se que o pó coletado na câmara apresenta maior atividade de água. Segundo Gomes e Oliveira (2012) valores de a_w de 0,2 a 0,3 são ótimos para alimentos desidratados, proporcionando vida útil máxima, pois acima desse valor reações químicas começam a ocorrer. Zotarelli (2014) na caracterização de manga em pó na secagem por atomização obteve valor médio de 0,17 para a atividade de água, valor este próximo ao observado nessa pesquisa para o pó coletado na câmara de secagem.

Observa-se que ocorreu uma menor concentração dos açúcares na fruta-pão em pó coletado no ciclone, cujos valores médios foram 1,93% glicose, 2,33% sacarose, tornando-se menos calórico quando comparado ao pó da câmara de secagem.

Os resultados dos valores de ácido ascórbico mostram que o pó coletado na câmara de secagem apresentou teor de 26,28 mg/100g sendo maior que o pó do ciclone, provavelmente esta diferença deve-se as partículas da câmara de secagem serem maiores, preservando mais o ácido ascórbico. Sousa et al. (2015) também observaram que o pó coletado na câmara de secagem possui maiores teores de ácido ascórbico, comparado com o pó coletado no ciclone.

Na determinação do percentual de amido, observa-se que o pó obtido no ciclone possui uma maior quantidade de amido, com um percentual de 91,51%, provavelmente pelo fato do pó do ciclone apresentar maior teor de sólidos totais. No entanto o pó da câmara apresentou também um valor médio de 44,39%, devido ao fato da polpa de fruta-pão concentrar grandes teores de amido. Moreira et al. (2007) na obtenção e caracterização físico-química do amido de fruta-pão mencionaram 90,18% de amido.

Em relação aos minerais observa-se que a fruta-pão em pó coletada na câmara de secagem apresentou um maior percentual de minerais 1,91% cinzas, comparado com o pó coletado no ciclone 1,28 % cinzas. Cavallini (2015) na caracterização físico-química de farinha de fruta pão encontrou 2,19% para o percentual de cinzas, e para a mistura farinha de trigo com (20%) farinha de fruta-pão obteve 0,86% de cinzas. Malamo et al. (2011) na avaliação da composição centesimal para farinha de fruta-pão mencionaram 2,69% para o teor de cinzas. Sousa et al. (2015) na determinação do conteúdo de minerais também encontraram percentual superior para o pó coletado na câmara de secagem em relação ao pó coletado no ciclone na secagem por aspersão de atomóia.

Na determinação da cor da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem, foram analisados as variáveis L* (Luminosidade), + a* (Intensidade de vermelho) e (+b*) Intensidade de amarelo. A coordenada L* representa quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada de cromaticidade +a* pode assumir valores de -80 (verde) a +100 (vermelho) e a coordenada de cromaticidade b* pode variar de -50 (azul) a +70 (amarelo) (ALVES et al., 2008). No parâmetro luminosidade (L*) observa-se que a fruta pão em pó coletada no ciclone apresentou coloração mais clara tendendo a branco quando comparada com a fruta-pão em pó obtida na câmara de secagem, com valor médio de 82,68. Essa evidência ocorre devido o pó obtido no ciclone, através de uma secagem instantânea, ter menor tempo de contato com as

paredes da câmara de secagem, preservando suas propriedades físico-química. Cavallini (2015) na determinação do parâmetro luminosidade para a farinha de fruta pão mencionou valores médios de 92,22.

Para a Intensidade de vermelho (+a*) avaliada nessa pesquisa observa-se que houve diferença entre a fruta-pão em pó coletada no ciclone e a fruta-pão em pó coletada na câmara de secagem, cujos valores foram 0,29 e 1,33 respectivamente. O pó coletado na câmara apresentou maior intensidade de vermelho. Cavallini (2015) na determinação do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) para a farinha de fruta pão e para a farinha de trigo mencionou valores próximos a zero e positivas, 0,03 e 0,57, respectivamente.

Para o parâmetro Intensidade de amarelo (+b*) ao se avaliar as amostras de fruta pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem, observa-se que o pó da câmara concentra maior intensidade de amarelo, cujo valor médio foi de 16,84. Ao avaliar a intensidade de amarelo Cavallini (2015), mencionou valor médio de 10,13 para a farinha de fruta-pão desidratada em bandejas em secador com circulação de ar.

Em relação à cor, pode-se analisar que a fruta-pão em pó coletada no ciclone apresentou coloração mais clara tendendo a branco, e a fruta-pão coletada na câmara de secagem apresentou uma coloração clara e amarelada.

Na determinação da densidade aparente dos pós observa-se que houve diferença entre a fruta-pão em pó coletada no ciclone e a fruta-pão coletada na câmara, com valores médios de 0,50 e 0,40 g/cm³, respectivamente. O pó coletado no ciclone apresenta-se com maior densidade aparente, cujos valores foram próximos aos mencionados por Souza et al. (2012) na avaliação físico-química da farinha instantânea de fruta-pão, com valores médios de 0,61g/cm³ para a densidade aparente. Sousa et al. (2015) na determinação da densidade aparente do pó coletado no ciclone e do pó coletado na câmara observaram também diferença estatística entre eles, o pó do ciclone apresentou maior densidade aparente com valores médios de 0,560 e 0,458 g/cm³ na atemoia em pó, observa-se ainda que esses valores são próximos aos encontrados nessa pesquisa. Tonon (2009) na determinação da densidade aparente em fécula de mandioca mencionou valores de 0,48g/cm³. Em relação a densidade compactada observa-se que as médias diferiram entre si, cujos valores foram 0,57 e 0,44 g/cm³, para o pó coletado no ciclone e na câmara, respectivamente.

Na determinação da densidade absoluta observa-se que a fruta-pão em pó coletada no ciclone quando comparada com o pó da câmara apresentou uma densidade maior, cujos valores médios foram de 1,94 e 1,46g/cm³, respectivamente. Sousa et al. (2015) na

determinação da densidade absoluta para o pó de atemoia também observaram o mesmo comportamento, o pó coletado no ciclone possui a maior densidade absoluta, ($1,419 \text{ g/cm}^3$) em relação ao pó da câmara ($1,262 \text{ g/cm}^3$). Na determinação da densidade absoluta de diferentes agentes carreadores Tonon (2009), encontrou valores de $1,53 \text{ g/cm}^3$ para a maltodextrina 10DE, $1,51 \text{ g/cm}^3$ para a maltodextrina 20DE e para a fécula de mandioca é de $1,49 \text{ g/cm}^3$ para a goma arábica. Estes valores foram próximos aos observados neste experimento para o pó coletado na câmara de secagem.

Nos resultados da porosidade para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem, observa-se que as médias não diferiram estatisticamente entre si, no entanto o pó coletado na câmara de secagem apresenta-se mais poroso com um valor médio de 72,13%. O pó coletado no ciclone fica mais compactado devido à rapidez no processo de secagem por atomização. Sousa et al. (2015) na determinação da porosidade de pós coletados no ciclone e na câmara observaram maior porosidade para o pó coletado na câmara de secagem com valor médio de 63,69%. Tonon (2009) na determinação da porosidade de fécula de mandioca encontrou valor médio de 68,33%.

A higroscopicidade é a habilidade do pó em absorver umidade do ambiente com alta umidade relativa (Costa, 2012). Analisando os dados obtidos para a higroscopicidade da fruta pão em pó observa-se que os valores foram muito próximos, com médias de 2,48 e 2,25%, respectivamente. De acordo com a classificação para pós da GEA Niro Research Laboratory (2010), os pós obtidos neste experimento podem ser classificados como não higroscópicos, por apresentarem valores menores que 10%.

A molhabilidade é uma análise que fornece o tempo necessário para que uma amostra em pó absorva o líquido. Nos resultados obtidos para a molhabilidade da fruta-pão em pó (ciclone e câmara) pode-se observar que o pó coletado na câmara de secagem apresentou menor tempo para imergir no líquido. A porosidade de um pó facilita à penetração do líquido nos seus interstícios, promovendo molhabilidade mais rápida.

Ao analisar a solubilidade da fruta-pão em pó, observa-se que não houve diferença entre as médias, cujos percentuais médios foram 7,91 e 8,15%, para o pó do ciclone e da câmara respectivamente.

Na Tabela 4.7 estão apresentados os valores médios dos minerais (potássio, cálcio, fósforo, silício e ferro) da fruta pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem.

Observa-se que o pó coletado no ciclone apresentou maior concentração de cálcio ($555,07 \text{ mg/100g}$), fósforo ($340,77 \text{ mg/100g}$), silício ($136,35 \text{ mg/100g}$). Enquanto que o pó

obtido na câmara de secagem apresentou maior concentração de potássio (1608,25 mg/100g) e ferro (42,20 mg/100g). Moreira et al. (2007 b) constataram em relação ao teor de minerais no amido de fruta-pão que o mesmo apresentou cálcio (319,54 mg/100g), potássio (100,00 mg/100g), fósforo (58,23 mg/100g), magnésio (44,44 mg/100g) e cobre (21,71 mg/100g). Estas diferenças na composição observadas nos pós de fruta-pão coletados no ciclone e na câmara de secagem em relação a pós de fruta-pão obtidos por outros autores, provavelmente deve-se a região, ao solo, clima e tempo de colheita.

Tabela 4.7 - Composição mineral da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem

Parâmetros	Médias e desvio padrão	
	Ciclone	Câmara
K (mg/100g)	933,18 ± 0,00 b	1608,25 ± 1,09 a
Ca (mg/100g)	555,07 ± 0,06 a	277,65 ± 0,56 b
P (mg/100g)	340,77 ± 0,02 a	163,56 ± 0,03b
Si (mg/100g)	136,06 ± 0,06 a	79,38 ± 0,40 b
Fe (mg/100g)	20,65 ± 0,05 b	42,20 ± 0,17 a

As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 4.8 estão apresentados os valores médios dos compostos bioativos clorofila, carotenoides, flavonoides e antocianinas da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem.

Tabela 4.8 - Compostos bioativos da fruta-pão em pó coletadas no ciclone e na câmara de secagem

Parâmetros	Médias e desvio padrão	
	Ciclone	Câmara
Clorofila (mg/100g)	24,18 ± 0,08 a	18,22 ± 0,27 b
Carotenóides (mg/100g)	0,49 ± 0,04 a	0,60 ± 0,18 a
Flavonóides (mg/100g)	25,46 ± 0,14 a	9,10 ± 0,03 b
Antocianinas (mg/100g)	16,07 ± 0,05 a	11,95 ± 0,50 b

As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se que o teor de clorofila total da fruta-pão em pó coletada no ciclone foi maior que o pó da câmara de secagem. Comportamento este também observado nos parâmetros flavonoides e antocianinas. Verifica-se que a fruta pão em pó coletada no ciclone preservou melhor a clorofila, flavonoides e antocianinas quando comparado com o pó coletado na câmara de secagem, fato este provavelmente devido ao pó obtido na câmara de secagem permanecer mais tempo recebendo calor, em razão do maior tempo de permanência na câmara de secagem.

