

INSTITUTO FEDERAL
Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS, TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO – CAMPUS SALGUEIRO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

CAROLAINÉ GOMES DOS REIS

**CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA ‘PRINCESA’ PELO MÉTODO
CAMADA DE ESPUMA (*foam-mat drying*): EXPERIMENTAÇÃO E
MODELAGEM MATEMÁTICA**

SALGUEIRO, PE

2019

CAROLAINÉ GOMES DOS REIS

**CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA ‘PRINCESA’ PELO MÉTODO
CAMADA DE ESPUMA (*foam-mat drying*): EXPERIMENTAÇÃO E
MODELAGEM MATEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia de Alimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, *Campus* Salgueiro, como requisito parcial à obtenção de título de Tecnóloga em Alimentos.

Orientadores: Prof. Dr. Joabis Nobre Martins
Esp. Jânio Eduardo de Araújo Alves

SALGUEIRO, PE

2019

CAROLAINÉ GOMES DOS REIS

**CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA ‘PRINCESA’ PELO MÉTODO
CAMADA DE ESPUMA (*foam-mat drying*): EXPERIMENTAÇÃO E
MODELAGEM MATEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Tecnologia de Alimentos no Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Sertão Pernambucano,
Campus Salgueiro, como requisito
parcial à obtenção de título de
Tecnóloga em Alimentos.

Aprovado em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Camilla Salviano Bezerra Aragão
IF Sertão Pernambucano *campus* Salgueiro

Prof.^a Dr.^a. Cristiane Ayala de Oliveira
IF Sertão Pernambucano *campus* Salgueiro

Prof.^a . Dr.^o. Joabis Nobre Martins
IF Sertão Pernambucano *campus* Salgueiro

Prof. Dr.^o. Rodrigo de Araújo Soares
IF Sertão Pernambucano *campus* Salgueiro

Dedico este trabalho a Maria Célia da Silva Gomes, minha mãe, por sempre acreditar em mim e fazer dos meus sonhos seus também, por sua garra, força e fé, uma inspiração de pessoa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde, forças para superar todos os obstáculos que surgiram no decorrer da graduação.

A minha família, em especial a meus pais, que sempre me apoiaram e incentivaram nas minhas escolhas.

Ao orientador Prof. Dr. Joabis Martins Nobre, pelo seu apoio, ensino e dedicação atribuídos na elaboração deste trabalho.

A todos os professores que repassaram seus aprendizados acadêmicos e de vida, possibilitando assim um aprendizado que transpassa a sala de aula. Em especial, as professoras Cristiane Ayala de Oliveira e Marylane de Sousa, orientadoras de projetos de pesquisa, e as professoras Luciana Façanha Marques e Cícera Gomes Cavalcante de Lisbôa, que sempre acreditaram no meu potencial, até mesmo antes de mim. Ao técnico de laboratório Jânio Eduardo de Araújo Alves pela paciência e auxílios nas análises.

Meus agradecimentos aos amigos e companhias diárias de laboratório Gabriela de Araújo Oliveira Maia e Clemilson Elpidio da Silva, essa jornada com a companhia de vocês tornou os dias mais alegres e fáceis.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IF Sertão *campus* Salgueiro, pelas tantas oportunidades dadas, seu apoio financeiro, que proporcionou a realização de um sonho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, o meu muito obrigada.

Nunca desistir

José de Alencar

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

RESUMO

Diante das dificuldades encontradas na conservação de alimentos perecíveis, como as frutas, o presente trabalho teve por objetivo estudar a cinética de secagem de manga 'princesa' pelo método camada de espuma (*foam-mat drying*) e ajustar os dados experimentais a modelos matemáticos. Para tal, realizou-se estudos de caracterização da matéria-prima *in natura*; elaboração de ensaios da formulação da espuma, sendo estudada concentrações crescentes dos aditivos Super Liga Neutra® (1,5; 2,5 e 3,5%) e Emustab® (1, 2 e 3%) por diferentes tempos de batimento (5,10,15, 20, 25 e 30 minutos); escolha da formulação, em função do menor tempo de batimento e menor percentual de aditivos que possibilitem a formação de espuma estável; cinética da secagem em camada de espuma utilizando as curvas de razão de água (adimensional) em função do tempo (minutos) de secagem a 50, 60 e 70°C com espessuras da camada de 0,3; 0,5 e 0,7 cm com esquema fatorial 2²; e caracterização dos pós de manga princesa obtidos. As análises físico-químicas realizadas seguiram metodologias preconizadas do Instituto Adolf Lutz (2008). Os resultados obtidos apontaram que a polpa e a espuma de manga princesa apresentaram dados adequados, destacando ainda que a espuma concentrou alguns compostos como o teor de ácido ascórbico. A espuma formulada selecionada foi aquela que obteve parâmetros como firmeza em menor tempo de batimento (15 min) e as menores concentração de aditivos que proporcionaram tal estabilidade, com 3,5% de Super Liga Neutra® e 3% de Emustab®. Constatou-se na secagem que a temperatura influencia no tempo de duração do processo, ocorrendo mais rápida em altas temperaturas. Os modelos matemáticos aplicados aos dados de secagem foram: Page; Midilli; e Henderson e Pabis, os quais geraram dados satisfatórios de coeficiente de determinação (R²) superiores a 0,97 e desvio quadrático médio (DQM) inferiores a 0,03. Contudo o modelo matemático de Midilli obteve os melhores ajustes aos dados experimentais atribuído os maiores R² e menores DQM, atributos utilizados para escolha do modelo, esta representatividade foi constatada nas curvas de razão de água (adimensional) em função do tempo (minutos) de secagem, os resultados obtidos foram próximos aos preditos pelo modelo. Diante os resultados obtidos, principalmente para as variáveis ácido ascórbico (139,05 mg/100g), umidade (10,47%), lipídeos (1,44%) e açúcar total (19,44%), selecionou-se o pó produzido a partir do experimento 4, o qual foi submetido à temperatura de secagem de 70°C com espessura da camada de 0,7cm.

Palavras-Chaves: Desidratação, modelos matemáticos, parâmetros de secagem.

ABSTRACT

In view of the difficulties encountered in preserving perishable foods, such as fruits, the objective of the present study was to study the kinetics of 'princess' mango drying through the foam-mat drying method and to adjust the experimental data to mathematical models. To do this, studies were carried out to characterize the raw material in natura; preparation of foam formulation tests, increasing concentrations of additives Super Neutral League® (1.5, 2.5 and 3.5%) and Emustab® (1, 2 and 3%) for different beat times (5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes); choice of formation, due to the shorter best time and lower percentage of additives that allow the formation of stable foam; kinetics of foam layer drying using water (dimensionless) curves versus time (minutes) drying at 50, 60 and 70°C with layer thicknesses of 0.3; 0.5 and 0.7 cm with factorial scheme 2²; and characterization of the obtained princess mango powders. The physicochemical analysis carried out followed the methodologies recommended by the Adolf Lutz Institute (2008). The results obtained indicated that the pulp and the foam of the princess sleeve presented adequate data, emphasizing also that the foam concentrated some compounds as the content of ascorbic acid. The selected formulated foam was the one that obtained parameters such as firmness in the shortest beat time (15 min) and the lowest concentration of additives that provided such stability, with 3.5% Super Neutral® and 3% Emustab®. It was observed in the drying that the temperature influences the duration of the process, occurring faster in high temperatures. Os modelos matemáticos são os seguintes: Page; Midilli; and Henderson and Pabis, which which are data quality in the data of the level superior (R^2) superior a 0,97 e déficit de dados médios (DQM) inferior a 0,03. However, the mathematical model of Midilli obtained the best adjustments to the experimental data attributed to the larger R^2 and smaller DQM, attributes used to choose the model, this representativity was verified in the curves of water ratio (dimensionless) as a function of time (minutes) of drying, the results obtained were close to those predicted by the model. The results obtained, mainly for the variables ascorbic acid (139.05 mg / 100g), moisture (10.47%), lipids (1.44%) and total sugar (19.44%), produced from Experiment 4, which was subjected to the drying temperature of 70 ° C with a layer thickness of 0.7cm.

Keywords: Dehydration, mathematical models, drying parameters.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Manga da variedade princesa em estágio maduro.	6
Figura 2 - Fluxograma do processamento da polpa de manga princesa.....	14
Figura 3 - Teste da espuma de manga princesa.....	15
Figura 4 - Secagem em camada de espuma da polpa da manga princesa utilizando a estufa de circulação de ar	19
Figura 5 - Curvas de secagem da polpa em camada de espuma da manga princesa, para todas temperaturas e espessuras analisadas.	27
Figura 6 - Curvas de secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma nas espessuras de 0,3 e 0,7 cm a 50°C.....	29
Figura 7 - Curvas de secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma nas espessuras dos 0,3 e 0,7cm a 70°C.....	29
Figura 8 - Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.	35
Figura 9 - Ajuste do modelo de Midilli aos dados experimentais da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.	36
Figura 10 - Ajuste do modelo de Henderson e Pabis aos dados experimentais da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.....	37
Figura 11 - Diagrama de Pareto para o rendimento. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.	35
Figura 12 - Diagrama de Pareto para o teor residual de água. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.....	37
Figura 13 - Diagrama de Pareto para o ácido ascórbico. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.	39
Figura 14 - Diagrama de Pareto para o açúcar redutor. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.	41
Figura 15 - Diagrama de Pareto para o açúcar não redutor. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.....	43

Figura 16 - Diagrama de Pareto para o açúcar total. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.	45
Figura 17 - Diagrama de Pareto para o lipídeo. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Modelos matemáticos empregados para os ajustes aos dados experimentais de secagem.....	19
Tabela 2 – Espaço experimental usado para secagem da polpa de manga princesa em camada de espuma com suas respectivas variáveis independentes, seus níveis reais e codificados.....	20
Tabela 3 - Caracterização físico-química da polpa da manga princesa <i>in natura</i>	22
Tabela 4 - Comparação quanto a caracterização físico-química da polpa da manga princesa com a espuma formulada.	25
Tabela 5 - Parâmetros dos modelos Page, Henderson e Pabis, e Midili com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.....	32
Tabela 6 - Caracterização dos pós obtidos na secagem em camada de espuma da polpa da manga princesa, para todos os experimentos.....	39
Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA) para a resposta rendimento. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.	35
Tabela 8 – Análise de variância (ANOVA) para o teor residual de água. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.	37
Tabela 9 – Análise de variância (ANOVA) para ácido ascórbico. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.	39
Tabela 10 – Análise de variância (ANOVA) para açúcar redutor. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.	41
Tabela 11 – Análise de variância (ANOVA) para açúcar não redutor. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.	43
Tabela 12 – Análise de variância (ANOVA) para açúcar total. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.....	45
Tabela 13 – Análise de variância (ANOVA) para lipídeos. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.....	47
Tabela 14 – Seleção da melhor polpa em pó de manga princesa por secagem em estufa de circulação de ar, em camada de espuma.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ácido ascórbico
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ANR	Açúcar Não Redutor
AR	Açúcar redutor
AT	Açúcar Total
ATT	Acidez Total Titulável
BAG	Banco Ativo de Germoplasma
BET	Brunauer, Emmett e de Teller
CPATSA	Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido
DQM	Desvio Quadrático Médio
Esp.	Espessura
GABI	Guggenheim, Anderson e de Boer
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IAL	Instituto Adolfo Lutz
LP	Lipídeos
PIQ	Padrões de Identidade e Qualidade
R	Rendimento
R ²	Coefficiente de determinação
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
RX	Razão de água
SST	Sólidos Solúveis Totais
T	Temperatura
UATA	Unidade Acadêmica de Tecnologia em Alimentos
UNESB	Universidade Estadual de São Paulo
UR	Umidade Relativa
X ²	Qui-quadrado
Xp	Teor residual de água