As antocianinas são pigmentos encontrados em vegetais e são facilmente degradada por influência de vários fatores como pH, temperatura, ácido ascórbico, oxigênio e dióxido de enxofre (RIBEIRO e SERAVALLI 2007).

4.4. Caracterização física, química e físico-química da fruta-pão em pó durante o armazenamento

A fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem selecionada no planejamento (Experimento 4) foram submetidas às análises físicas, químicas e físico-químicas, após a secagem, no tempo igual a zero dia, que corresponde ao período de armazenamento 0 (zero), durante os 180 dias de armazenamento com intervalos de 30 dias.

Nas Tabelas B1 e B2 (APENDICE B) encontram-se a análise de variância para os parâmetros avaliados durante o armazenamento.

Na Figura 4.4 tem-se a representação do comportamento da atividade de água (a_w) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem avaliados durante o armazenamento.

Para a atividade de água do pó coletado no ciclone observa-se um pequeno acréscimo durante o armazenamento os quais foram menores que os observados no pó coletado na câmara de secagem durante o armazenamento. As médias encontradas para a a_w durante o armazenamento foram menores que 0,3, sendo considerados valores ótimos para alimentos desidratados.

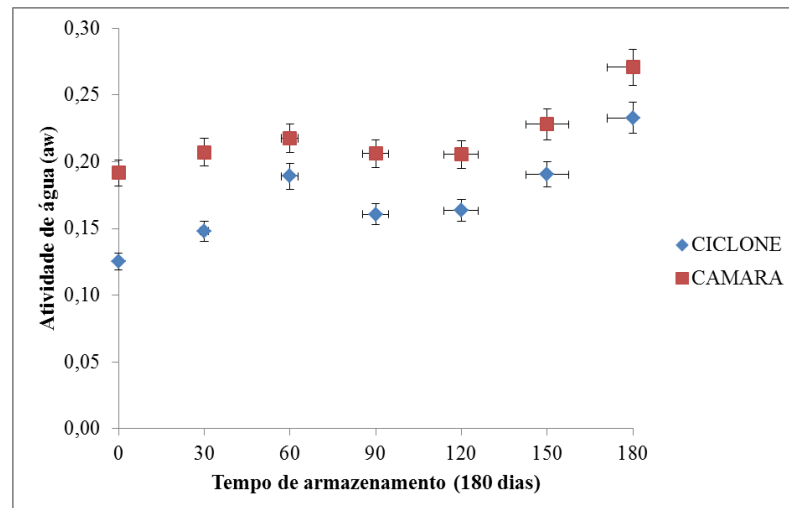


Figura 4.4 - Atividade de água para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Na Figura 4.5 tem-se a representação do comportamento da acidez durante o armazenamento.

Observa-se que, a média percentual da acidez total titulável para o pó coletado no ciclone e na câmara permaneceram constante até os 60 dias de armazenamento, com oscilações a partir dos 90 dias de armazenamento. Aos 90 dias houve aumento na acidez, que está relacionado com a diminuição do pH. Aos 120 dias constata-se tendência de redução da acidez em relação ao tempo de armazenamento (90 dias). Segundo Gomes e Oliveira (2012) a acidez é um índice que representa o estado de conservação das farinhas envolvendo tanto aspectos químicos quanto microbiológicos, pois o crescimento microbiológico envolve produção de ácidos orgânicos e hidrólise de proteínas e carboidratos. É um bom indicador de qualidade, poupando tempo e gastos com análises microbiológicas de maior complexibilidade.

Segundo Ortolan et al. (2010 apud CAVALLINI 2015) a acidez de farinhas pode aumentar com o seu armazenamento devido a ocorrência de fenômenos como hidrólise gradual de lipídios, produzindo ácidos graxos; hidrólise de proteínas, produzindo aminoácidos ou produtos intermediários da decomposição de proteínas.

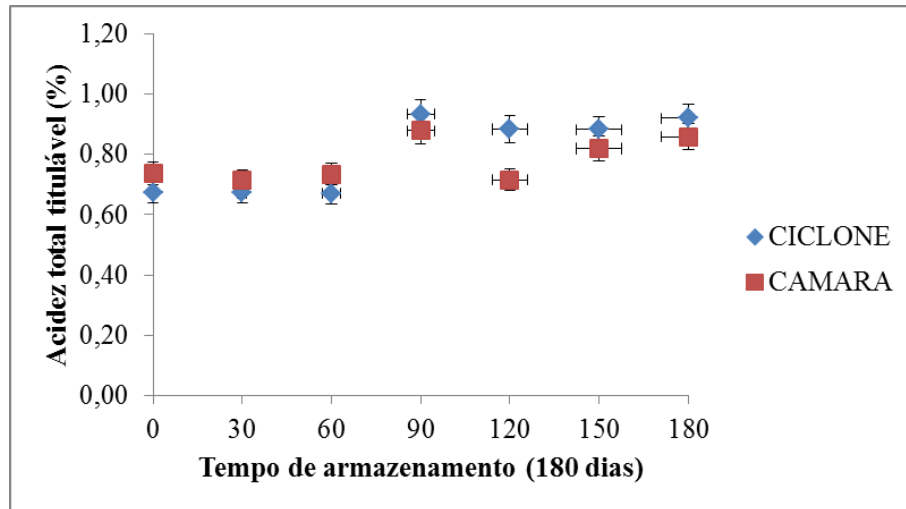


Figura 4.5 - Acidez total titulável para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Na Figura 4.6 tem-se a representação gráfica do pH da fruta-pão em pó, observa-se que para ambos os pós houve um acréscimo do pH aos 60 dias.

Observa-se que durante o armazenamento ocorreu um pequeno decréscimo do pH aos 90 dias para ambos os pós ocasionando um pequeno aumento de acidez. Assim como a fruta-pão *in natura* a fruta pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem no final do armazenamento permaneceram com pH menor que 4,5 classificando os pós como pouco ácidos.

Constata-se uma tendência de aumento do pH para as amostras em pó coletados no ciclone e na câmara de secagem aos 120 e 150 dias de armazenamento. O aumento do pH pode está relacionado aos processos de decomposição das amostras, seja por oxidação, fermentação ou hidrólise, que altera a conservação dos íons de hidrogênio.

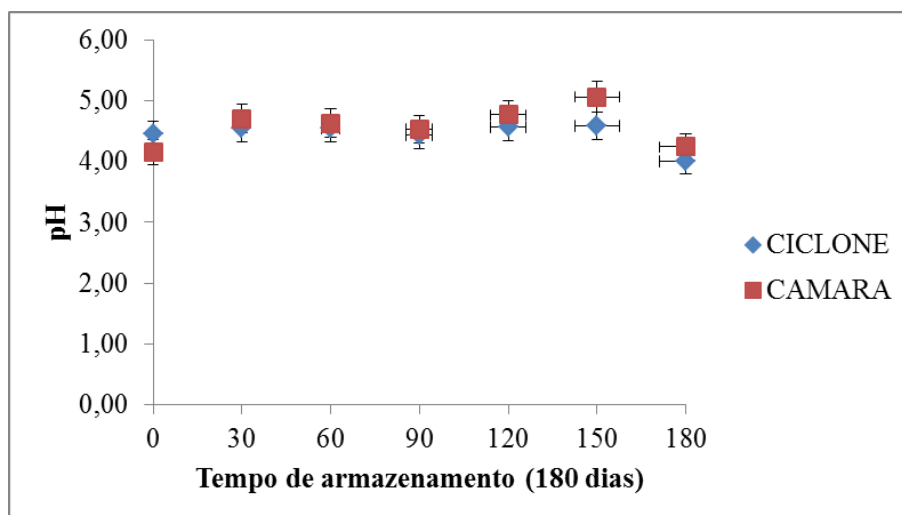


Figura 4.6 - pH para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Na Figura 4.7 têm-se os valores experimentais do teor de água da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Analisando-se os teores de água observa-se que houve aumento para ambos os pós durante o armazenamento, a fruta-pão em pó coletada no ciclone apresentou valor de 3,5% no tempo 0, aos 180 dias de armazenamento observou-se uma média de 6,7% no teor de água. O pó coletado na câmara de secagem também apresentou um acréscimo durante o armazenamento, com valores de 4,7% no início do armazenamento e de 7,3% ao término do armazenamento. Verifica-se que esses teores aumentaram significativamente com o decorrer do tempo do armazenamento, indicando que provavelmente a embalagem utilizada favoreceu a difusão de água do ambiente para os pós. A absorção de água pelas amostras ocorreram devido às condições ambientais de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento.

A ANVISA (1978) onde delimita uma umidade máxima de 14% para todos os tipos de farinha de mandioca e farinha de milho. Baseando-se nesse valor a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara encontram-se dentro da faixa do teor de água boa para o armazenamento.

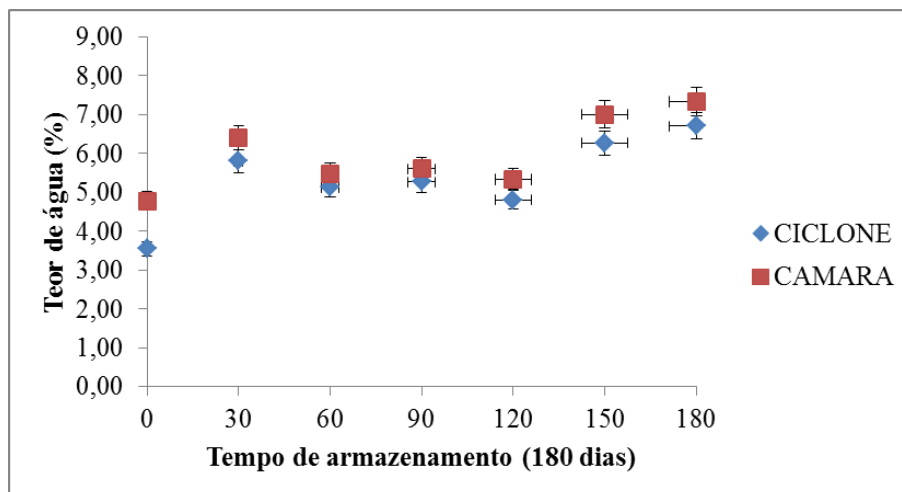


Figura 4.7 – Teor de água para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Na Figura 4.8 encontram-se as médias dos teores dos sólidos totais da fruta-pão em pó coletados no ciclone e na câmara de secagem analisados durante o armazenamento. Observa-se como consequência do acréscimo nos teores de água, uma redução nos teores de sólidos totais possivelmente em relação a hidrólise das proteínas e dos carboidratos.