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- ® Marca registrada

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
2.1 - Geral	3
2.2 - Específicos	3
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 - Aspectos gerais sobre a manga	4
3.2 - Manga princesa	5
3.3 - Secagem	7
3.3.1 - Secagem em camada de espuma (foam-mat drying)	8
3.4 - Cinética de secagem	9
3.5 - Modelagem matemática	10
3.6 - Aditivos alimentares	11
3.6.1 - Emulsificantes	12
3.6.2 - Estabilizantes	12
3.7 - Produtos alimentícios em pó	12
4 - METODOLOGIA	14
4.1 - Local de realização da pesquisa	14
4.2 - Matéria-prima	14
4.3 - Elaboração da polpa	14
4.4 - Teste da espuma	15
4.5 - Análises físico-químicas	16
4.5.1 - Umidade e teor de sólidos totais	16
4.5.2 - Resíduos minerais fixos (cinzas)	16
4.5.3 - Acidez total titulável	16
4.5.4 - Densidade	16
4.5.5 - Ácido ascórbico	17

4.5.6 - Sólidos solúveis totais	17
4.5.7 - Açúcares redutores em glicose	17
4.5.8 - Açúcares não redutores em sacarose	17
4.5.9 - Açúcares totais em glicose	17
4.5.10 - Relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável SST/ATT	18
4.5.11 - pH	18
4.6 - Cinética de secagem	18
4.7 - Planejamento experimental	20
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 - Caracterização da polpa da manga princesa <i>in natura</i>	22
5.2 - Comparação da polpa de manga princesa <i>in natura</i> e espuma formulada	25
5.3 - Cinética de secagem	26
5.5 - Análise estatística	41
5.5.1 - Resultados do planejamento experimental para os pós	41
5.5.1.2 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para o rendimento - (R).....	41
5.5.1.3 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para o teor residual de água (X_p).....	36
5.5.1.4 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para ácido ascórbico – AA	38
5.5.1.5 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para açúcar redutor – AR	40
5.5.1.6 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para açúcar não reductor – ANR	42
5.5.1.7 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para açúcar total – AT.....	44
5.5.1.8 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para lipídeos – LP.....	46
5.6 - Seleção da melhor polpa em pó da manga princesa	48

6 - CONCLUSÕES	50
7 – REFERÊNCIAS	51
8 - APÊNDICE	68

1 – INTRODUÇÃO

As principais dificuldades nas perdas pós-colheita de frutas estão relacionadas ao manuseio, transporte e armazenamento impróprios. Todavia, novas invenções são alternativas para diminuição dos desperdícios e maior aproveitamento da produção. O método de secagem reduz a quantidade de água no alimento, prolongando assim, sua vida útil (CELESTINO, 2010).

O Brasil é um país rico no setor da fruticultura, característica possível devido a amplitude da região e ao clima. Nos últimos anos houve um aumento da produção e exportação das frutas, e o Nordeste do Brasil, devido ao clima propício, altas temperaturas durante todo o ano juntamente com a irrigação, contribui para a produção da mesma (BUSTAMANTE, 2009).

A manga (*Mangifera indica* L.) é nativa do Sudoeste Asiático, e foi propagada para vários países, sendo conhecida a mais de quatro mil anos (FERREIRA *et al.*, 2003). É uma fruta de clima tropical bastante importante no setor da fruticultura, tanto no consumo interno como na exportação. Várias variedades são cultivadas no Brasil, sendo a *Tommy Atkins*, ótima para consumo e exportação. A manga da variedade ‘princesa’, a qual é cultivada principalmente na região Nordeste faz parte da Embrapa Semi-Árido, a mesma possui requisitos do mercado como poucas fibras.

Conforme Brunini, Oliveira e Varanda (2003) a polpa de fruta é um processo tecnológico que propicia a incorporação de valor a mesma, reduz os desperdícios, quando comercializada *in natura*. Devido ao rápido avanço da fruticultura outros setores aumentaram a produção, como a agroindústria, utilizando, nas mais diversas formas as frutas.

A extração da polpa de frutas e seu respectivo congelamento (polpa congelada) é um método de conservação bastante utilizado para aumentar a disponibilidade das mesmas, principalmente as sazonais. Todavia, outros métodos podem ser incorporados para aumentar a duração destas. A manga, por exemplo, é uma fruta bastante apreciada pelos nordestinos, porém, a sua permanência *in natura* por longos períodos, principalmente para comercialização em lugares distantes torna-se difícil devido à grande perecibilidade. Um método que pode proporcionar a durabilidade, resolvendo o problema, é a desidratação (BEZERRA, 2009).

Faz-se necessário novos estudos quanto ao processo de desidratação de alimentos, para obtenção do desempenho do processo, dos diversos tipos de matérias-primas, uma

vez que cada qual possui um comportamento. Assim, possibilita a compreensão do procedimento no decorrer da secagem quanto a composição do material.

A secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) é tida como um processo simples e de baixo custo. Para sua elaboração faz-se uso de agentes que proporcionem formação e estabilidade a espuma durante a realização do processo. Dentre as vantagens está a utilização de baixas temperaturas; menor tempo de desidratação, devido à maior área de contato exposta ao ar; remoção mais rápida da água e obtenção de um produto poroso facilmente reidratado.

Os modelos matemáticos funcionam como uma ferramenta na representatividade de processos que envolvem calor. Estes, atuam na garantia da segurança e qualidade do experimento. Os resultados obtidos proporcionam informações quanto ao material seco e aos secadores (CASTRO *et al.*, 2016).

2 - OBJETIVOS

2.1 - Geral

Estudar a desidratação da polpa da manga princesa pelo método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*), utilizando diferentes temperaturas e espessuras da camada, analisando a influência destas variáveis no processo de secagem.

2.2 - Específicos

- Caracterizar quimicamente e físico-quimicamente a matéria prima (polpa da manga).
- Realizar testes preliminares com percentuais crescentes de Super Liga Neutra (1,5; 2,5 e 3,5 %) e Emustab (1, 2 e 3%), e tempos de batimento (5,10,15, 20, 25 e 30 minutos), afim de selecionar a melhor formulação.
- Caracterizar quimicamente e físico-quimicamente a espuma formulada selecionada.
- Desidratar a polpa em camada de espuma avaliando a cinética em diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C) e espessuras (0,3; 0,5 e 0,7 cm).
- Ajustar os modelos matemáticos de Page; Midilli; e Henderson e Pabis, aos dados experimentais da cinética de secagem.
- Avaliar as características químicas e físico-quimicamente dos pós obtidos.
- Selecionar o melhor pó através do planejamento experimental.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Aspectos gerais sobre a manga

A mangueira (*Manguiфера indica* L.) é nativa do Sudoeste Asiático, e foi propagada para vários países, sendo conhecida a mais de quatro mil anos (FERREIRA *et al.*, 2003). Depois da banana, do abacaxi e do abacate, a manga foi a quarta fruta tropical a alcançar o mercado externo. Devido às suas propriedades nutricionais e atributos exóticos, é bastante aceita pelos consumidores. Das muitas variedades de manga existentes, as que são cultivadas no Brasil são a *Haden*, *Van*, *Rosa*, *Keitt*, *Ubá* e a *Tommy Atkins*, sendo está última a de maior quantidade, entre outras (FARAONI; RAMOS; STRINGHETA, 2009).

A manga é importante economicamente, tanto no mercado brasileiro como no internacional (BRANDÃO *et al.*, 2003). O Brasil possui clima extraordinário para o cultivo da mangueira, fator determinante no processo de exploração comercial desta planta (RIBEIRO *et al.*, 2009). Há um grande aumento na procura da fruta no mercado, levando a mesma a obter preços equilibrados, tanto no mercado interno como no externo (GALLI *et al.*, 2008).

O Brasil ocupa espaço entre os nove países principais produtores de manga, a maior parte da produção é oriunda do Nordeste, sendo a região do Vale do São Francisco o principal polo produtor, tanto produzindo como exportando. O maior percentual da produção de manga no Brasil é destinado ao consumo interno (PINTO, 2002). Xavier *et al.* (2009) relatam que a grande produção na região semi-árida do Brasil, no Nordeste, está voltada a qualidade e rendimento da manga cultivada, que pode ser explicada devido a disponibilidade de água irrigada, nutrientes, solo entre outros.

O plantio da manga no Brasil deu-se de forma dispersa, sendo cultivada em diversas localidades, principalmente nos quintais e vales reduzidos de propriedades. A divisão do processo de cultivo ocorreu em duas fases: 1) plantio de forma dispersa, utilizando variedades locais e escassa tecnologia e 2) utilização de modernas tecnologias nas mais diversas áreas desde melhoramento genético e irrigação, por exemplo (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2010).

Considera-se a manga uma das frutas de clima tropical mais significativa para os consumidores, sendo dada tal importância devido a um conjunto de fatores visuais e organolépticos que atribuem tal atratividade (CARDELLO e CARDELLO, 1998). A utilização é no consumo *in natura* ou em produtos industrializados nas mais diversas

opções (CAVALLINI e BOLINI, 2005). Em termos de cultivo e de consumo a manga está em 2º lugar em grau de importância, perdendo apenas para a banana (BERNADES SILVA; LAJOLO; CORDENUNSI, 2003).

A manga é um dos frutos que tem disponibilidade em boa parte do ano, assim, devido sua quantidade de ácido ascórbico, torna-se uma interessante fonte desse componente antioxidante natural para consumo na alimentação brasileira (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Seus valores diversificam-se de 66,5mg por 100g na fruta do estágio de vez, “verde”, a 43mg por 100 g já na fruta no estágio maduro, porém, esses valores são modificados dependendo da variedade da fruta podendo chegar a 110mg por 100g deste agente (BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002).

Os diversos tipos de mangueira no Brasil são resultantes de processo de triagem e de desenvolvimento da fruta, sendo utilizadas as variáveis redução do teor de fibras e fiapos e favorecimento de pontos característicos para a exportação, como as colorações vermelhas e rosadas. As cultivares no Brasil dependem da região de cultivo, uma vez que nem todas são propícias para certas variedades (BENEVIDES *et al.*, 2008).

Para obtenção do aproveitamento da fruta, deve-se desenvolver métodos e produtos que proporcionem a preservação nutricional (SOUZA NETO *et al.*, 2005). Um dos métodos que comumente vem sendo utilizado em estudos é a desidratação (BORGES e MENEGALLI, 1994). Pina *et al.* (2003) relatam que as dificuldades quanto as técnicas nos diversos setores que envolvem os processos que influenciam a qualidade da manga, aliada a alta perecibilidade, tem provocado perdas da ordem de 30% da produção, chegando a uma superabundância de 50%.

Para aumentar a disponibilidade de frutas sazonais, a modificação do seu estado natural, é essencial. Como forma básica tem-se a elaboração da polpa que consiste do despulpamento da fruta sendo a mesma congelada. Ainda é utilizada para outras transformações dadas na indústria de alimentos (BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002).

3.2 - Manga princesa

A manga princesa é uma variedade regional, a qual é explorada em pequenas áreas do Nordeste do Brasil. Ela, juntamente com outras, possui potencialidade na utilização em planejamentos de melhoria genética como fonte de aspectos desejáveis. A mesma faz parte do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Semi-Árido. Simultaneamente, a espada ouro, espada Itaparica e pingo de ouro possuem poucas fibras,

que são requisitos do mercado (SILVA *et al.*, 2009). A Figura 1 apresenta a manga da variedade princesa.

Figura 1 - Manga da variedade princesa em estágio maduro.



Fonte: Autoria própria (2019).

Silva *et al.* (2010), obtiveram em pesquisas resultados para a polpa da manga princesa teores aumentados quando a fruta madura, para as variáveis açúcares, sólidos solúveis totais e os açúcares redutores. Para o ácido ascórbico a mesma no estágio fisiológico atingiu as maiores concentrações.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) mediante Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) N°. 269, de 22 de setembro de 2005 regulamenta a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina C para adultos de 45mg; lactantes de 0-6 meses 25mg e de 7 a 11 meses de 30mg; crianças de 1 a 6 anos de 30mg e 7 a 10 anos 35mg; gestantes 55mg; e lactantes 70mg (BRASIL 2005). Assim a manga princesa pode se fazer presente na alimentação de todas as faixas etárias como uma fonte de ácido ascórbico diária.

Pereira *et al.* (2002), em pesquisa quanto ao Germoplasma de manga no Brasil, que são bancos genéticos, apresenta a manga princesa em três, sendo em: Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) localizado na Embrapa Semiárido, Petrolina – PE; na Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Campus de Jaboticabal – SP; e no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) – SP. Onde são realizados pesquisas quanto a caracterização, classificação, produtividade e os atributos dos frutos estudados.