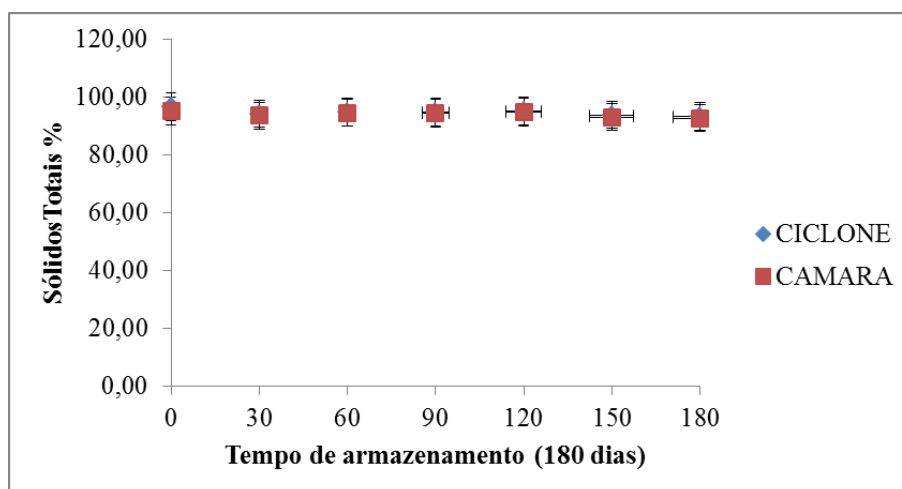


Figura 4.8 - Sólidos totais para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Na Figura 4.9 estão apresentados os valores médios para o teor de amido (%) da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem. Ao analisar os teores de amido da fruta-pão em pó a cada 30 dias durante os 180 dias de armazenamento, observa-se que houve uma maior concentração do amido no pó coletado no ciclone. Houve uma redução nos teores de amido aos 180 dias de armazenamento, esse decréscimo pode estar relacionado com o pH,

com a diminuição na percentagem de sólidos totais e com o aumento nos teores de água durante o armazenamento.

Moreira et al. (2006) na determinação da composição nutricional da farinha de fruta-pão mencionaram um valor de 78,88% de amido. A ANVISA (1978) delimita um percentual mínimo de 70% de amido para a farinha de mandioca.

Para a fruta-pão em pó coletada na câmara de secagem observa-se que houve também redução no teor de amido que pode está relacionada com o acréscimo do teor de água e da atividade de água da amostra durante o armazenamento. Gurjão (2011) na determinação dos teores de amido da farinha de semente de abóbora avaliados durante 180 dias de armazenamento, também mencionou oscilações e declínio nos teores de amido no período de armazenamento.

Comparando-se as médias dos teores de amido entre o pó coletado no ciclone e na câmara de secagem observa-se que apresentaram valores diferentes e redução nos teores durante o armazenamento.

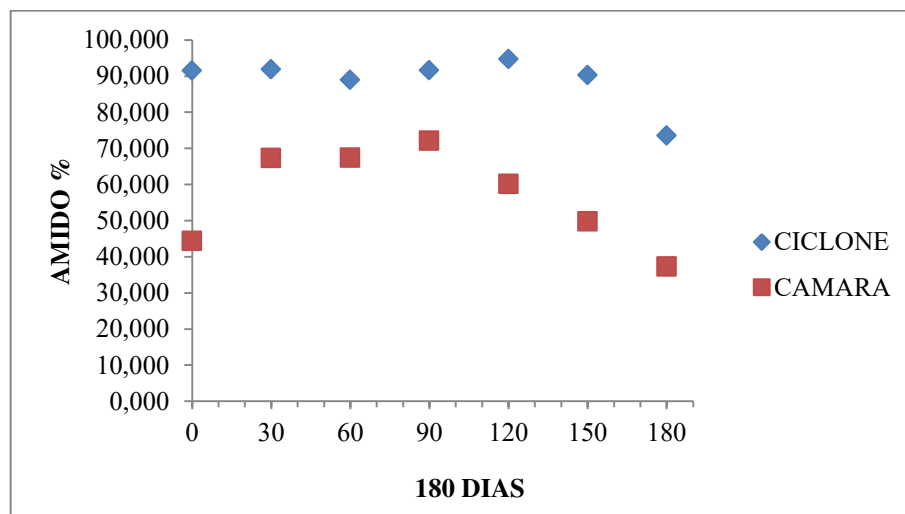


Figura 4.9 – Teor de amido (%) para a fruta-pão em pó coletado no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Os teores dos sólidos solúveis totais (°Brix) da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem avaliados durante os 180 dias de armazenamento estão apresentados na Figura 4.10.

Observa-se diminuição nos teores de sólidos solúveis totais no pó do ciclone a partir dos 120 dias, permanecendo constante até os 180 dias do armazenamento.

Para a fruta-pão em pó coletada na câmara de secagem, observa-se que permaneceu constante nos primeiros 30 dias de armazenamento, observando-se uma redução a partir dos

30 dias até os 90 dias de armazenamento, permanecendo constante dos 90 aos 180 dias. Comparando-se os pós do ciclone e da câmara durante os 180 dias, pode se observar valores muito próximos durante o armazenamento, e aos 150 e 180 dias apresentaram valores iguais.

Os sólidos solúveis totais reduziram durante a estocagem dos pós, atingindo valores estatisticamente diferentes no final do período de armazenamento. Estas reduções possivelmente foram devido ao aumento do teor de água durante o armazenamento, em especial pela diluição dos carboidratos solúveis.

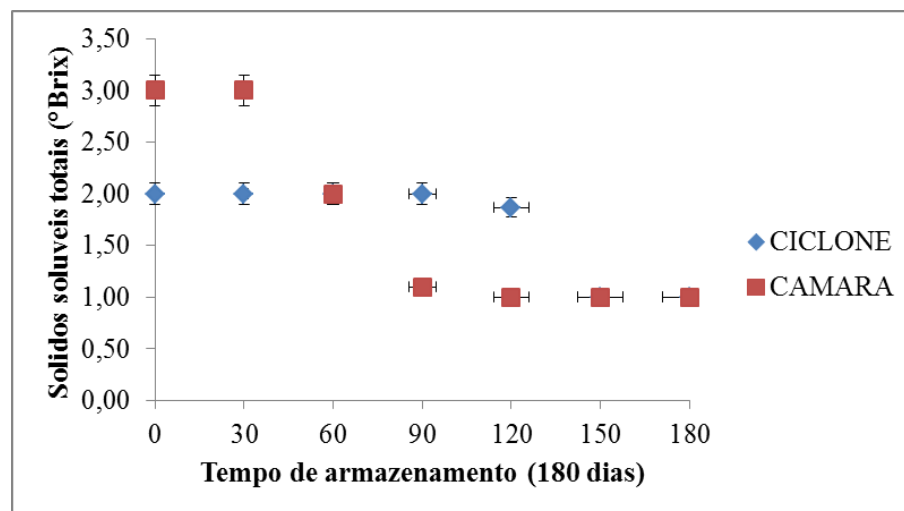


Figura 4.10 - Sólidos solúveis totais (°Brix) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Na Figura 4.11 encontra-se os valores médios para o parâmetro luminosidade (L^*) na fruta pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem avaliados durante 180 dias de armazenamento.

Para a fruta-pão em pó coletada no ciclone observa-se para a Luminosidade que houve tendência de aumento da luminosidade (L^*) com o tempo de armazenamento em relação ao início do armazenamento. Esse pequeno aumento na Luminosidade pode se interpretar que houve um clareamento da amostra em razão de que quando o valor $L^* = 100$ a cor é branca. Gurjão (2011) ao avaliar o comportamento de farinha de semente de abóbora durante 180 dias de armazenamento mencionou tendência de aumento da luminosidade durante os dias de armazenamento.

No pó coletado na câmara, observou-se que houve clareamento da amostra durante o armazenamento, observou também que seus valores oscilaram aos 60 dias, 120 a 180 dias de armazenamento,

Pode se afirmar que ambas as amostras houve tendência a clarear durante o armazenamento em relação ao início do armazenamento (tempo 0). A amostra em pó coletada no ciclone apresentou coloração mais clara, mais próxima a cor branca comparado com a amostra da câmara de secagem.

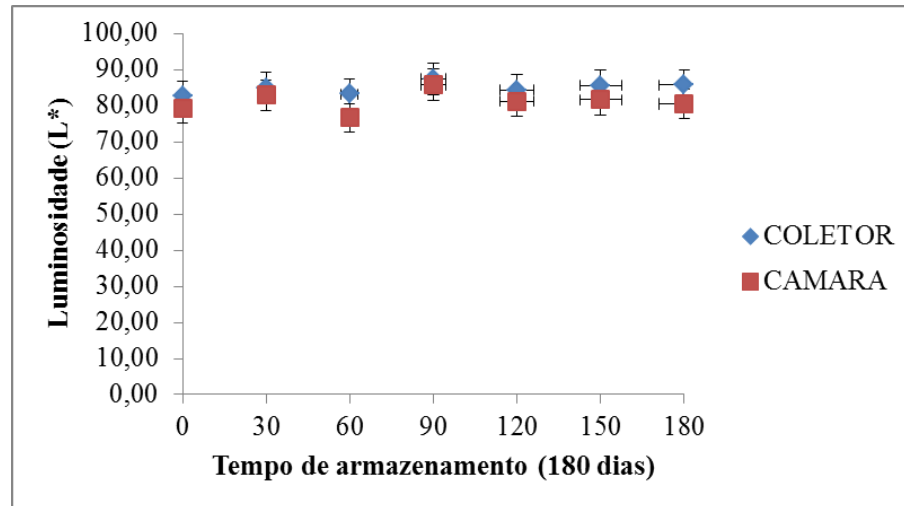


Figura 4.11- Valores médios da Luminosidade (L^*) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Na Figura 4.12 tem-se a representação gráfica da cor para o parâmetro Intensidade de vermelho ($+a^*$)

Constata-se para as amostras em pó do ciclone e da câmara que houve tendência de aumento da intensidade de vermelho ($+a^*$) com o tempo de armazenamento; os aumentos significam que as amostras tornaram-se mais vermelhas com o tempo de armazenamento. Observando o pó coletado no ciclone pode-se observar que houve uma diminuição na intensidade de vermelho no tempo (180 dias) de armazenamento. Em relação ao pó da câmara de secagem observa-se que, houve tendência de aumento da intensidade de vermelho durante o armazenamento com relação ao início do armazenamento, com exceção do tempo (30 dias), no qual ocorreu uma diminuição da intensidade de vermelho.