3.3 - Secagem

A secagem consiste na retirada de líquido (água) de um meio, reduzindo assim reações indesejáveis como as provocadas por microrganismos. Esse é um método de conservação mais utilizado em produtos agropecuários (SILVA, 2010). É uma metodologia que concomitantemente trata-se da transferência de calor e massa, podendo compreender além disso aspectos quanto a transferência de quantidade de movimento (FERREIRA e PENA, 2010).

Os métodos de secagem podem ser divididos em dois: a natural e a artificial. A primeira é um método de utilização antiga a qual o processo de secar ocorre pelo sol ou vento. Já a segunda, é necessário o provimento de energia, sendo ela mecânica, diferente do solar. Além do calor que deve ser fornecido para haver o processo de evaporação, retirando a umidade do produto, deve-se obter sorvedor para remover a umidade da face exterior do produto a secar (PARK; YADO; BROD, 2001).

A utilização da secagem transpassa a finalidade da conservação dos produtos alimentícios, sendo utilizado para o desenvolvimento de produtos distintos introduzidos em massas alimentícias, produtos lácteos entre outros. Esse processo proporciona a concentração de compostos nutritivos como também aumento da vida útil, ambos decorrentes da diminuição do percentual de água do alimento, além do sabor que se conserva estável por longo tempo (MACHADO *et al.*, 2010).

Os alimentos em pó vêm sendo cada vez mais empregados pela indústria alimentícia. Essa utilização é decorrente da redução de custos tendo em vista a menor quantidade de embalagem, armazenamento e conservação devido ser um produto compacto, melhorando assim o transporte (MADUREIRA *et al.*, 2012).

A redução do teor de água do produto, processo precedente que ocorre para a transformação de polpa de fruta em pó, acarreta vários benefícios extras. A taxa de deterioração reduz proporcionalmente a redução da atividade de água da matéria-prima, uma vez que os frutos possuem uma quantidade de cerca de 80% de água. Há também uma maior estabilidade do material, resultando em um alimento disponível a qualquer época do ano, devido a ampliação da vida útil. Essa é uma forma de manter a qualidade e aumentar a utilização de produtos sazonais (GOUVEIA *et al.*, 2003) (PARK; YADO; BROD, 2001).

3.3.1 - *Secagem em camada de espuma (foam-mat drying)*

A secagem em camada de espuma é um método simples que consiste na transformação de uma matéria-prima em seu estado líquido ou semilíquido, em uma espuma consistente. Esta é formada a partir da batadura da mesma, fazendo uso de agentes que proporcionem estabilidade durante o processo de incorporação ar. Sendo seca através da circulação de ar aquecido, e interrompido o processo quando o material obtiver percentual de umidade que impossibilite reações seja química, enzimática ou microbiológica. Esse procedimento é viável devido ao baixo custo; menor tempo de secagem, ocasionado pela área superficial a secar ser maior, ficando ágil a retirada de água; e menores temperaturas. Assim, ao fim dessa ação tem-se um produto permeável de fácil reidratação (MELO *et al.*, 2013).

Alguns alimentos contêm em sua composição compostos que possibilitam a formação de espuma quando submetidos ao batimento, como proteínas e monoglicerídeos, todavia, não é suficiente para uma consecutiva desidratação. Assim, a utilização de agentes aditivos que forme a espuma é indispensável (SILVA FILHO, 2012). Este tipo de desidratação, se comparada com a secagem com as mesmas condições de um líquido, é três vezes mais rápida (BAPTESTINI *et al.*, 2015).

É necessário o estudo das concentrações ideais dos aditivos utilizados para formação da espuma de polpa de frutas. Pois, são determinantes no processo, sendo a massa específica e estabilidade as propriedades mais relevantes. Devem ser capazes de suportar as condições a qual são submetidas como o espalhamento, batimento e a secagem em si (CRUZ, 2013).

Soares (2009) relatou algumas desvantagens do método de secagem em camada de espuma, quando compara a outras metodologias de desidratação de líquidos: a superfície da espuma a secar ocupar uma grande área, o que acarreta em um aumento no custo de investimento no processo; possibilidade de modificação nas características organolépticas do produto, ocasionadas pelo uso dos aditivos na elaboração; e a falta de equilíbrio no decorrer da secagem. Como influenciadores do equilíbrio da espuma pode-se citar as características químicas da matéria-prima, concentrações e tipos de agentes espumantes utilizados.

Pereira (2008) relata que uma desvantagem de produtos alimentícios em pó contendo umidade abaixo de 5% é a grande capacidade higroscópica. Assim, durante o processo é necessário ambiente com umidade relativa (UR) baixa, principalmente nas

operações de moagem, peneiração e envase, sendo esta desvantagem dada ao produto e não ao método.

A secagem em camada de espuma vem sendo muito empregado, como em: suco de yacon (FRANCO, 2015), cenoura (DELMIRO, 2016), polpa de graviola (GURGEL, 2014; GURGUEL *et al.*, 2015), banana (SEVERO, 2016), goiaba (CRUZ, 2013), fruto do mandacaru (MELO *et al.*, 2013), mamão papaia (SILVA, 2018), extrato de beterraba (SANTOS, 2018), abacaxi e manga (DANTAS, 2010), manga cv. Keitt (GUIMARÃES, FIGUEIRÊDO, QUEIROZ, 2017), suco de tomate (UBOLDI, 1971), uvaia (RIGUETO *et al.*, 2018), dentre outras. O tempo e a temperatura de secagem são dependentes da matéria-prima.

3.4 - Cinética de secagem

Vilela e Arthur (2008) atribuem à cinética de secagem um papel importantíssimo, pois é através das informações contidas nas curvas geradas que se pode analisar, ampliar e avaliar os equipamentos secantes e o comportamento da matéria-prima. A principal curva gerada é a razão de água perdida em função do tempo de secagem, assim, pode-se prever qual o tempo necessário que uma determinada amostra levará para adquirir uma umidade sob condições controladas. Informa ainda o limite de umidade do produto na secagem, a estimativa do tempo em que a mesma ocorrerá. Possibilitando o planejamento de toda a produção, e o gasto energético em função do tempo de secagem.

Fatores que podem alterar as curvas de secagem em camadas finas são: as espécies utilizadas, os métodos no preparativo pós-colheita, a variedade usada, as condições ambientais, entre outras (GONELI *et al.*, 2007).

A secagem pode ser acelerada decorrente da temperatura do ar de secagem ou pelo aumento da velocidade em que o ar passa pelo produto, sendo este ar dependente de fatores como a umidade inicial do produto e a espessura da camada (GOUVEIA *et al.*, 2003).

Silva (2008) descreve as curvas de secagem em quatro períodos: 1) dado pelo aumento progressivo da temperatura e da pressão do vapor de água do produto a secar; 2) devido a equivalência das transferências de calor e massa é tido como constante da secagem; 3) ocorre a transferência de massa a qual é decorrente da diminuição do teor de água na face do produto, sendo este representativo de uma curva decrescente de secagem. O último é a não observação de transferência de massa, ou seja, quando se atinge

equilíbrio entre o produto e o meio, dá-se por finalizado o processo, pois chegou-se ao ponto de equilíbrio de umidade.

3.5 – Modelagem matemática

Os modelos matemáticos são uma ferramenta que possibilitam a representação da perda de água de um produto durante a secagem. Essa simulação é importante de cada produto, para melhor desenvolver e aperfeiçoar os aparelhamentos de secagem (CORRÊA *et al.*, 2010).

São três os tipos de modelos matemáticos em camada fina empregados para delinear a cinética de secagem de produtos agrícolas: o modelo teórico, o modelo semiteórico ou semiempírico e o modelo empírico (FARIA *et al.*, 2012).

O modelo teórico leva em consideração os fatores resistência interna à transferência de calor e a água entre o produto e o ar quente (MARTINS *et al.*, 2015) sendo o instrumento principal a difusão, a qual é fundamentada na segunda Lei de Fick, na qual o movimento de massa é diretamente equivalente a taxa de concentração de água (PEREZ *et al.*, 2013). A difusão pode envolver: a difusão molecular, na superfície, capilar, de vapor térmico, e o uso hidrodinâmico, entre outros diferentes mecanismos que podem circundar os produtos agrícolas durante a secagem (GONELI *et al.*, 2014).

O modelo semiteórico, o qual vem sendo dado destaque em secagem em camada de espuma, fundamenta-se na Lei de Newton para o resfriamento, a qual é aplicada à transferência de massa. Entre os modelos matemáticos com base no modelo semiteórico pode-se citar: o de Henderson e Pabis, o de Dois Termos e o de Page tem sido empregado (JUSTI *et al.*, 2017).

O método empírico consiste nas análises de fatores externos a secagem podendo estes serem estabelecidos em laboratório e no emprego de análise adimensional (ALEXANDRE *et al.*, 2009).

Na maioria das vezes os modelos semiteórico e empírico tem demonstrado melhores resultados quanto a antever a secagem, mesmo estando restrita as circunstâncias a que os dados experimentais foram adquiridos (RESENDE *et al.*, 2010).

No experimento realizado por Moura *et al.* (2004) sobre modelagem matemática para isotermas de caju, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o de GAB (Guggenheim, Anderson e de Boer), o qual para todas as temperaturas (35, 40, 50, 60 e 65°C) obteve ótimo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,999$) e desvio médio relativo (P) baixo. Contudo os outros modelos aplicados (BET (Brunauer, Emmett e de Teller),

Halsey, Oswin) também se ajustaram satisfatoriamente ao experimento, podendo ser utilizados para o cálculo da umidade de equilíbrio higroscópico do fruto em questão.

Waughon e Pena (2008) dos dez modelos matemáticos aplicados na secagem em camada fina da fibra residual do abacaxi, os autores destacaram os modelos de Page, Page modificado e Dois termos exponencial, devido a fácil linearização e ajustados aos dados experimentais.

Dantas (2010), em estudo sobre a desidratação em camada de espuma de abacaxi e manga, obteve resultados mais adequados para o modelo matemático de Page, quando comparado com o de Henderson e Pabis, visto ao maior valor do coeficiente de determinação. Os valores obtidos do modelo de Henderson e Pabis foram superiores a 0,900, mas como foram inferiores ao de Page, considerou-se resultados insatisfatórios.

Já no experimento de Anselmo *et al.* (2006), o modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata foi o melhor modelo que mais se adequou na representatividade quanto ao experimento das isotermas de equilíbrio hidrosférico do pó de cajá, ou seja, das curvas que ligam os pontos de igual temperatura durante o equilíbrio da absorção de água.

3.6 - Aditivos alimentares

Os aditivos alimentares são substâncias adicionadas aos alimentos afim de propiciar mudanças quanto a suas características dos constituintes, sejam eles físicos, químicos, biológicos ou sensoriais. A secagem em camada de espuma utiliza estes agentes para promover estabilidade e fortificar a área de interação durante o processo no qual o alimento é submetido (SILVA, 2015).

Oliveira (2017) utilizou o Emulstab como aditivo na secagem em camada de espuma de sangue bovino. Já Souza (2016) utilizou diferentes aditivos: albumina, hortelã, gelatina e *Agar-agar*, avaliando suas estabilidades para a formação da espuma das frutas umbu e abacaxi. Concluindo após estudo que a formulação com maior percentual de albumina e menor teor de gelatina proporcionaram resultados mais satisfatórios, contribuindo para a secagem, além de tornar o processo mais viável financeiramente.

Das concentrações dos aditivos Emulstab e Super Liga Neutra estudadas por Silva *et al.* (2017) em função do tempo de aeração, obteve melhor estabilidade para a concentração intermediária de 4% de aditivo total, por um tempo de aeração de 10 minutos. Já Ronchetti (2014) fez uso de emulstab para produção de espuma estável de cenoura, beterraba e tomate, já para o morango utilizou albumina como aditivo.

3.6.1 - Emulsificantes

Os emulsificantes são utilizados como aditivos em alimentos, no qual a molécula possui uma extremidade polar e outra extremidade apolar, denominadas de moléculas anfílicas, ou seja, os emulsificantes diminuem a tensão que separa duas substâncias, fazendo com que substâncias imiscíveis, se tornem miscíveis como por exemplo a água e o óleo (ANDRADE, 2013).