Cavallini (2015) na determinação da cor de farinhas de trigo e farinha de fruta pão, mencionou valores de 0,57, 0,56 e 0,03 para o parâmetro intensidade de vermelho (a^*).

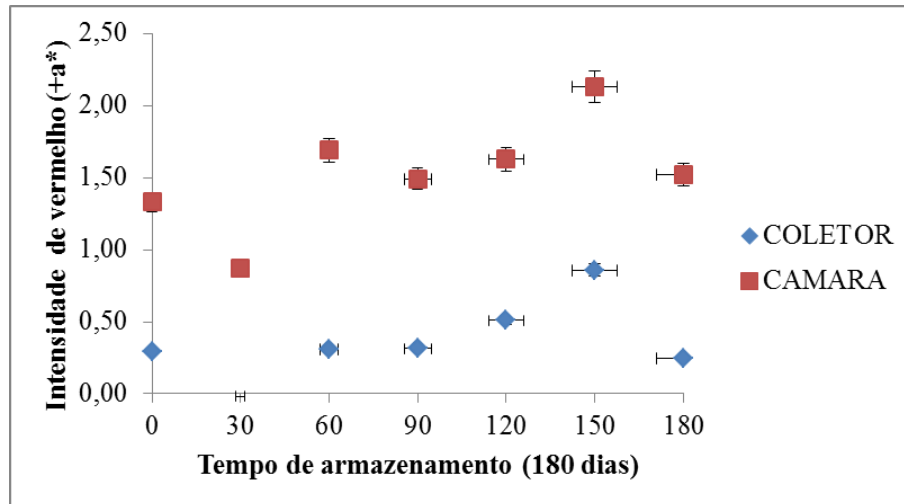


Figura 4.12- Intensidade de vermelho (+a*) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

Os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento estão apresentados na Figura 4.13.

Observa-se que, nas amostras em pó coletadas do ciclone e da câmara houve uma diminuição mais acentuada da intensidade de amarelo (+b*) aos 60 dias de armazenamento. Verifica-se ainda que a intensidade de amarelo (+b*) para o pó coletado no ciclone permaneceu quase constante dos 90 aos 180 dias de armazenamento.

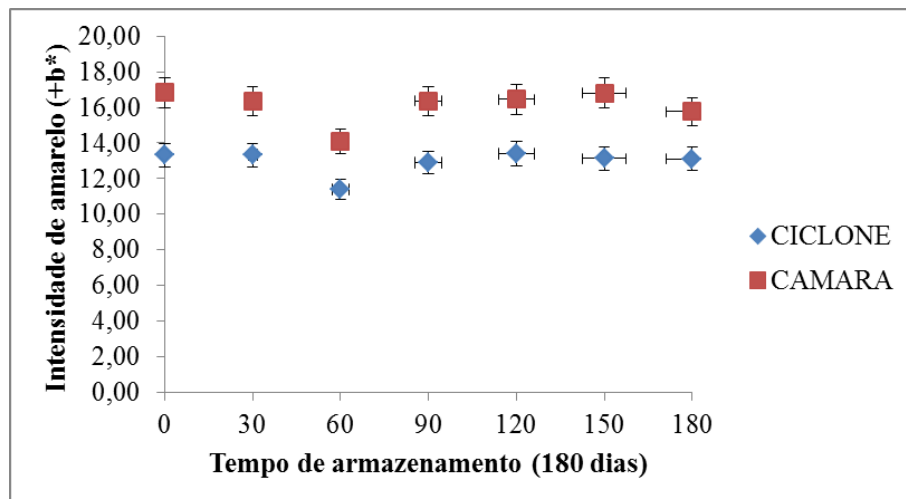


Figura 4.13- Intensidade de amarelo (+b*) para a fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara avaliados durante o armazenamento

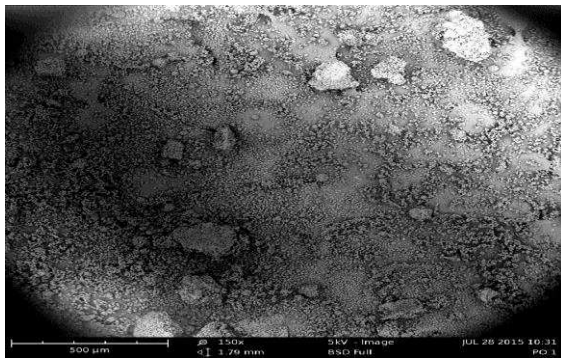
4.5. Morfologia

A análise morfológica foi realizada para as partículas de fruta-pão em pó coletadas no ciclone e na câmara de secagem. As imagens apresentadas na Figura 4.14 correspondem as partículas produzidas com 0% de maltodextrina, na temperatura de 90° C e vazão da bomba de 6 mL/min. São mostradas imagens da fruta-pão em pó coletado no ciclone e na câmara de secagem, com aumentos de 150, 500, 1000 e 1500 x para que se possam avaliar as características mais detalhadas.

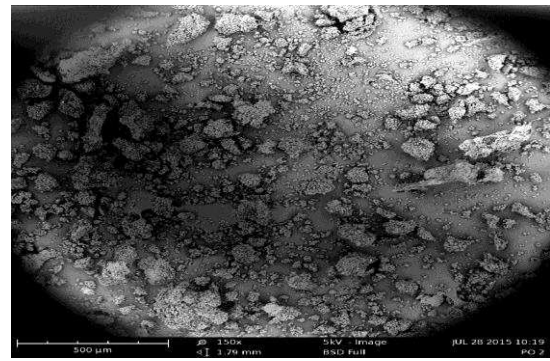
De acordo com as imagens da Figura 4.14, verifica-se que as partículas da fruta pão em pó coletadas no ciclone foram menores que as partículas coletadas na câmara de secagem, observa-se também que as partículas das duas amostras não apresentam formato esférico. Como são pós de baixa higroscopicidade são cristalinos com imagens mais lisa e bem definida.

As partículas coletadas no ciclone são mais dispersas, comparado com as partículas do pó coletado na câmara de secagem.

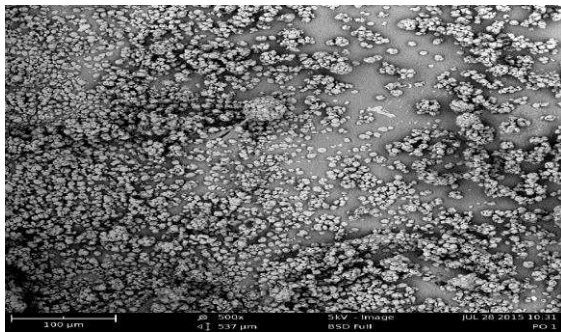
Observa-se alterações nas formas das partículas do pó coletado na câmara de secagem, apresentando partículas de tamanhos diferenciados. Verifica-se ainda que as partículas encontravam-se mais aglomeradas e com uma forte atração entre si, formando grumos. Esse fato provavelmente é devido a menor concentração de amido e maior teor de água. Cavaliini (2015) no estudo da morfologia dos grânulos de amido de fruta pão e amido de milho verificou que, apresentaram semelhança morfológica com formato poliédrico, com tamanhos diferenciados e também observou superfície lisa, sem irregularidades ou porosidade superficial.



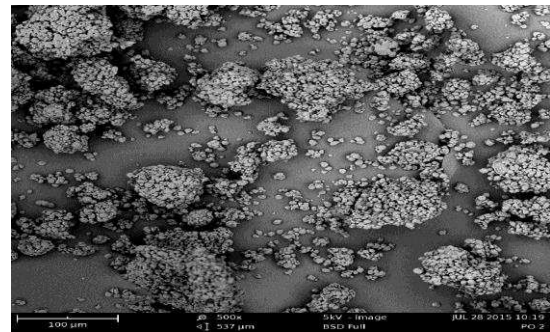
(a) Ciclone, aumento 150 x



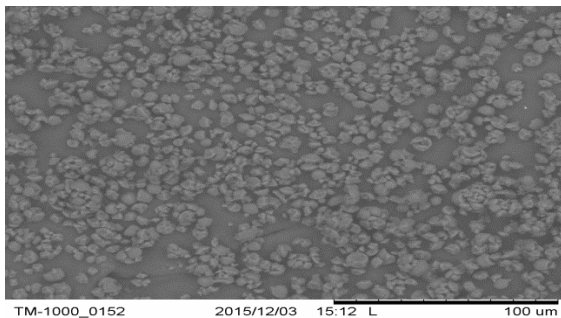
(b) Câmara, aumento 150 x



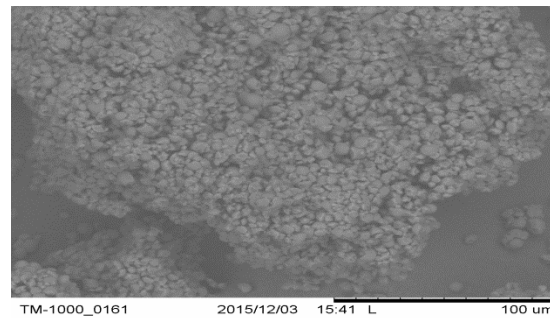
(c) Ciclone, aumento 500 x



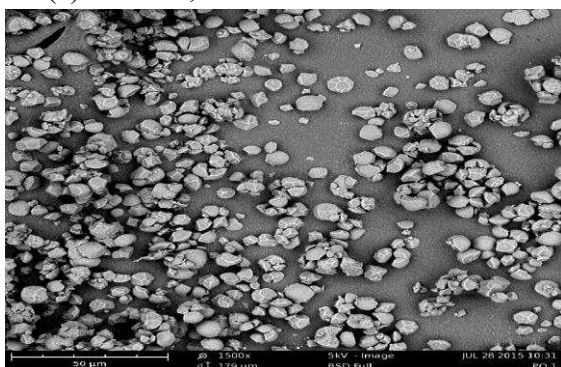
(d) Câmara, aumento 500 x



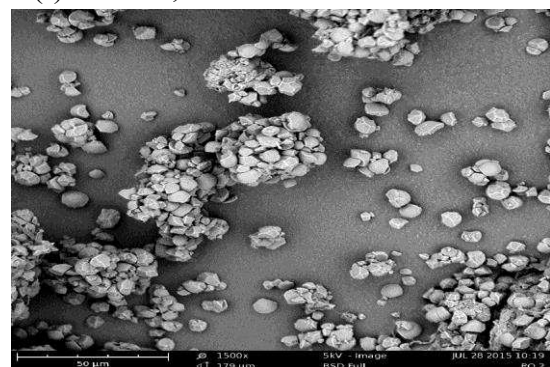
(e) Ciclone, aumento 1000 x



(f) Camara, aumento 1000x



(g) Ciclone, aumento 1500x



(h) Câmara, aumento 1500 x

Figura 4.14 - Micrografias das partículas da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem resultantes da secagem por atomização, na temperatura de 90 °C

Feitosa (2014) na morfologia de partículas elaboradas através de formulações de polpa de murta, coletadas na câmara de secagem e no ciclone, observou que o pó coletado na câmara de secagem apresentou formato irregular e com depressões; e o pó coletado no ciclone apresentou forma lisa e oca.

Sousa et al. (2015) na análise morfológica de partículas de atemóia, desidratadas em secador por aspersão na temperatura de 180°C, mencionaram que as partículas das amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone não apresentaram formato esférico, que é característico de pós produzidos por secagem por aspersão.

Moraes (2014) na desidratação de caju amarelo em secador por atomização verificou que tratamentos com menor quantidade de agente carreador, resultam em partículas grandes amorfas e com forte atração entre si, enquanto que o aumento da concentração mostra partículas com características semelhantes mais dispersas.

4.6. Caracterização física, química e físico-química dos pós de cenoura, chuchu e acerola

4.6.1. Cenoura

As amostras de cenoura em pó desidratadas com adição dos adjuvantes de secagem (fruta-pão em pó e maltodextrina) estão apresentadas na Figura 4.15.



Figura 4.15 - Polpas de cenoura desidratadas com adição de: Fruta-Pão em pó (A) e com maltodextrina (B)

Na Tabela 4.9, estão apresentados os valores médios da caracterização física, química e físico-química: pH, acidez total titulável (%), teor de água (%), sólidos totais (%), atividade de água (a_w), luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$), intensidade de amarelo ($+b^*$), solubilidade (%) e rendimento (%) de polpa de cenoura desidratada com adição de fruta-pão em pó e de maltodextrina em secador por atomização e coletada no ciclone.

Tabela 4.9 - Características físicas, químicas e físico-químicas de cenoura em pó com adição de fruta-pão em pó

Parâmetros	Médias e desvio padrão	
	Cenoura + Fruta-pão em pó	Cenoura + maltodextrina
pH	7,81 ± 0,10 a	7,84 ± 0,03 a
Acidez total titulável (%)	2,65 ± 0,96 a	2,21 ± 0,39 a
Teor de água (%)	9,50 ± 0,10 a	9,23 ± 0,68 a
Sólidos totais (%)	90,50 ± 0,10 a	90,76 ± 0,68 a
Atividade de água (a_w)	0,25 ± 0,00 b	0,28 ± 0,00 a
Luminosidade (L^*)	55,09 ± 0,10 b	66,18 ± 0,04 a
Intensidade de vermelho (+a*)	34,73 ± 0,03 a	23,54 ± 0,04 b
Intensidade de amarelo (+b*)	43,43 ± 0,12a	30,95 ± 0,08 b
Solubilidade (%)	75,21 ± 0,12 a	68,74 ± 0,54 b
Rendimento (%)	43,19 ± 1,20 a	22,69 ± 0,47 b

As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Ao compara-se as formulações da cenoura desidratada verifica-se que as amostras em pó apresentaram valores semelhantes em relação ao parâmetro pH. A cenoura + fruta-pão em pó e a cenoura + maltodextrina, apresentaram valores médios de pH de 7,81 e 7,84, respectivamente. Esses valores foram superiores aos mencionados por Ronchetti (2014) quando trabalhou com cenoura desidratada em leite de espuma na temperatura de 80 °C, o qual obteve valor médio de 5,54 para o parâmetro pH.

Na determinação do percentual de acidez total titulável (%) para a cenoura em pó com adição de fruta-pão em pó como aditivo e cenoura em pó com adição de maltodextrina, observa-se que as amostras apresentaram valores médios semelhantes, no, cujos valores foram 2,65 e 2,21% respectivamente. Esses valores foram menores que os descritos por Ronchetti (2014) para a cenoura desidratada em leite de espuma na temperatura 80°C, cujo valor para o parâmetro acidez foi de 17,85%. Zanatta et al. (2010) na farinha de cenoura desidratada em estufa, obtiveram valores médios de 4,68 para o pH e 8,26 % para a acidez.

Para o teor de água das amostras de cenoura em pó observa-se que apresentaram valores semelhantes, com valores de 9,5 e 9,23 % respectivamente. Valores superiores foram determinados por Ronchetti (2014) para o teor de água de cenoura desidratada nas

temperaturas de 40 e 80°C com valores médios de 14,30 e 5,80%, respectivamente. Segundo Gomes e Oliveira (2012) o teor de água é utilizado como parâmetro para estimar a estabilidade de alimentos desidratados que não deve ser excedido, sendo assim o conteúdo de água que não deve ser excedido para hortaliças desidratadas evitando o crescimento de bolores é de 12-22%.

No conteúdo de sólidos totais para as amostras de cenoura em pó, observa-se que apresentaram valores médios de 90,5% para a cenoura + fruta-pão em pó e de 90,76 para a cenoura + maltodextrina, sendo estatisticamente iguais.

Em relação à atividade de água (a_w) nas amostras de cenoura em pó pode-se observar que a amostra de cenoura em pó com adição de fruta-pão em pó apresentou valor médio menor que a amostra de cenoura com adição de maltodextrina, cujos valores foram 0,25 e 0,28, respectivamente. Zanatta et al. (2010) na farinha de cenoura desidratada em estufa, mencionaram valores médios de 0,10 para a a_w .

Observa-se que a amostra de cenoura desidratada com adição de maltodextrina apresentou maior luminosidade, com coloração mais clara em relação à cenoura desidratada com adição de fruta-pão em pó, na qual apresentou uma coloração mais forte, cor mais próxima da cor do vegetal *in natura*.

Na determinação da intensidade de vermelho ($+a^*$) para as amostras de cenoura em pó, observa-se que a cenoura em pó com adição de fruta-pão em pó apresentou maior intensidade de vermelho. Nota-se também que a amostra de cenoura com adição de fruta-pão em pó apresentou maior intensidade de amarelo ($+b^*$) quando comparado com a amostra desidratada com adição de maltodextrina. A amostra desidratada com adição de fruta-pão em pó que foi utilizado como aditivo, apresentou uma coloração laranja mais intenso, preservando a coloração do vegetal *in natura*.

Para os valores médios da solubilidade, observa-se que houve diferença significativa entre a cenoura desidratada com adição de fruta-pão em pó e a amostra de cenoura desidratada com adição de maltodextrina. A cenoura em pó desidratada com adição de fruta-pão em pó apresentou-se mais solúvel, com valor médio de 75,21%.

Avaliando o rendimento (%) das amostras de cenoura em pó observa-se que houve diferença no rendimento e que a amostra desidratada com adição de fruta-pão em pó como aditivo na secagem apresentou valor médio superior ao observado na desidratação com maltodextrina, com valor médio de 43,19%.

4.6.2. *Chuchu*

As amostras de chuchu em pó desidratadas com adição dos adjuvantes de secagem fruta-pão em pó e maltodextrina, estão apresentadas na Figura 4.16.



Figura 4.16 - Polpas de chuchu desidratadas com adição de Fruta-Pão em pó (A) e com maltodextrina (B)

Os valores médios da caracterização física, química e físico-química da polpa de chuchu desidratada com adição de fruta pão em pó como aditivo e com adição de maltodextrina, desidratadas em secador por atomização e coletados no ciclone, estão apresentados na Tabela 4,10.

Tabela 4.10 - Características físicas, químicas e físico-químicas de polpa de chuchu em pó com adição de fruta-pão em pó

Parâmetros	Médias e desvio padrão	
	Chuchu + Fruta-pão pó	Chuchu + maltodextrina
pH	6,18 ± 0,05 b	6,72 ± 0,07a
Acidez total titulável (%)	0,55 ± 0,08 a	0,40 ± 0,09 b
Teor de água (%)	14,20 ± 0,17a	9,30 ± 0,60 b
Sólidos totais (%)	85,80 ± 0,17b	90,70 ± 0,60 a
Atividade de água (a_w)	0,22 ± 0,01b	0,30 ± 0,02 a
Luminosidade (L^*)	74,31 ± 0,16b	78,02 ± 0,09 a
Intensidade de vermelho (+a*)	4,81 ± 0,10 a	4,32 ± 4,99 b
Intensidade de amarelo (+b*)	22,93 ± 0,22 a	18,90 ± 0,16 b
Solubilidade (%)	45,40 ± 1,06b	78,85 ± 0,0 a
Rendimento (%)	41,07 ± 16 a	37,39 ± 3,13 a

As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na avaliação das amostras de chuchu em pó, para o parâmetro pH observa-se que o chuchu em pó desidratado com adição de fruta-pão em pó obteve pH com valor médio de 6,18 e do chuchu desidratado com maltodextrina de 6,72, caracterizando-os como alimentos pouco ácidos. Valores semelhantes foram mencionados por Amorim et al. (2012) na avaliação do pH de farinhas de sementes de abóbora, cujo valor médio foi de 6,22.

Segundo Gava et al. (2008) a maioria dos microrganismos desenvolve-se em pH em torno da neutralidade 6,6 a 7,5.

Em relação à acidez total titulável do chuchu em pó, observa-se que apesar das amostras terem apresentados valores muito próximos, como já era de se esperar em relação ao pH, o pó com adição de maltodextrina obteve uma menor acidez comparado ao pó com adição de fruta-pão em pó.

A determinação da acidez em pós é um índice representativo das condições gerais de seu processamento e armazenamento, caso não ocorram em condições satisfatórias do ponto de vista sanitário, haverá contaminação microbiana que ocasionará a produção de ácidos da rota metabólica anaeróbica e ácidos do ciclo aeróbico (GOMES e OLIVEIRA, 2012).