A indústria alimentícia faz uso de emulsificantes em vários produtos com efeito de estabilizar a emulsão, na prevenção de separação de gordura, solubilização de vitaminas, melhoria de estrutura, entre outros. São encontrados em alimentos como: a margarina, salsicha, os chocolates, pães, sorvete, maionese, entre tantos segundo a *Food Ingredients Brasil* (2013).

Os emulsificantes conferem ao produto a capacidade de auxiliar na manutenção da emulsão formada, prevenindo a formação de cristais de gelo (mesmo em variações térmicas) no congelamento e estocagem, devido a aptidão de reter água (MACHADO, 2005).

Os emulsificantes sintéticos) mais utilizados são os derivados de glicerol e ésteres de sorbitana, muito utilizado em sorvetes os provenientes do glicerol, estes na maioria são utilizados juntamente com os estabilizantes, mantendo a emulsão (SANTOS, 2008).

3.6.2 - Estabilizantes

Os estabilizantes atuam sobre a água livre do alimento, afim de reduzir a cinesia e aumentando a viscosidade do produto (CARVALHO, 2014). São utilizados para aumentar a viscosidade da mistura, característica essencial dos sorvetes, evitando a recristalização decorrentes da variação da temperatura no armazenamento, influenciando em seu desempenho reológico. Sendo a viscosidade a propriedade reológica mais importante, os muitos estabilizantes utilizados conferem corpo, textura e auxiliam na incorporação de ar adequada (OLIVEIRA, 2005).

As gomas guar e xantana recebem denominações comerciais de liga neutra (SANTOS, 2008).

3.7 - Produtos alimentícios em pó

Os alimentos transformados em pó estão sendo cada vez mais utilizados pelas indústrias alimentícias nacionais (COSTA, MEDEIROS, MATA, 2003). São várias as

vantagens dadas aos alimentos em pó, desde a sua flexibilidade no que tange ao armazenamento, processo de obtenção, manuseio, estabilidade dos constituintes, entre outros. Dentro desta classe de alimentos estão os leites em pó, sopas, alimentos para crianças em fase de amamentação, bebidas com base de cacau em pó, os suplementos proteicos, as misturas pré-prontas para panificação, entre várias outras (VISSOTTO *et al.*, 2006).

O teor de umidade máxima apresentado na legislação para este tipo de produto de acordo com a RDC n° 272 de 22 de setembro de 2005, diz que os produtos obtidos de frutas secas ou desidratados, com exceção das frutas secas tenras, devem conter umidade máxima de 25% (g/100g) no produto (BRASIL, 2005).

A qualidade dos produtos alimentícios em pó está fundamentada em várias propriedades às quais são sujeitas a aplicabilidades específicas. São elas: os fatores de primeira disposição são as propriedades físicas e químicas como a umidade final, densidade, solubilidade, e as propriedades reológicas. Na atualidade a elaboração de novos produtos e a redução das despesas do processo são os principais desafios. Por isso, durante o processo utiliza-se toda a capacidade de manufatura da instalação sendo o processo orientado para haver um maior rendimento da produtividade, sem desperdícios do produto, além da redução de custos com outras áreas do processo (LANNES e MEDEIROS, 2003).

4 - METODOLOGIA

4.1 - Local de realização da pesquisa

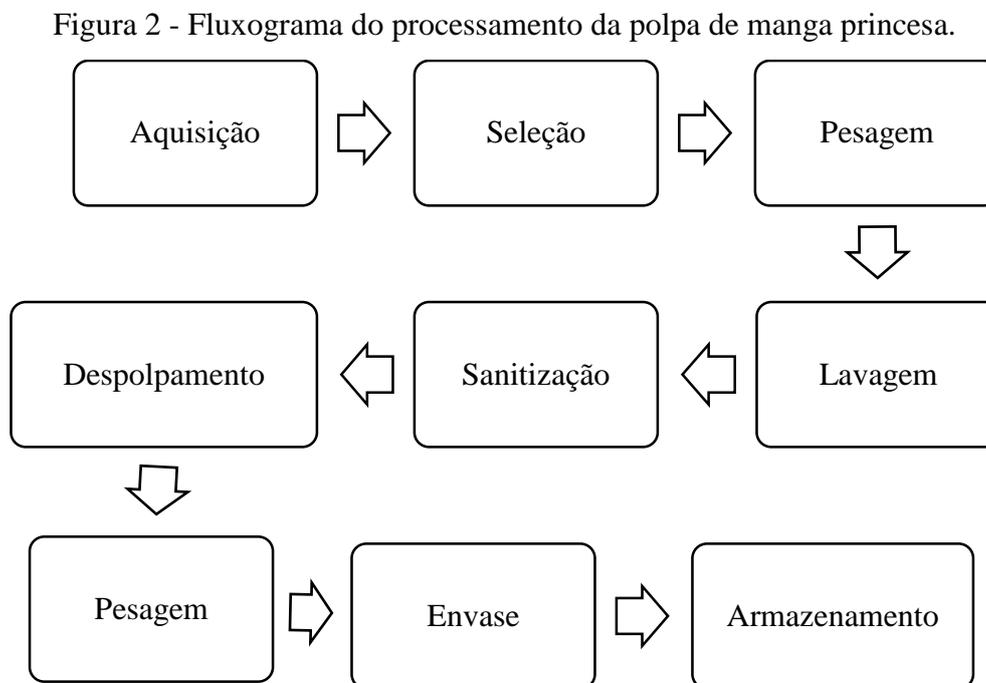
Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Processamento de Produtos de Origem Vegetal e Laboratório de Físico-química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, *campus* Salgueiro, na Unidade Acadêmica de Tecnologia em Alimentos (UATA).

4.2 – Matéria-prima

A matéria-prima base para a realização da pesquisa, manga da variedade princesa, foi adquirida nas proximidades de Santa Maria da Boa Vista –PE. Os aditivos Super Liga Neutra® e Emulstab®, foram adquiridos no comércio, sendo escolhidos em função da eficiência, disponibilidade no comércio e baixo custo.

4.3 - Elaboração da polpa

Para a elaboração da polpa seguiu-se as seguintes etapas, como está apresentado no fluxograma contido na Figura 2.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a aquisição dos frutos, os mesmos foram direcionados ao laboratório de Processamento de Produtos de origem vegetal, onde deu-se seguimento ao processo, inicialmente com seleção dos frutos descartando aqueles com danos e/ou problemas que venham a comprometer a qualidade da polpa. Posteriormente foram lavados, afim de remover as sujidades, e pesados para averiguação do rendimento da polpa dos frutos e sanitizados sob imersão utilizando solução clorada a 50 ppm de cloro ativo (v/v) por 15 minutos.

O despulpamento foi realizado em uma despulpadeira modelo DFMC 200 monofásica. Foram pesados tanto os resíduos como a polpa, para averiguar o percentual de rendimento. A polpa obtida foi acondicionada em sacos polietileno selados com 400g por embalagem e armazenados sob congelamento a - 4°C, até o uso.

4.4 - Teste da espuma

Foram realizados três testes preliminares com percentuais crescentes de Super Liga Neutra® e Emulstab®. Foram utilizadas as seguintes concentrações por ensaio: 1- liga neutra (1,5%) e emulstab (1%), 2- liga neutra (2,5%) e emulstab (2%) e 3- liga neutra (3,5%) e emulstab (3%), baseados em para 200 g de polpa.

O teste de espuma consistiu em bater a polpa com aditivos utilizando uma batedeira planetária da marca Arno®, como está apresentado na figura 3, retirando a cada 5 minutos uma alíquota da amostra no período de 30 minutos, resultando assim 6 amostras de espuma por ensaio.

Figura 3 - Teste da espuma de manga princesa.



Fonte: Autoria própria (2019).

O objetivo da análise foi escolher a espuma, que apresentasse parâmetros como espuma firme (sem escorrer ao virar o recipiente, utilizando para o teste copo plástico transparente), menor percentual de aditivos e menor tempo de batimento.

4.5 - Análises físico-químicas

Foram realizadas análises para a polpa de manga princesa *in natura*, espuma formulada e pós de manga obtidos durante a secagem. Estas amostras foram analisadas em triplicatas quanto a umidade (%), sólidos totais (%), cinzas (%), açúcares redutores em glicose (%), açúcares não redutores em sacarose (%), açúcares totais (%), acidez total titulável em ácido cítrico (%), ácido ascórbico (%), lipídeos (%), sólidos solúveis totais (°Brix), densidade (g/cm^3), relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável e pH.

4.5.1 - Umidade e teor de sólidos totais

Foi utilizado o método gravimétrico que consiste na diferença de peso inicial e final da amostra após 24 horas em estufa a 105°C , sendo os resultados expressos em percentual (%), conforme preconiza as normas descritas no Instituto Adolfo Lutz (2008);

4.5.2 - Resíduos minerais fixos (cinzas)

As amostras a amostra foram incineradas a 550°C por 6 horas em forno mufla (IAL, 2008) e os resultados foram mensurados em percentual.

4.5.3 - Acidez total titulável

Foi utilizado o método titulométrico com solução de NaOH 0,1N e fenolftaleína como indicador de ponto de viragem, e o resultado foi expresso em ácido cítrico (%) e Acidez Total Titulável (ATT) (%) (IAL, 2008).

4.5.4 - Densidade

Está análise foi realizada para polpa *in natura* e para espuma formulada selecionada. O método consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra utilizando um picnômetro com volume conhecido. A densidade (m/v) foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras conforme IAL (2008) equação (4.1).

$$p = \frac{m}{v} \quad (4.1)$$

Em que:

p : densidade, g.cm⁻³;

m : massa, g;

V : volume, cm³.

4.5.5 - Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado pela metodologia preconizada pela AOAC (1997) modificada por Benassi e Antunes (1998), a qual se baseia na redução do 2,6-diclorofenolindofenol-sódico (DCFI) pelo ácido ascórbico, utilizando o ácido oxálico como solução extratora e os resultados obtidos expressos em mg/100g.

4.5.6 - Sólidos solúveis totais

Os percentuais de sólidos solúveis totais foram determinados utilizando-se refratômetro portátil (escala de 0 a 32 °Brix) sendo aferida a temperatura para correção do valor, uma vez que a leitura do refratômetro é realizada a 20°C, de acordo com a metodologia descrita pelo IAL (2008).

4.5.7 - Açúcares redutores em glicose

Foram determinados pela técnica da titulometria utilizando Fehling em aquecimento, sendo os resultados obtidos em percentual (%), de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.5.8 - Açúcares não redutores em sacarose

Foram determinadas pelo método baseado na multiplicação da diferença entre as porcentagens de açúcares totais e açúcares redutores com o fator de correção 0,95, sendo os resultados obtidos em percentual, seguindo a metodologia descrita no IAL (2008).

4.5.9 - Açúcares totais em glicose

Utilizou-se a técnica da titulometria com solução de Fehling com aquecimento, de acordo com IAL (2008), os resultados apresentam-se em percentual.

4.5.10 - Relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável SST/ATT

Determinou-se através da divisão direta dos sólidos solúveis totais (SST) pela acidez total titulável (ATT) sendo expressos em percentual (%).

4.5.11 - pH

O pH foi determinado pelo método do potenciométrico através de medidor digital da marca Tecnal modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Os resultados foram expressos em unidades de pH (IAL, 2008).

4.6 - Cinética de secagem

As razões de água (RX) e as curvas de razão de água em função do tempo de secagem foram calculadas e construídas a partir dos dados de perda de massa das amostras durante as secagens (as quais foram pesadas em intervalos iniciais de 5 minutos com duração de 50 min.; 10 min. durante 1h40min; de 20 min. durante 2h; 30 min. durante 3h; e de 1h interrompendo o processo ao se atingir o equilíbrio) e dos teores de água determinados ao final do processo.

Para o cálculo da razão de água foi utilizada a equação 4.2.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (4.2)$$

Em que:

RX: razão de água do produto (adimensional)

X: teor de água do produto

X_i: teor de água inicial do produto e;

X_e: teor de água de equilíbrio do produto.

Está apresentado na figura 4 apresenta a matéria-prima em bandejas para secagem em estufa de circulação de ar aquecido.

Figura 4 - Secagem em camada de espuma da polpa da manga princesa em a estufa de circulação de ar.



Fonte: Autoria própria (2019).

Os modelos matemáticos aplicados foram de Page; Midilli; e Henderson e Pabis. Estes foram ajustados aos dados experimentais obtidos do processo de secagem. Empregou-se o software STATISTICA 7.0® por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton. Os modelos matemáticos e suas respectivas equações encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Modelos matemáticos empregados para os ajustes aos dados experimentais de secagem.

Modelo	Equação	Referências
Midilli	$RX = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli <i>et al.</i> (2002)
Page	$RX = \exp(-kt^n)$	Page (1949)
Henderson e Pabis	$RX = a \exp(-kt)$	Henderson e Pabis (1961)

Fonte: Autoria própria (2019).

Em que:

RX - Razão de água do produto; adimensional.

t - Tempo de secagem (min).

a, k, n, b - Constantes do modelo; adimensional.

Para escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais, considerou-se com maior coeficiente de determinação (R^2) e menor desvio quadrático médio (DQM). O DQM foi calculado conforme a equação 4.3.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (4.3)$$

Em que:

DQM- desvio quadrático médio;

RX_{pred} - razão de água predito pelo modelo;

RX_{exp} - razão de água experimental e

n : número de observações

4.7 - Planejamento experimental

Para a etapa de secagem foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais, resultando em 7 experimentos. Foram utilizadas como variáveis independentes a temperatura (50, 60 e 70 °C) e a espessura da camada de espuma de (0,3; 0,5 e 0,7 cm), como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Espaço experimental usado para secagem da polpa de manga princesa em camada de espuma com suas respectivas variáveis independentes, seus níveis reais e codificados.

Experimentos	Variáveis independentes	
	Temperatura (°C)	Espessura (cm)
1	-1 (50)	-1 (0,3)
2	+1 (70)	-1 (0,3)
3	-1 (50)	+1 (0,7)
4	+1 (70)	+1 (0,7)
5	0 (60)	0 (0,5)
6	0 (60)	0 (0,5)
7	0 (60)	0 (0,5)

Fonte: Autoria própria (2009).

Os dados obtidos experimentalmente da caracterização físico-química da polpa da manga princesa, da espuma e dos pós da polpa da manga princesa foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial, com três repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Assistat, versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Caracterização da polpa da manga princesa *in natura*

Os resultados obtidos para a caracterização físico-química da polpa da manga princesa *in natura*, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização físico-química da polpa da manga princesa *in natura*.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Brasil (2016)*
Umidade (%)	84,65	± 0,21	-
Sólidos totais (%)	15,35	± 0,21	12,50
Cinzas (%)	0,37	± 0,10	-
Sólidos solúveis totais (°Brix)	17,53	± 0,00	12
Acidez total titulável (%)	6,13	± 0,10	-
Acidez titulável (% de ácido cítrico)	0,39	± 0,01	0,30
pH	4,73	± 0,00	3,50
Relação (SST/ATT)	2,86	± 0,05	-
Açúcar redutor (%)	4,04	± 0,04	-
Açúcar não redutor (%)	1,79	± 0,03	-
Açúcar total (%)	5,83	± 0,04	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	6,41	± 0,63	6,10
Densidade (g/cm ³)	1,03	± 0,09	-
Lipídeos (%)	0,32	± 0,14	-
Polpa (%)	60,68	-	-

*Padrões mínimos exigidos

Os valores apresentados foram comparados com o regulamento técnico para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de manga, mediante Portaria n°58, de agosto de 2016 (BRASIL, 2016). Devido a existência de poucas publicações sobre a manga princesa, comparou-se os resultados com outras variedades de manga. Os dados apresentados corroboram com os padrões mínimos exigidos pela legislação.

O grande percentual de umidade dos produtos *in natura*, de origem vegetal comunica característica perecível, ou seja, deteriorar-se com facilidade, desde a colheita do vegetal (GAVA, SILVA, FRIAS, 2009). Este elevado percentual de umidade também

foi observado para polpa da manga princesa, 84,65%, caracterizando-a como alimento perecível e influenciando na sua qualidade, estabilidade, composição e armazenamento.

A umidade da polpa de manga do presente estudo foi superior a umidade da manga Ubá (79,8%) (FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009), da manga *Harden* (81,98%) (DAMIANI *et al.*, 2009), e inferior a manga *Tommy Atkins* (87,03%) (SIMÕES, 1997). Esta diferença se deve a cultivar analisada e ao método de determinação de umidade.

Oliveira, Afonso e Costa (2011) consideram a umidade, ar e outros fatores, facilitadores para a ação de micro-organismos deteriorantes no alimento. A desidratação é uma das alternativas para esse tipo de alimento, uma vez que há uma redução da umidade que minimizam a ação desses agentes.

O teor de cinzas detectado na polpa de manga princesa foi de 0,37 %. O valor foi próximo ao reportado por Damiane *et al.* (2009) de 0,32% para manga *Harden*, e superior ao da manga *Tommy Atkins* (0,276%) em estudo realizado por Simões (1997).

As cinzas em alimentos são importantes, pois são tidas como medida geral da qualidade do alimento, uma vez que reflete na quantidade de minerais contido no alimento (CHAVES *et al.*, 2004).

Os resultados dos parâmetros pH e acidez total titulável (ATT), 4,73 e 6,13, respectivamente, sugerem que a manga princesa se encontra em estágio de maturação maduro. Com o amadurecimento há uma diminuição da acidez total e aumento do pH, conforme observado por Rocha *et al.* (2001) em estudo sobre uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga *Tommy Atkins*.

Segundo Franco e Landgraf (2008) o pH é um dos fatores intrínsecos dos alimentos que podem, dependendo de uma série de razões, propiciar um meio capaz de sobreviver ou multiplicar micro-organismos. O pH da polpa da manga princesa, 4,73, encontra-se na subdivisão de alimentos de baixa acidez (superiores a 4,5), assim, está sujeito a micro-organismos patogênicos e deteriorantes.

O teor de acidez em ácido cítrico, 0,39%, foi inferior aos da variedade de manga *Tommy Atkins* (0,51%) no estudo de Assis, Silva e Moraes (2004) bem como a relação SST/ATT (17%) do presente estudo (2,86). A acidez em ácido cítrico foi semelhante as das variedades: amarelinha, Edward, Felipe, Harden, Oliveira Neto e Ubá dos estudos por Silva *et al.* (2009).

Quanto aos açúcares totais apresentou-se com 5,83%, estes inferiores aos reportados para polpa de manga congelada (7,21%) de estudos de Araújo, Alves e Marques (2018), também é inferior a outras frutas como a polpa de jabuticaba (11,80%)

(SATO e CUNHA, 2007), e polpa de pitanga (7,77%) (LOPES; MATTIETTO; MENEZES, 2005). Já para os sólidos solúveis totais (°Brix) apresentou-se com média de 17,53.

Quanto a análise de ácido ascórbico, da polpa de manga princesa apresentou resultados (6,41 mg/100g) dentro do exigido pela legislação para polpa de manga, contudo, inferiores aos reportados na literatura, com base nos estudos de Silva *et al.* (2010) em que para a mesma variedade obtiveram para a polpa madura 101,46 mg/100g. Essa discrepância entre os resultados pode ser explicada por fatores de plantio incluindo solo, água, insolação, entre outros. Os resultados foram inferiores a manga *Tommy Atkins* 27,1 mg/100g (YAMASHITA *et al.*, 2001), a *Rosa* (52,11 mg/100g) e *Tommy Atkins* (36,24 mg/100g) dos estudos de Bezerra *et al.* (2011).

Quanto a variável lipídeo a polpa em estudo apresentou com 0,32%. Esse valor foi semelhante a cagaita (*Eugenia dysenterica*), fruta do cerrado, para a casca e polpa (0,32%) (ROESLER *et al.*, 2007).

Os valores obtidos na caracterização da manga princesa foram similares aos reportados por Branco e Gasparetto (2003) para caracterização de polpa da manga da variedade *Harden*, para as variáveis pH (4,28), acidez (0,33) e sólidos solúveis (°Brix) (17). Já para açúcares redutores a manga *Harden* apresentou resultados inferiores (2,9706%), como também para o percentual de polpa ou rendimento (29,68%), na qual a manga princesa obteve 60,68% de polpa, com 31% a mais de rendimento do que a manga *Harden*.

Ao comparar com a caracterização físico-química da manga espada do estudo de Silva *et al.* (2016) percebe-se que das variáveis analisadas pelos pesquisadores, apenas cinzas (0,36%) e o °Brix (18%) encontram-se próximos a presente pesquisa. Essa diferença apresentada pode ser relacionada a diversos fatores, sendo o mais relevante a variedade.

As diferenças obtidas no presente estudo podem ser explicadas devido a composição das mangas variar de acordo com a cultivar, condições culturais e atmosféricas, estágio de colheita, armazenamento, métodos aplicados na pós-colheita e os processamentos agregados. Quanto a caracterização de manga citados por Ramos, Sousa e Benevides (2004) dos parâmetros apenas a relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável foi a única variável que obteve valores inferiores, uma vez que os reportados assumem correspondentes a faixa de 20 a 116, e o obtido para a manga princesa 2,86.

5.2 - Comparação da polpa de manga princesa *in natura* e espuma formulada

A comparação da caracterização da polpa de manga princesa com a espuma formulada está apresentada na tabela 4.

Tabela 4 - Comparação quanto a caracterização físico-química da polpa da manga princesa com a espuma formulada.

Variáveis	Polpa	Espuma
Umidade (%)	84,65 ± 0,21 ^a	81,08 ± 0,89 ^b
Sólidos totais (%)	15,35 ± 0,21 ^b	18,92 ± 0,89 ^a
Cinzas (%)	0,36 ± 0,10 ^a	0,37 ± 0,02 ^a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	17,53 ± 0,00 ^b	20,40 ± 0,00 ^a
Acidez total titulável (%)	6,13 ± 0,10 ^a	6,71 ± 1,13 ^a
Acidez titulável (% de ácido cítrico)	0,39 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,07 ^a
pH	4,73 ± 0,00 ^b	4,82 ± 0,02 ^a
Relação (SST/ATT)	2,86 ± 0,05 ^a	3,09 ± 0,47 ^a
Açúcar redutor (%)	4,04 ± 0,04 ^a	3,12 ± 0,04 ^b
Açúcar não redutor (%)	1,79 ± 0,03 ^a	1,03 ± 0,03 ^b
Açúcar total (%)	5,83 ± 0,04 ^a	4,15 ± 0,04 ^b
Ácido ascórbico (mg/100g)	6,41 ± 0,63 ^b	9,55 ± 0,87 ^a
Densidade (g/cm ³)	1,031 ± 0,09 ^a	0,36 ± 0,03 ^b
Lipídeos (%)	0,32 ± 0,14 ^b	0,74 ± 0,06 ^a

Valores médios, na mesma linha, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao comparar a polpa *in natura* com a espuma formulada de manga princesa (Super Liga Neutra® 3,5% e Emustab® 3% com 15 minutos de batimento), observa-se que as variáveis que não houveram diferenças estatísticas significativas foram para cinzas, Acidez Total Titulável (ATT), acidez em ácido cítrico e a relação (SST/ATT).

A umidade decresceu significativamente na espuma (81,08%) quando comparada com a polpa (84,65%), que pode ser explicado pela incorporação dos aditivos para a elaboração da espuma, como também o tempo de batimento (15 minutos). A polpa, como já esperado, apresentou maior percentual de umidade diferindo estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Tukey da espuma formulada.

O aumento dos sólidos totais está relacionado ao percentual de umidade, o qual é inversamente proporcional, quanto maior o percentual de umidade de um alimento menor será o teor de sólidos contidos neste.

Os aditivos utilizados não interferiram no percentual de cinzas da espuma (0,37%), permanecendo quase a mesma da polpa (0,36%), sem diferenças estatísticas significativas. Contudo, interferiram no teor de sólidos solúveis totais (°Brix), havendo um acréscimo significativo na espuma (20,40).