Analisando-se o teor de água das formulações de chuchu com adição de fruta pão em pó e com adição de maltodextrina, constata-se que o pó desidratado com adição de fruta-pão em pó apresentou maior percentual de água, com média de 14,20%. Valor este considerado como teor de água máximo para hortaliças desidratadas.

Consequentemente na determinação do teor de sólidos totais das amostras de chuchu desidratado observa-se que, a amostra de chuchu desidratado com adição de fruta-pão em pó apresentou valor médio menor que a amostra de chuchu desidratado com adição de maltodextrina.

Na determinação da atividade de água para as amostras de chuchu desidratadas, observa-se que a amostra de chuchu desidratada com adição de fruta pão em pó apresentou menor valor médio para a atividade de água. Segundo Gomes e Oliveira (2012) valores de a_w de 0,2 a 0,3 são ótimos para alimentos desidratados. Em atividades de água menor que 0,3 as moléculas de água estão fortemente ligadas ao alimento, não podendo ser utilizadas para dissolver os componentes do alimento, o que leva as reações a terem velocidades próximas de zero e o não desenvolvimento de microrganismos Celestino (2010).

A luminosidade (L^*) dos pós analisados observa-se que o chuchu em pó com adição de maltodextrina apresentou-se de coloração mais clara, menor intensidade da cor verde. O

valor obtido para a luminosidade do chuchu em pó com adição de maltodextrina foi de 78,02 e para o pó com adição de fruta-pão em pó foi de 74,31.

Avaliando os valores obtidos para a coordenada (+a*) intensidade de vermelho em chuchu em pó, observa-se que, o chuchu em pó com adição de fruta-pão em pó apresentou-se com maior intensidade, cujo valor médio foi de 4,81.

Na determinação da intensidade de amarelo (+b*) das amostras de chuchu em pó, verifica-se que a amostra em pó desidratado com adição de fruta-pão em pó apresentou uma maior intensidade de amarelo com uma cor mais escura, mais verde quando comparado com chuchu desidratado com adição de maltodextrina, na qual apresentou-se com coloração mais clara.

Ao analisar o percentual de solubilidade das amostras de chuchu em pó, observa-se que a amostra desidratada com adição de fruta-pão em pó apresentou-se menos solúvel, quando comparado com a amostra desidratada com adição de maltodextrina, cujos valores médios foram 45,40 e 78,85 respectivamente.

Ao verificar o rendimento das amostras em pó no processo de secagem, observa-se que o chuchu em pó desidratado com adição de fruta-pão em pó como adjuvante, obteve um maior rendimento, cujos valores médios foram de 41,07 e 37,39% respectivamente.

4.6.3. Acerola

Na Figura 4.17 tem-se as amostras de acerola em pó desidratada com adição dos adjuvantes de secagem fruta-pão em pó e maltodextrina respectivamente.



Figura 4.17 - Polpas de acerola desidratadas com adição de Fruta-Pão em pó (A) e com maltodextrina (B)

Na Tabela 4.11 estão apresentados os valores médios da caracterização física, química e físico-química da polpa de acerola desidratada com adição de fruta-pão em pó como aditivo e com adição de maltodextrina desidratados por atomização e coletados no ciclone.

A acerola em pó com adição de fruta-pão em pó apresentou valor médio para o pH em 6,17 valor característico de alimentos pouco ácidos, enquanto que a acerola em pó com adição de maltodextrina apresentou pH médio de 4,25 classificando como alimento ácidos. Esses valores foram inferiores aos relatados por Moura (2010) na avaliação da estabilidade de acerola em pó, no entanto o estudo foi realizado em acerola em pó verde, cujo valor médio foi de 7,01.

Nos teores de acidez total titulável observa-se diferenças entre as amostras de acerola em pó desidratadas com adição de fruta-pão em pó e desidratadas com adição de maltodextrina, na qual apresentou-se mais ácida, cujos valores médios foram 6,22 e 13,19 respectivamente. Observa-se ainda que o uso da fruta pão em pó como adjuvante na secagem de acerola provavelmente contribuiu para a diminuição nos teores de acidez. No entanto Oliveira et al. (2014) na caracterização física e físico-química dos pós de cajá obtidos por liofilização sem aditivo e com 17 % de maltodextrina, observaram que o uso de 17% de maltodextrina diminuiu a acidez, os valores encontrados foram 9,11(sem aditivo) e 3,18 (15% maltodextrina).

Tabela 4.11 - Características físicas, químicas e físico-químicas de polpa de acerola em pó com adição de fruta-pão em pó

Parâmetros	Médias e desvio padrão	
	Acerola + Fruta-pão pó	Acerola + maltodextrina
pH	6,17 ± 0,86 a	4,25 ± 0,11b
Acidez titulável (%)	6,22 ± 3,06 b	13,19 ± 0,95 a
Teor de água (%)	12,93 ± 0,05b	14,80 ± 0,1a
Sólidos totais (%)	87,06 ± 0,05 a	85,20 ± 0,1 b
Atividade de água (a_w)	0,45 ± 0,00 a	0,31 ± 0,00 b
Luminosidade (L*)	48,15 ± 0,86 a	45,83 ± 0,00 b
Intensidade de vermelho (+a*)	11,63 ± 0,24 b	19,87 ± 0,01 a
Intensidade de amarelo (+b*)	21,91±1,40 a	23,67 ± 0,10 a
Solubilidade (%)	30,46 ± 0,0 b	75,86 ± 0,0a
Rendimento (%)	5,85 ± 1,14 b	19,16 ±,47a

As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se também que o uso da fruta-pão em pó como adjuvante contribuiu para uma diminuição nos teores de água das amostras de acerola em pó, visto que mesmo com o uso de maltodextrina esses teores foram altos (12,93 e 14,80 %)

Moura (2010) na avaliação da estabilidade de acerola verde em pó mencionou valor médio de 3,8 % para umidade. Tonon (2009) trabalhando com açaí em pó e usando vários agentes carreadores obteve valores médios para a umidade de 2,57% de umidade para açaí em pó com adição de 10% de maltodextrina e 2,4% de umidade para o açaí em pó com adição de fécula de mandioca.

Tanaka (2007) na caracterização do suco de acerola desidratado em spray dryer observou valores inferiores para umidade, cuja média foi de 3,47%.

Nos teores de sólidos totais das amostras de acerola em pó observa-se que a acerola em pó com adição de fruta-pão em pó apresentou-se com maior concentração de sólidos totais quando comparado com a acerola em pó com maltodextrina.

Para a atividade de água das amostras em pó observou-se que apresentaram valores médios de 0,45 para a acerola em pó com adição de fruta-pão em pó e 0,316 para a acerola em pó com adição de maltodextrina. Segundo Gomes e Oliveira (2012) valores de 0,35 a 0,45, iniciam mudanças físicas tais como perda de crocância, dureza e recristalização de açúcares.

O resultado da análise de cor para o parâmetro (L^*) mostra que a acerola em pó com adição de fruta-pão em pó apresentou-se com maior luminosidade, mais clara, comparado ao pó com maltodextrina, cujos valores médios foram de 48,15 e 45,83 respectivamente.

Para os valores médios do parâmetro intensidade de vermelho ($+a^*$) das amostras de acerola em pó com adição de fruta-pão em pó e com adição de maltodextrina verifica-se efeito não significativo entre as amostras. A acerola em pó desidratada com adição de maltodextrina apresentou maior intensidade de vermelho, com valor médio de 19,87. Moura (2010) na determinação da intensidade de vermelho do pó de acerola verde desidratada com adição de maltodextrina mencionou valores que variaram de 2,02 a 3,94 durante período de armazenamento.

No parâmetro intensidade de amarelo ($+b^*$) verifica-se que a acerola em pó desidratada com adição de maltodextrina apresentou maior intensidade de amarelo, cujos valores médios foram 23,67 e 21,91 respectivamente. Observou-se que, a acerola em pó desidratada com adição de fruta-pão em pó apresentou-se mais clara, enquanto que a acerola desidratada com adição de maltodextrina, apresentou-se de coloração mais escura com maior intensidade de vermelho e amarelo.

A acerola em pó com adição de maltodextrina apresentou maior percentual de solubilidade com percentual médio de 75,86 % comparado com a acerola desidratada com adição de fruta-pão.

Com relação ao rendimento observa-se que, a acerola em pó desidratada com adição de fruta-pão em pó apresentou menor percentual de rendimento quando comparado com a acerola em pó desidratada com a adição de maltodextrina, este fato provavelmente deve-se a alta concentração de ácido ascórbico e açúcares que estão presente em polpas de acerola provocando maior concentração e caramelização do pó aderindo nas paredes da câmara de secagem, cujos valores médios foram 5,85 e 19,16%.

5. CONCLUSÕES

A fruta-pão é uma fruta rica em amido, pouco ácida e apresenta baixa concentração de açúcares redutores, não redutores e totais.

O planejamento experimental fatorial 2^3 para a secagem por atomização da suspensão de fruta-pão para os parâmetros avaliados apontou apenas a concentração de maltodextrina como estatisticamente significativa.

A melhor condição de atomização definida para a fruta-pão foi a temperatura do ar de secagem de 90 °C, a vazão da suspensão de 6mL/min e sem adição de maltodextrina, visto que nessas condições não apresentou aspecto caramelizado, com maior teor de amido e menor atividade de água.

Durante o período de armazenamento, a atividade de água entre as amostras de fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem, foi menor que 0,3. A fruta-pão em pó coletada no ciclone apresentou teor de amido constante até os 150 dias de armazenamento, só observando a degradação do amido aos 180 dias.

As polpas de cenoura e chuchu desidratadas com adição de fruta-pão em pó apresentaram-se com menor atividade de água, maiores teores de sólidos totais, maior percentual de solubilidade e rendimento; apresentaram também coloração mais próxima a fruta *in natura*.

A fruta-pão em pó obtido pela secagem por atomização apresenta-se com boas características para ser utilizado como adjuvante na secagem de outros produtos, sendo uma alternativa para a indústria alimentícia, podendo melhorar a qualidade tecnológica dos produtos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C.C. de O.; RESENDE, J.V. de.; CRUVINEL, R. S. R., PREDO, M.E.T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, Oct./Dec. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>> Acesso em: 10 fev.2016.

AMORIM, A.G., SOUSA, T. de A., SOUZA, A. O. de. Determinação do pH e acidez titulável da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*). In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, VII., 2012, Palmas. Anais... Petrolina: CONNEPI, 2012. P. 1-6.

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

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas, Editora da UNICAMP, 2ª edição, 2003.