O teor de sólidos solúveis (°Brix) da manga princesa é semelhante aos reportados por Silva *et al.* (2017) para espuma da manga espada (19,80). Segundo os mesmos autores, devido estes aditivos possuírem carboidratos na sua estrutura explica-se a elevação dos sólidos solúveis e elevação dos açúcares. O mesmo foi obtido na presente pesquisa, sendo contrário para o teor de açúcares, que obteve diferença estatística significativa a qual a espuma formulada obteve menor percentual.

Houve um acréscimo significativo no pH, aumentando para a espuma formulada da manga princesa (4,82) quando compara a polpa, o que não foi observado para a espuma da manga espada de Silva *et al.* (2017) podendo ser explicada pela quantidade de aditivo utilizada (3%). Assim, pode-se perceber que com o aumento da quantidade de aditivos aumentam as diferenças estatísticas quando comparada com a polpa *in natura*. Contudo estas diferenças a depender do percentual e da variável analisada não são negativas, uma vez que houve aumento na quantidade de ácido ascórbico na espuma da manga princesa.

Devido ao processo de batimento com duração de 15 minutos, afim de transformar a polpa em espuma, influenciou na densidade da espuma (0,36 g/100cm³) que reduz significativamente devido a incorporação de ar no processo, ficando assim a espuma leve e porosa. Foi observado por Cavalcante Neto (2017) que quanto maior o tempo de batimento e aditivo utilizado menor é a densidade da espuma formada.

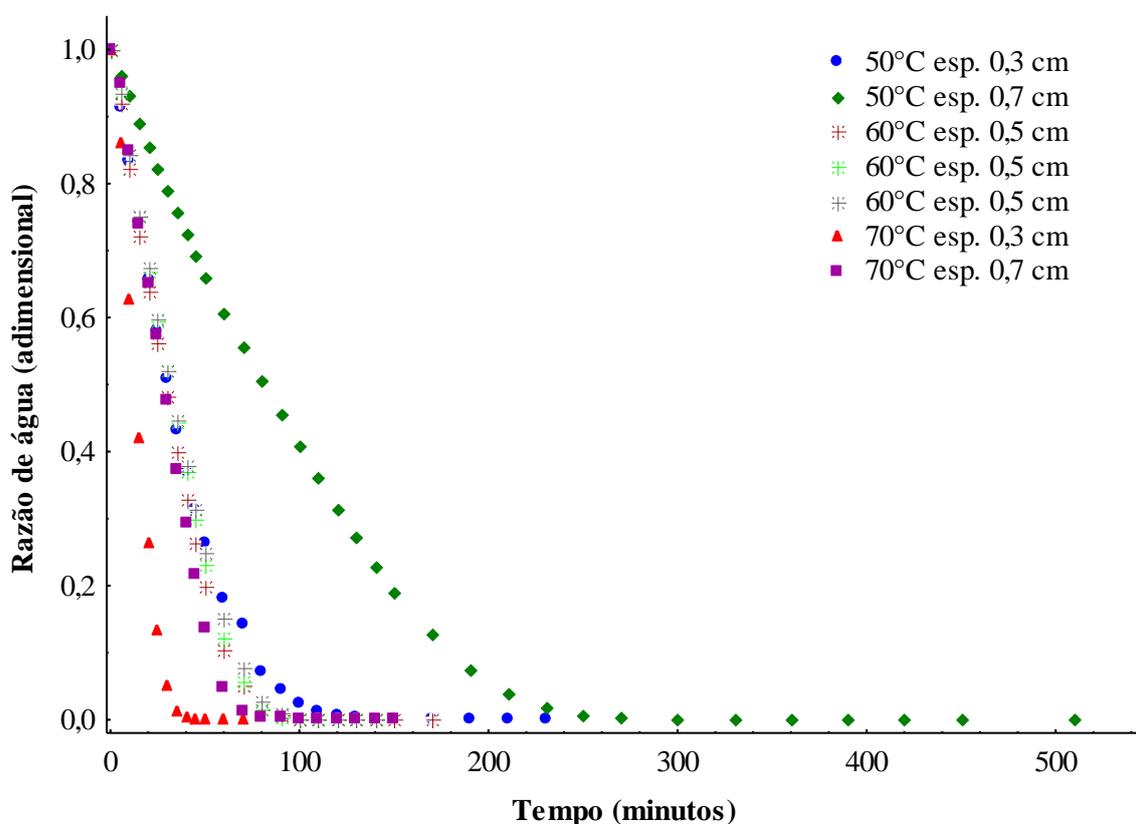
As frutas, possuem baixíssimo percentual de lipídeos, salve algumas. A diferença apresentada no percentual de lipídeo da polpa de manga (0,32%) para a espuma formula (0,74%), com percentual de diferença de mais de 57%, é devido aos aditivos utilizados, principalmente o Emustab®, que possui em sua composição mono e diglicerídios destilados (FERNANDES, 2010).

5.3 - Cinética de secagem

Após a formulação da espuma, com realização de ensaios preliminares da concentração de aditivos, contendo Emustab® na concentração (3%) e Super Liga

Neutra® (3,5%), procedeu-se a secagem em camada de espuma de polpa da manga princesa, a 50, 60 e 70°C em camada de espuma uniforme a 0,3; 0,5 e 0,7 cm. Os dados obtidos durante o experimento da cinética de secagem da manga princesa estão apresentados na figura 5, sendo expressos em razão de água (adimensional) em função do tempo de secagem.

Figura 5 - Curvas de secagem da polpa em camada de espuma da manga princesa, para todas temperaturas e espessuras analisadas.



Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se no processo de secagem em circulação de ar aquecido da espuma da manga princesa, que a espessura em função da temperatura influenciou o tempo de secagem, ocorrendo mais rápida em espessuras mais finas, com exceção da menor temperatura (50°C).

Para a temperatura de 70°C ocorreram os menores tempos de secagem de 70 e 150 minutos correspondentes a 0,3 e 0,7 cm, respectivamente. Os três pontos centrais de 60°C com espessura de 0,5 cm possuíram tempo de secagem de 170, 140 e 140 minutos. Para

a temperatura de 50°C ocorreram os maiores tempos de secagem de 230 e 510 minutos, correspondentes as espessuras de 0,3 e 0,7 cm, respectivamente.

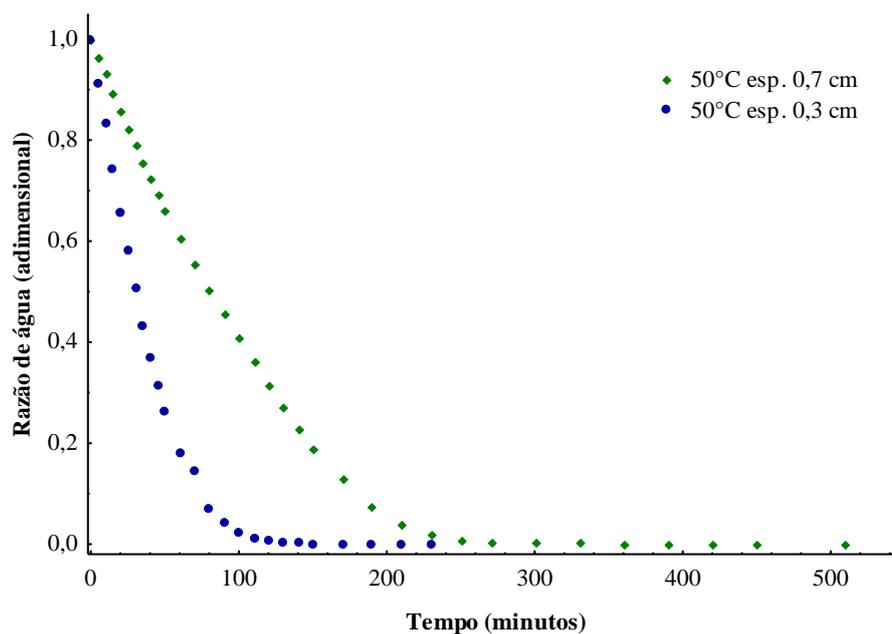
Dieb *et al.* (2015) obtiveram também para a secagem em camada de espuma da graviola menores tempos de secagem para a temperatura de 70°C com espessura da camada de espuma de 0,3 cm.

Silva Filho *et al.* (2016) ao estudarem a secagem em camada de espuma de polpa da manga cv. *Harden*, utilizando os aditivos Super Liga Neutra® (1,5%) e de Emustab® (1,5%), observaram que quanto maior a temperatura utilizada e menor espessura da camada, menor foi a duração da secagem, sendo divididas em 70°C secagem rápida, 60°C intermediária e 50°C mais lenta. Ou seja, oscilações nas temperaturas e espessuras interferem no tempo da secagem, o que também foi observado para espuma da manga princesa.

Martins *et al.* (2015) explicam que a diminuição do tempo de secagem a maiores temperaturas ocorre devido ao favorecimento da transferência de energia no processo na forma de calor, o que foi observado nos seus estudos sobre a secagem da polpa de cladódios de palma forrageira. Breda (2011) também observou em seu estudo, na qual tempo da secagem é independente da formulação da espuma.

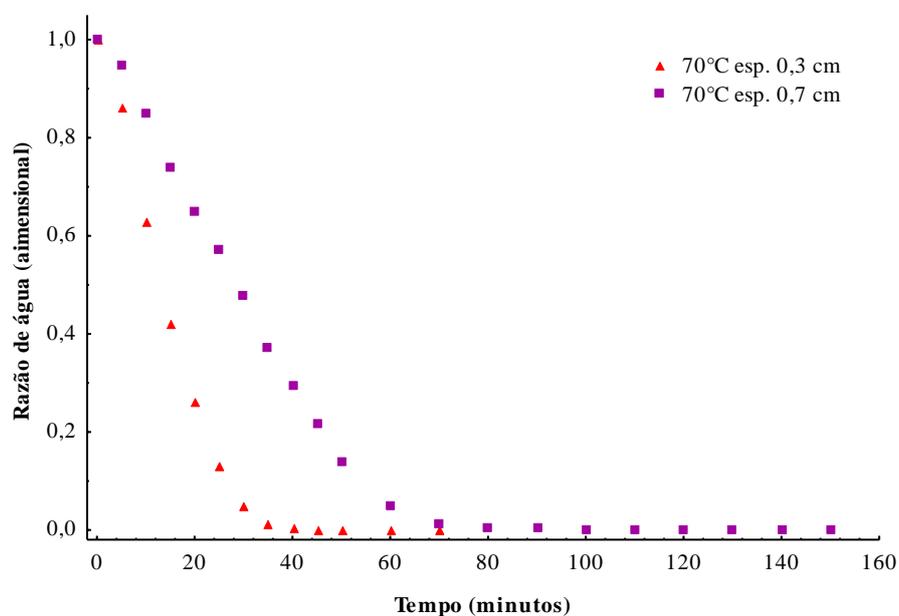
Nas figuras 6 e 7 podem ser notadas a comparação das diferentes espessuras em mesma temperatura de secagem. Mesmo estando em igual temperatura de secagem a espessura sendo variada influencia no tempo da mesma. Uma vez que a utilização de maiores espessuras resulta em maior quantidade de espuma, logo, quanto maior o peso do material a secar mais tempo levará para atingir o equilíbrio.

Figura 6 - Curvas de secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma nas espessuras de 0,3 e 0,7 cm a 50°C.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 7 - Curvas de secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma nas espessuras dos 0,3 e 0,7cm a 70°C.



Fonte: Autoria própria (2019).

Encontra-se na Tabela 5 os coeficientes de determinação (R^2), os parâmetros dos modelos matemáticos e os desvios quadráticos médios (DQM). Como critério de seleção do modelo que melhor representa o processo de secagem da polpa da manga princesa, utilizou-se o coeficiente de determinação e o desvio quadrático médio (DQM), pois quanto menor o valor de DQM melhor é a representatividade do modelo utilizado.

Observa-se que os valores dos coeficientes de determinação (R^2) se encontram acima de 0,97. Dos três modelos testados aquele que melhor representou o processo da secagem foi o modelo de Midilli, com melhores ajustes, obtendo os maiores coeficientes de determinação (R^2) acima de, 0,98, e menores desvios quadrático médio (DQM) menores ou igual a 0,017986. Contudo, o modelo de Page também representou bem o processo, uma vez que assim como observado por Pereira (2015) os modelos que possuem mais parâmetros, os valores de R^2 aumentam. Assim, como os valores de R^2 do modelo de Page foram próximos aos valores do modelo de Midilli, este também se adequou. Foi utilizado o DQM como o parâmetro para o modelo que melhor ajustou.

Tabela 5 - Parâmetros dos modelos Page, Henderson e Pabis, e Midili com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.

Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros			
			a	k	R^2	DQM
Henderson e Pabis	50	0,3	1,066555	0,027187	0,99555	0,030624
		0,7	1,060676	0,010476	0,99361	0,039605
		0,5	1,085387	0,030885	0,99073	0,045395
	60	0,5	1,098707	0,029161	0,98721	0,054807
		0,5	1,092619	0,028360	0,98875	0,051034
	70	0,3	1,095180	0,071088	0,98350	0,062054
		0,7	1,120080	0,033222	0,98489	0,060150
Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros			
			k	n	R^2	DQM
Page	50	0,3	0,008876	1,282318	0,99964	0,087000
		0,7	0,002397	1,298737	0,99795	0,022458
		0,5	0,006218	1,418835	0,9988	0,016400
	60	0,5	0,004345	1,491058	0,99837	0,019600
		0,5	0,004965	1,446058	0,99866	0,017700
	70	0,3	0,010098	1,647138	0,99965	0,009100

			0,3	0,003048	1,637746	0,99876	0,017300	
Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros					
			a	b	k	n	R2	DQM
Midioli	50	0,3	0,985895	-0,000022	0,007958	1,305915	0,99973	0,007600
		0,7	0,975307	-0,000036	0,002095	1,323038	0,99868	0,017986
	60	0,5	0,974213	-0,000048	0,004866	1,475710	0,99909	0,014200
		0,5	0,974420	-0,000096	0,003425	1,542573	0,9988	0,016800
		0,5	0,977745	-0,000115	0,004229	1,476387	0,99909	0,014600
	70	0,3	0,996046	-0,000074	0,009950	1,648660	0,99968	0,008600
		0,7	0,979161	-0,000034	0,002387	1,697500	0,99896	0,015900

Analisando os parâmetros dos modelos de Midilli e Page observa-se que a constante k que representa a constante da taxa da cinética de secagem foi maior para 70°C com espessura de 0,3 cm, e n que que representa a resistência interna a secagem, foi a segunda maior para o modelo de Midilli e a maior para o modelo de Page. A constante n observada comportou-se diferente ao estudo da secagem de polpa e casca da jabuticaba em camada de espuma de Ferreira (2017) a qual obteve valores maiores de k e menores em n para o modelo de Page para a formulação F3 quando comparada as outras formulações do mesmo estudo.

A constante k do modelo de Page obteve resultados diferentes aos reportados por Silva *et al.* (2015) para secagem de polpa de achachairu em camada fina, que observaram que o valor da constante aumentou com a temperatura.

Pê *et al.* (2016) ao estudarem a secagem de polpa de caqui pelo método camada de espuma, ajustando os experimentos aos modelos matemáticos de Cavalcanti Mata, Logarítmico, Midilli, e Page, obtiveram para todos os ajustes valores de R^2 superiores 0,96 e DQM inferiores a 0,01, sendo que destes modelos o de Cavalcanti Mata obteve os melhores ajustes.

Cavalcante Neto (2017) dos modelos ajustados para a secagem em camada de espuma de cuxá para as formulações, sendo testada concentrações de Emustab® (5%) e albumina (10%), obteve para o modelo de Page melhor ajustamento, atribuído a este modelo tanto os valores de R^2 e DQM melhores, como também as curvas obtidas na cinética de secagem foram próximas as preditas do modelo experimental.

O modelo de Page, dentre os de Henderson e Pabis, e Lewis foi o melhor ajuste para a espuma de soro de leite adicionado de clara de ovo, por Cruz, Saraiva e Teixeira (2017).

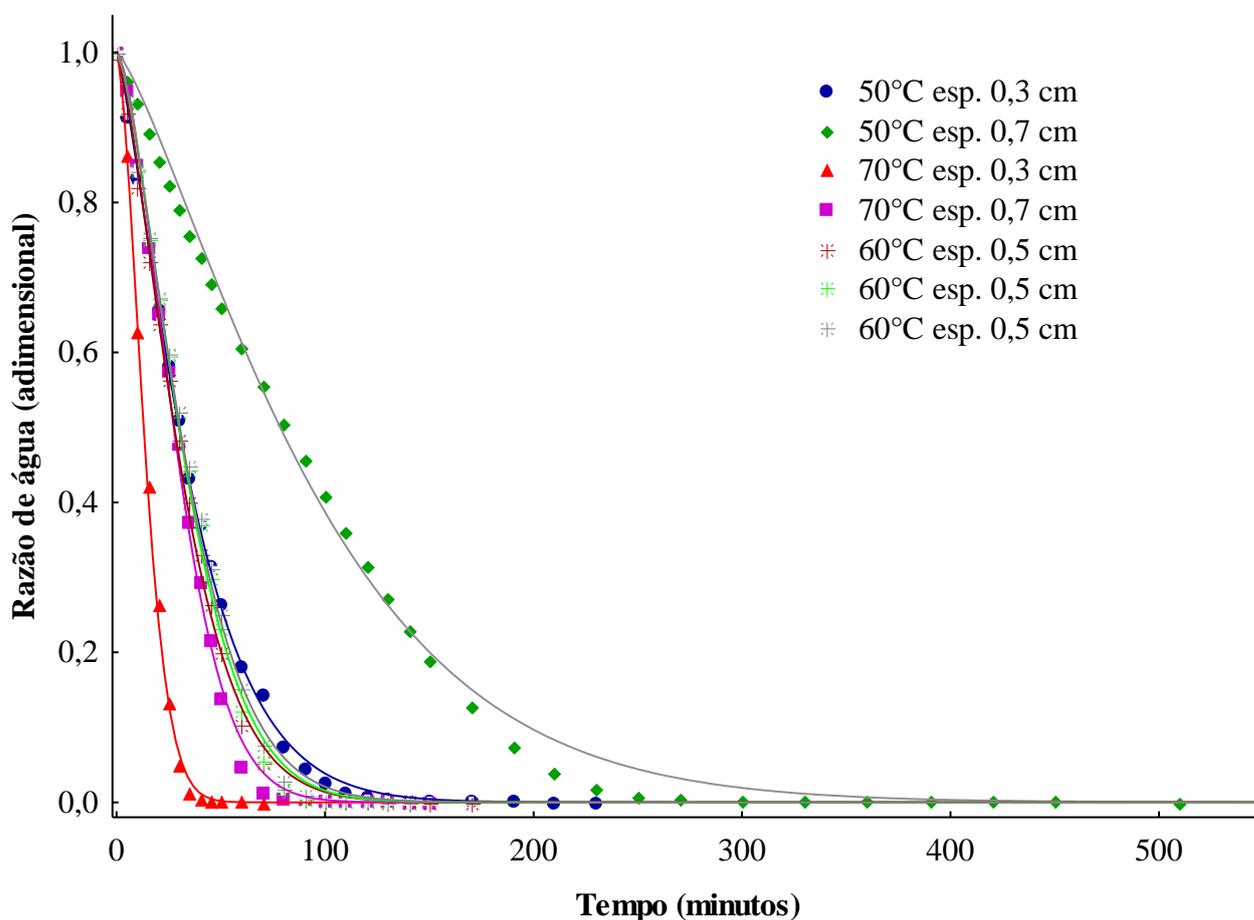
Dos modelos semiteórico aplicados por Galdino *et al.* (2016), para a cinética da polpa de antemonia, os quais foram os mesmos modelos aplicados para a espuma formulada da manga princesa, obteve que o modelo de Midilli também foi o melhor modelo ajustado em todas as condições estudadas. Onde as curvas de secagem foram influenciadas pelas espessuras (cm) e temperatura (°C) a qual foi submetida a espuma formulada.

Furtado *et al.* (2010) em estudo sobre a secagem da ceriguela obtiveram melhores ajustes para o modelo matemático de Midilli, para todas as temperaturas de 60, 70 e 80°C, em espuma formula com aditivo da albumina 5%, os autores não especificaram a espessura da camada de espuma utilizada.

Resultados semelhantes foram obtidos na secagem do fruto araçá-amarelo de Ferreira *et al.* (2017) que obtiveram para os modelos de Page e Midilli bons ajustes para as temperaturas de 50, 60 e 70°C, contudo o modelo de Midilli representou melhor os ajustes, devido aos valores de R^2 e DQM. O modelo de Midilli também foi o que melhor representou a secagem da graviola (BAPTESTINI, 2015).

As figuras 8, 9 e 10 estão apresentados os resumos dos ajustes dos modelos de Page; Midilli; e Henderson e Pabis ajustados aos dados experimentais da secagem da espuma da polpa da manga princesa.

Figura 8 - Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.



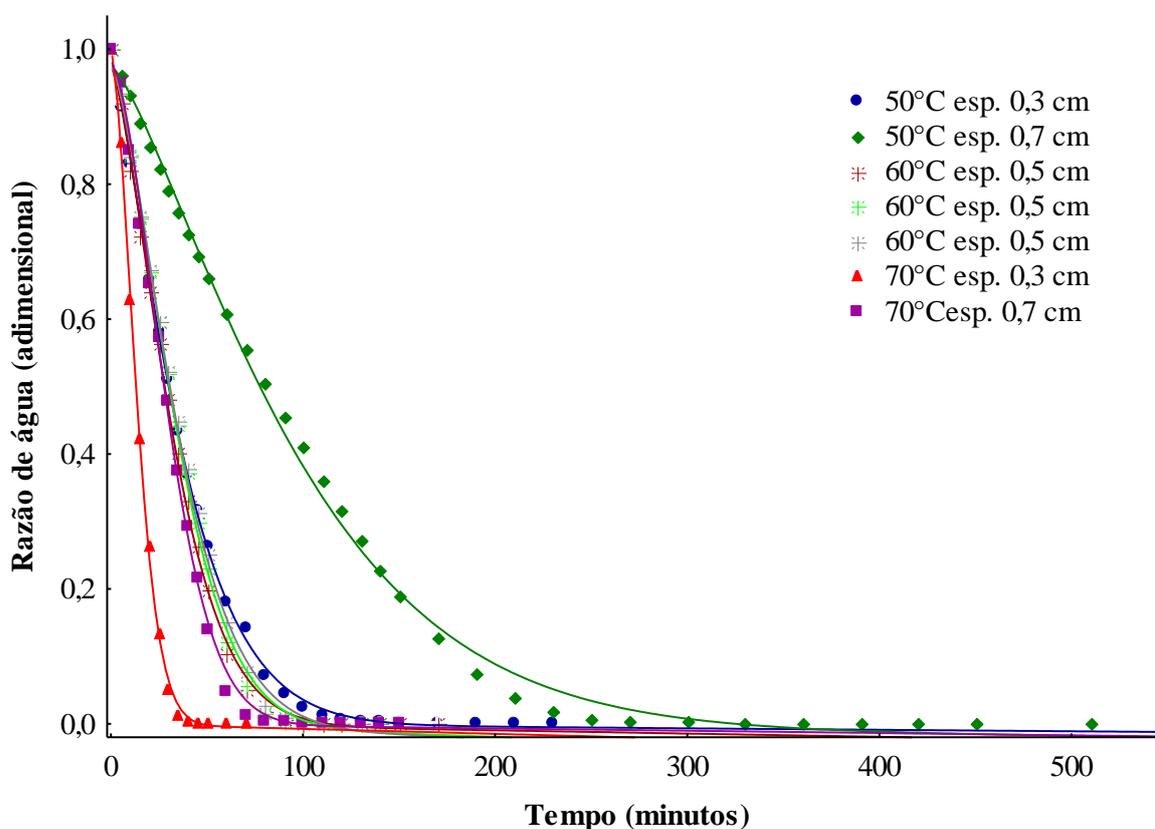
Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com o observado nos ajustes do modelo de Page aos dados experimentais, analisa-se que o tempo de secagem é inversamente proporcional a temperatura, assim quando se tem o acréscimo na temperatura conta-se a diminuição do

tempo da secagem. Assim, quanto maior a espessura a secar maior é o tempo de duração, como já era esperado. O modelo ajustou-se satisfatoriamente aos dados experimentais da secagem.