BETERRO, C. C.de O. Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) uma fonte alternativa para concentrado alimentar em ovinos. 2014. 73 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro.

BHANDARI, B.R.; SENOUSI, A.; DUMOULIN, E.D.; LEBERT, A. Spray drying of Concentrate ed fruit juices. **Drying Technology**, New York, v. 11, n. 5, p. 1081-1093, 1993.

BODSTEIN, M. A. X. P.; SOUSA, P. A. V. de.; TORRES, I. B.; GUIMARÃES, M. H. P.; SILVA, L. G. da.; COSTA, L. E. de O. Qualidade microbiológica e caracterização Físico-química de fermento natural produzido a partir de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). In: SIMPOSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR: alimentação e saúde, 5., 2015, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de alimentos, 2015.

- BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária - ANVISA. Farinhas. Resolução CNNPA n.12. Diário Oficial da União, 24 out. 1978. Online. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_farinhas.htm>. Acesso em: 02 set.2014.
- CAI, Y.Z; CORKE, H. Production and properties of spray dried *Amaranthus betacyanin* pigments. **Journal of Food Science**, v.65, n.6, p.1248-1252, 2000.
- CALZAVARA, B. B. G. Fruticultura tropical: a fruta-pão (*Artocarpus altilis* (PARK.) FOSBERG. Belém, EMBRAPA-CPATU, **Documentos**, **41**. 1987. 24 p. ISSN 0101-2835.
- CANO-CHAUCA,M.; STRINGHETA,P.C.; RAMOS,A.M.; A.M.; CAL-VIDAL,L. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Oxford, v.5, n.4, p.420-428, 2005.
- CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder. **Journal of Food Engineering**, v.111, n.1, p.135-148, 2012.
- CAVALCANTI, M. T.; SILVA, V.C.; COSTA, T. S. da. Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n. 5, p. 80-83, 2011.
- CAVALINNI, O.F. Caracterização físico-química do amido e da farinha da fruta pão (*Artocarpus altilis*) e aplicação em pão de forma. 2015. 95 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação de Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 360–365, 2012.
- CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. Planaltina DF, Embrapa Cerrados, **Documento**, **276**. 2010. 51 p. ISSN 2176 5081. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

CESAR, J.; DE PAOLI.M. A.; ANDRADE, J. C. de. A determinação da densidade de sólidos e líquidos. Chemkeys, Campinas. P. 1-8, 2004.

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

COSTA, J. N. da. Estudo da estabilidade de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) em pó, proveniente de cultivo orgânico. 2012. 102 f. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceara, Fortaleza.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J. Food powdersengineering, betweenknowhowandscience: constraints, stakesandopportunities. **Powder Technology**, v. 208, n. 2, p. 244-251, 2011.

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

DALLAGNOL, V.C. Avaliação do extrato de beterraba microencapsulado. 2013. 47 f. TCC (Programa de Tecnologia e Engenharia de Alimento) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.

DATWYLER, S. L., WEIBLEIN, G. D. On the origin of thefig: phylogenetic relations hipsof the Moracea efromndhFsequences. **American Journal of Botany**. v. 91, n.5, p.767-777, 2004.

DEIVANAI, S.; SUBHASH J. B. Breadfruit (*Artocarpus altilis* Fosb.) Anunder utilized and neglected fruit plantspecis. Middle-East Journal of Scientific Research, Dubai, v. 6, n. 5, p. 418-428, 2010.

FEITOSA, R.M. Secagem por aspersão e camada de espuma da polpa de murta. 2014. 228 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO,C.P.;AGUIRRE, J.M. Secagem por atomização de polpa de amora preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.15, n. 2, p. 157-165, 2012.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S. Wetting, Disintegration and dissolution fagg lomerated water soluble powders. **Powder Technology**, v. 206, n. 12, p. 72-78. 2011.

FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P.(Ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic, p.181-207, 1982.

GALDINO, P.O. Secagem por aspersão da polpa do figo-da-índia. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A. B. da; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 511p. ISBN 978-85-213-1382-3.

GEA Niro Research Laboratory. Analytical methods dry milk products. GEA Niro analytical methods. Soeborg, Denmark, 2003.

GOMES, J.C., Oliveira, G.F. **Analises físico-químicas de alimentos**. Ed. Viçosa - MG: ED.UFV, 2012. 303 p. ISBN: 978-85-7269-399-8.

GOMES, R. P. **Fruticultura Brasileira**. São Paulo: Nobel. 1972. reimpressao 2007. 446p. ISBN: 85-213-0126-X.

GUIMARÃES, P. V. R. Secagem de café: uma revisão. 2010. 45 f. Monografia (Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GURJÃO, F.F. Produção, armazenamento e utilização de farinha de grãos de abóbora em panificação. 2011. 168 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

HENRIQUEZ, C., CÓRDOVA, A., LUTZ, M., SAAVEDRA, J. Storage stability test of apple peel powder using two packaging materials: High-density polyethylene and metalized films of high barrier. *Industrial Crops and Products*, v. 45 p. 121-127, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JONES, A. M. P.; RAGONE, D.; AIONA, K.; LANE,W. A.; MURCH, S. J. Nutrition al and morphological diversity of breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae): Identification of elite cultivars

- for foodsecurity. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v. 24, p. 1091-1102, 2011.
- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophyllis and carotenoids: pigments of photosynthetic biomenbranes. In: PACHER,L. DOUCE, R. (Eds). **Methods in Enzymology**. London, v.148, p.350-382, 1987.
- MALOMO, S. A., ELEYINMI, A. F. AND FASHAKIN, J. B. Chemical composition, rheological properties and bread making potentials of composite flours from breadfruit, breadnut and wheat. *African Journal of Food Science. Academic Journals*. v. 5, n.7, p. 400-410, July 2011. Disponível em: < <http://www.academicjournals.org>>. Acesso em: 11 mai. 2016.
- MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 2: técnicas de produção e mercado: feijão, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 541 p.
- MARTIN, F. W. Banana, coconur e breadfruit. 2010. Disponível em: <<http://www.tropical-seeds.com/tech-forum/fruits-anon/banana-coco-bf.html>>. Acesso em: 10 jun.2014.
- MASTERS, K. **Spray drying: an introduction to principles, operation practice and applications**. ed. London: Leonard Hill Books, 1972. 668 p.
- MELONI, P.L.S., **Manual de produção de Frutas Desidratadas**. Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria – Frutal/ Sindicato dos Produtores de frutas do Estado do Ceara – Sindifruta, 2006.
- MELONI, P. L. S. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 87 p.
- MELO, K. dos S. Secagem por aspersão de polpa de atemóia. 2012. 230 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- MENDES, M. L. M.; RIBEIRO, A. Paula L.; ALMEIDA, E. C. A. Efeito da acidificação nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de sementes de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.3, p. 225-232, 2015.
- MESTRY A. P. ; MUJUMDAR, A.S.;THORAT, B. N. Optimization of splay drying of an Innovative Functional Food: Fermented Mixed Juice of Carrote and Watermelon. **Drying Techonology**. v.online, p. 1-11, 2011.

MORAES, F. P. de. Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale* L.) por atomização em spray dryer: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MOREIRA, D.K.T.; CARVALHO, A.V.; Oliveira, J.A.R. ; MARTINS, L.H.S.; SILVA, Z.R.; GONÇALVES, A.C.S. Caracterização físico-química de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) da variedade apyrena. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. Resumos... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e tecnologia de alimentos, 2007a. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60279/1/5229.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2015.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; OLIVEIRA, J. A. R.; MARTINS, L. H. S.; SILVA, Z. R.; GONÇALVES, A. C. S. Obtenção e caracterização físico-química do amido de fruta pão. Embrapa Amazônia Oriental-Parte de livro. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. Resumos... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e tecnologia de alimentos: Unicamp/FEA, 2007b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em: 30 jul.2015.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M.A.M. de. Aproveitamento Tecnológico da Farinha de Fruta-Pão. EMBRAPA: **Comunicado técnico 187**. ISSN 1517-2244. Belém, PA. Dez. 2006.

MOURA, S.M. Estabilidade de acerola em pó oriunda de cultivo orgânico. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza.

OLIVEIRA, M. A de. Avaliação da influência de adjuvantes de secagem sobre as propriedades de suco de caju atomizado. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C. da.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 10, p.1059–1064, 2014.

- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1, 254 p.
- PARAMITA, V.; IIDA, K.; YOSHIL, H.; FURUTA, T. Effect of additives on the morphology of spray-dried powder. **Drying Technology**, v. 28. n.3, p.323-329, 2010.
- PEREIRA, S. C. L.; MONTEIRO, M. R. P.; HENRIQUE, G. S.; PAVESI, M. M.; AMORIM, F. N. Análise do efeito prebiótico da farinha de fruta-pão (*Artocarpus Incisa*) sobre a microbiota intestinal de ratos Wistar. **Revista do Medico Residente**, v.12, n.1, p.1-11, 2010.
- PITALUA, E., JIMENEZ, M., VERNON-CARTER, E.J., BERISTAIN, C.L. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wallmaterial. **Food and bioproducts processing**. v. 88, p. 253-258, 2010.
- RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V.; RATTI, C. Foam Mat Drying of alphonso Mango Pulp. **Drying Technology**, v. 35, n.2, p. 357-365, 2007.
- RAMDATH, D. D., ISAACS, R. L., TEELUCKSINGH, S., WOIEVER, T. M. (2004) Glycaemic index of selected staples commonly eaten in the Caribbean and the effects of boiling v. crushing. Department of Preclinical Sciences, Faculty of Medical Sciences, the University of the West Indies, St Augustine, Trinidad and Tobago. *Br. J. Nutr.* 91(6): 971-7.
- REMILI, H., BOUSSARD, P., e DEVLEESCHOUWER, M., Microbiological Quality Of Spray-dried Pharmaceutical Plants Extracts, **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. I, p. 265-268, 1994.
- RÉ, M.I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v.16, n.6, p.1195-1236, 1998.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2007. 184 p. ISBN 978-85-212-0366-7.
- RIBEIRO, L. de O. Caracterização fenotípica de frutos e seleção de genótipos de fruteira-pão de municípios do Recôncavo Baiano. 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

- RONCHETI, E. F.S. Estudo do processo de secagem em leito de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- ROUSTAPOUR, O. R.; HOSSEINALIPOUR, M.; GHOBADIAN, B.; MOHAGHEGER, F.; AZAD, N. M. A proposed numerical experimental method for drying kaneties in a splaydryer. **Journal of Food Engineering**. v. 90, p. 20-26, 2009.
- SACRAMENTO, C.K.; LEITE, J.B.V.; CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O. Fruta-pão. In: SANTOS-SEREJO, J.A.; DANTAS, J.L.L.; SAMPAIO, C.V.; COELHO, Y.S. (Org.). **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Cruz das Almas: Embrapa, 2009. p.187-200.
- SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215 p.
- SEAGRI. Cultura: fruta-pão. 2006. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/Frutapao.htm>>. Acesso em: 20/04/2014.
- SILVA, F. de A. S. e. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SILVA, G. de O. da.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSO, R. A.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Revista Ciências Tecnologia de Alimentos. Campinas**, v. 26, n.1, p.188-197, 2006.
- SILVA, R. G. V. Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.
- SILVA, R. N. G. DA., FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE., QUEIROZ, A. J. DE M., GALDINO, P. DE O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.5, p.1179-1184, set-out, 2005 ISSN 0103-8478.

SOUZA NETO, M. A.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, A. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, 2005.

SOUZA, D. S., SOUZA, J. D. R. P., COUTINHO, J. P., FERRÃO, S. P. B. SOUZA, T. S. de., SILVA, A. A. L. da. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.6, p.1123-1129, jun, 2012.

SOUZA, K. dos S.M. de.; FIGUEIREDO, R. M. F. de.; QUEIROZ, A.J. de M.; FERNANDES, T.K. da S. Produção e caracterização da polpa de atemóia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 718-728, set. 2015.

TACO: **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: NEPA/ UNICAMP. 4. ed. Revisada . e ampliada, 161 p. 2011.

TANAKA, D. L. Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighiassp*). 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara.

TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P.; SAGUY, I. S. Kinetic soffood deterioration and shelflife prediction. In: VALENTAS, K. J.; ROTSTEIN, E.; SINGH, R. P. Hanbookof **Food Engineering Praticce**. Boca Raton: CRC Press, 1997. cap. 10, p. 361-403.

TONON, R.V. Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto. 2009. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social. Brasília**, DF, v. 6, n. 2, p.70-76, jan./jun. 2013.

VAS-CONCELOS, E. A. F.; MEDEIROS, M.G.F; RAFIN, F.N.; MOURA, T.F.A.L. Influência da temperatura de secagem e da concentração de aerosil@200 nas caraterísticas dos extratos secos por aspensão da *Schinus terebinthifolious Raddi* (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v.15, n. 3, p. 243-249, 2005.

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

WIRJANTORO, T. I.; PHIANMONGKHOL, A. The viability of lacticacid bacteria and Bifido bacterium bifidun in yoghurt powder during store. **Journal of Natural Sciences**. v.8, n.1, p.95-104, 2009.

ZANATTA, C.L.; SCHLABITZ, C.; ETHUR, E. M. Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. **Alimentos Nutricionais**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 459-468, jul./set. 2010.

ZEREGA, N.; WIESNER-HANKS, T.; RAGONE, D.; IRISH, B.; SHERON, B.; ZEE, F. Diversity in the breadfruit complex (*Artocarpus*, *Moraceae*): genetic characterization of critical germplasm. **Tree Genetics & Genomes**, v.11, n. 4, p. 2015.

ZOTARELLI, M. F. Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem. 2014. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

APÊNDICE A

Dados referentes ao planejamento experimental fatorial

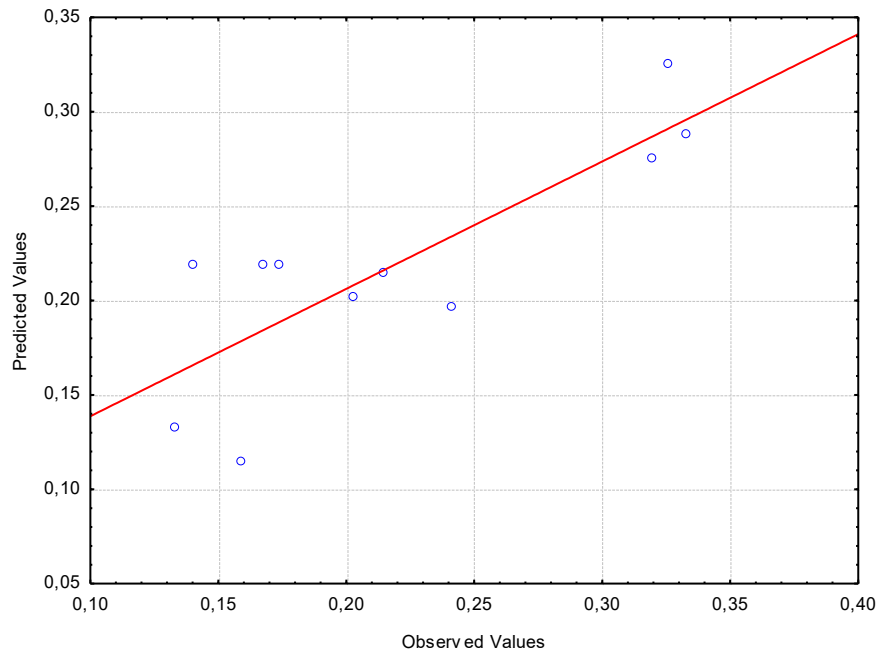


Figura A1- Valores observados versus valores preditos para a atividade de água da fruta pão em pó coletada no ciclone

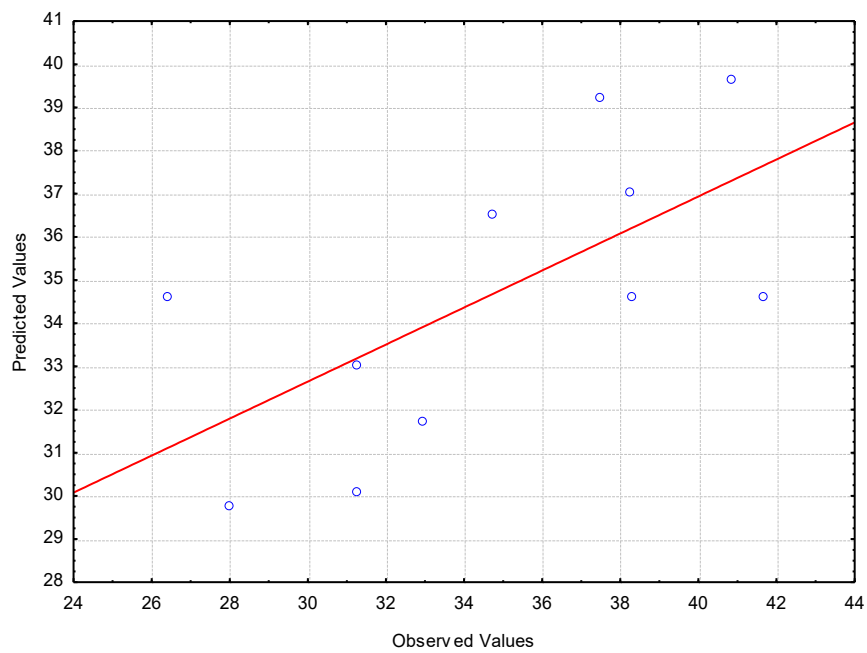


Figura A2- Valores observados versus valores preditos para o teor de amido (%) da fruta pão em pó coletada no ciclone

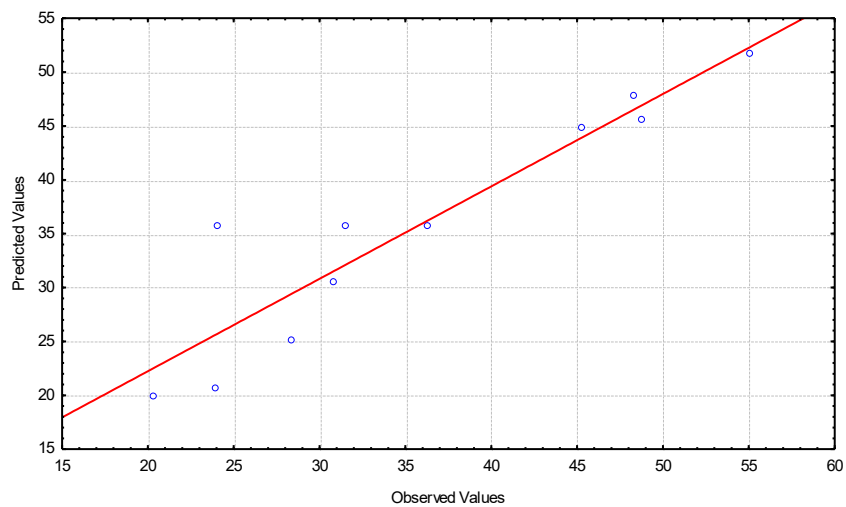


Figura A3- Valores observados versus valores preditos para o rendimento (%) da fruta pão em pó coletada no ciclone

APÊNDICE B

Dados referentes à caracterização física química e físico-química da fruta-pão em pó coletada no ciclone e na câmara de secagem durante o armazenamento

Tabela B1 - Análise de variância para os parâmetros: aw, acidez, pH, teor de água, sólidos totais, amido,

F.V	G.L	Quadro Médio					
		a _w	ATT (%)	pH	Teor água (%)	ST (%)	Amido (%)
Pós (P)	1	0,02151**	0,007 ^{ns}	0,351**	5,012**	5,005**	10759,62**
T.A.	6	0,00537**	0,051**	1,035**	5,623**	5,608**	512,662**
P x T	6	0,00026 ^{ns}	0,011*	0,091*	0,175 ^{ns}	0,174 ^{ns}	161,871**
Trat.	13	0,00425**	0,029**	0,546	3,062**	3,054**	1138,986**
Resíduo	28	0,00017	0,003	0,027	0,199	0,190	36,174
C.V (%)		6,59	7,12	3,55	7,74	0,46	8,25

T.A tempo armazenamento; Trat. tratamento

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Tabela B2 - Análise de variância para os parâmetros: °Brix, ácido ascórbico, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo

F.V	G.L	Quadro Médio				
		SS °Brix	Ac. Ascórbico (mg/100)	L	a	b
Pós (P)	1	0,011*	1,114ns	113,35**	12,258**	104,53**
T.A.	6	2,442**	21,585**	28,49**	0,482**	3,953**
P x T	6	0,888**	61,987**	9,97**	0,087**	0,25ns
Trat.	13	1,538**	38,657**	26,47**	1,206**	9,98**
Resíduo	28	0,001	1,066	0,191	0,0084	0,457
C.V (%)		2,38	4,33	0,53	9,36	4,66

T.A tempo armazenamento; Trat. tratamento

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)