Resultados semelhantes foram obtidos por pesquisadores como: Dieb *et al.* (2015), Martins *et al.* (2015) e Silva Filho *et al.* (2016), por exemplo, que como já mencionados atribuíram a maior temperatura e menor espessura reduzido o tempo de secagem.

Figura 9 - Ajuste do modelo de Midilli aos dados experimentais da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.

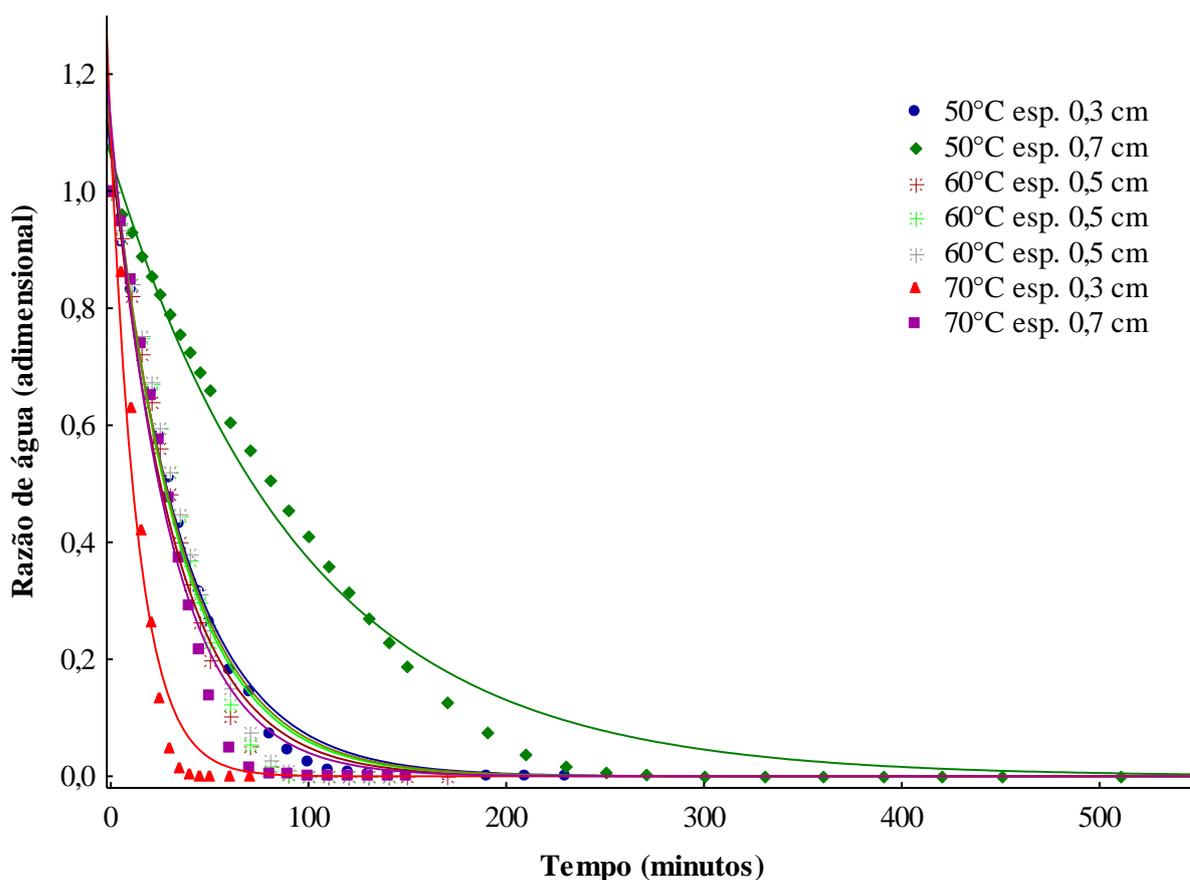


Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se pela representatividade gráfica dos ajustes de Midilli aos dados experimentais da secagem da polpa da manga princesa melhor representatividade do processo, tanto obtendo os maiores coeficientes de determinação (R^2) e menores valores para o desvio quadrático médio (DQM), como a representatividade da curva ajustando-se ao modelo.

Assim como obtido por Resende *et al.* (2015), em seus experimentos da secagem da casca do fruto cambucá-preto em diferentes sistemas de secador. Os quais obtiveram para ambos sistemas que o modelo de Midilli obteve um melhor ajuste aos dados, tanto para os secadores (estufa de secagem com luz incandescente e secador de bandeja) como para as temperaturas (57 e 58°C) estudadas. Sendo atribuídos maiores valores de R^2 , e coeficientes de determinação superiores a 99%, tornando o modelo mais adequado ao experimento.

Figura 10 - Ajuste do modelo de Henderson e Pabis aos dados experimentais da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Quanto aos ajustes do modelo de Henderson e Pabis, percebe-se que as curvas geradas quando comparada aos outros modelos não obteve bom ajuste. Isto pode ser averiguado na figura onde observa-se que houve um distanciamento considerável entre os valores obtidos e os valores preditos pelo modelo, resultando assim no não ajuste ao modelo.

5.4 - Caracterização físico-química dos pós obtidos na secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma

Os dados obtidos das variáveis analisadas dos pós a partir da secagem da polpa da manga princesa em camada de espuma encontram-se apresentados na Tabela 6.

A umidade apresentada variou entre 10,83 a 9,54, correspondentes respectivamente aos experimentos 1 (50°C 0,3cm) e 7 (60°C 0,5 cm). As diferenças estatísticas obtidas foram para os experimentos 1 e 6, 7, contudo, quando são comparados aos demais não houve diferenças significantes. Os valores obtidos foram menores aos reportados por Menezes *et al.* (2009) para a o pó do tempo inicial de 11,37% para acerola verde, utilizando o mesmo tipo de secador adotado, entretanto sem a elaboração de espuma. Os resultados foram inferiores ao reportado por Tonon (2009) que obteve para a secagem do suco de açaí valores de 2,32 a 2,54%, obtidos por atomização utilizando percentuais crescentes de maltodextrina a 140°C e 15 g/min. Os valores aqui apresentados, bem como os comparados, estão dentro do percentual de umidade definido pela legislação Brasil (2005) que deve ser de no máximo 25%.

Os resultados obtidos para as cinzas mostram-se com valores mínimos de 0,23% para o experimento 5 (60°C 0,5 cm) e máximo de 2,05% do experimento 1 (50°C 0,3cm). Pode-se observar que entre os valores médios da variável analisada houveram diferenças estatísticas significativas apenas do experimento 5, já os demais as diferentes no processo não provocaram diferenças no parâmetro. Os valores para o ensaio 5 encontram-se insatisfatórios, uma vez que as condições de secagem foram as mesmas dos dois outros pontos centrais 6 e 7. Essa inconsistência pode ser atribuída a massa da espuma seca ser maior, provocada por uma possível desestabilidade da espuma, ocasionada por variações da temperatura ambiente no dia da secagem, ficando assim a espuma mais dificultosa o espalhamento no recipiente.

Já a Acidez Total Titulável (ATT) apresentou com menores valores para a média do experimento 1 (50°C 0,3cm) com 25,38, e maior teor para o experimento 3 (50°C 0,7cm) com 26,87. Contudo, os valores não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 6 - Caracterização dos pós obtidos na secagem em camada de espuma da polpa da manga princesa, para todos os experimentos.

Variáveis	Experimentos						
	1	2	3	4	5	6	7
Umidade (%)	10,83 ± 0,44 ^a	10,47 ± 0,15 ^{ab}	9,85 ± 0,21 ^{ab}	10,47 ± 0,25 ^{ab}	10,48 ± 0,73 ^{ab}	9,63 ± 0,21 ^b	9,54 ± 0,21 ^b
Cinzas (%)	2,05 ± 0,20 ^a	1,74 ± 0,04 ^a	1,77 ± 0,02 ^a	2,02 ± 0,01 ^a	0,23 ± 0,34 ^b	1,99 ± 0,28 ^a	1,92 ± 0,34 ^a
°Brix	83,4 ± 0,00 ^e	150,73 ± 0,00 ^a	90,4 ± 0,00 ^c	80,4 ± 0,00 ^f	151,07 ± 0,00 ^a	85,4 ± 0,00 ^d	110,40 ± 0,00 ^b
Acidez total titulável (%)	25,38 ± 0,65 ^a	26,83 ± 0,60 ^a	26,87 ± 0,03 ^a	26,58 ± 0,56 ^a	26,69 ± 1,15 ^a	26,16 ± 0,65 ^a	26,40 ± 0,69 ^a
Acidez titulável (% de ácido cítrico)	1,62 ± 0,04 ^a	1,40 ± 0,36 ^a	1,72 ± 0,00 ^a	1,70 ± 0,04 ^a	1,71 ± 0,07 ^a	1,67 ± 0,04 ^a	1,69 ± 0,04 ^a
Ratio (SST/ATT)	3,29 ± 0,00 ^e	5,62 ± 0,02 ^b	3,36 ± 0,00 ^d	3,02 ± 0,00 ^f	5,66 ± 0,02 ^a	3,26 ± 0,00 ^e	4,18 ± 0,00 ^c
Açúcar redutor (%)	15,69 ± 1,41 ^b	19,52 ± 0,56 ^b	18,12 ± 0,47 ^{bc}	18,13 ± 0,76 ^{bc}	22,66 ± 0,10 ^a	18,75 ± 0,38 ^{bc}	17,18 ± 0,84 ^{cd}
Açúcar não redutor (%)	0,85 ± 0,01 ^{bc}	0,94 ± 0,07 ^b	0,84 ± 0,00 ^{bc}	1,32 ± 0,06 ^a	0,76 ± 0,02 ^c	0,94 ± 0,05 ^b	0,90 ± 0,02 ^b
Açúcar total (%)	16,54 ± 1,41 ^d	20,46 ± 0,56 ^b	18,97 ± 0,47 ^{bc}	19,44 ± 0,76 ^{bc}	23,42 ± 0,10 ^a	19,70 ± 0,38 ^{bc}	18,09 ± 0,84 ^{cd}
Ácido ascórbico (mg/100g)	45,14 ± 1,63 ^e	114,47 ± 9,73 ^b	58,35 ± 1,61 ^{de}	139,05 ± 0,73 ^a	116,71 ± 13,69 ^b	70,67 ± 1,61 ^{cd}	81,23 ± 3,38 ^c
Lipídeos (%)	6,73 ± 0,71 ^a	1,85 ± 0,44 ^{cd}	5,01 ± 1,17 ^{abc}	1,44 ± 0,17 ^d	5,68 ± 1,30 ^{ab}	3,58 ± 2,65 ^{abcd}	3,02 ± 0,60 ^{bcd}

Valores médios, na mesma linha, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Observa-se que as variáveis Acidez Total Titulável (ATT) e acidez em ácido cítrico não houveram diferenças estatísticas significativas, revelando que o acréscimo da temperatura não influenciou nestas variáveis.

Os sólidos solúveis totais apresentaram diferenças estatísticas entre os experimentos, sendo o ensaio 2 (70°C 0,3 cm) e 5 (60°C 0,5cm) os que obtiveram maiores teores de °Brix, quando comparados com os valores de açúcares totais das referidas experimentações também foram os maiores, sendo os resultados dentro do esperado.

Quanto o ácido ascórbico, percebe-se que com o aumento da temperatura concentrou-se o ácido, sendo a de 70°C (maior temperatura) nas espessuras de 0,3 e 0,7cm os maiores valores do mesmo, 114,47mg/100g e 139,05mg/100g respectivamente, podendo ser explicado pelo menor tempo de secagem, e devido aos aditivos utilizados que funcionaram como uma microencapsulação retendo assim este composto. A temperatura intermediária, 60°C, apresentou valores intermediários quanto ao ácido ascórbico, variando de 70,67 a 116,71 mg/100g. A menor temperatura, 50°C, foi a que obteve menores valores do referido ácido (45,14 e 58,35mg/100g), podendo ser explicado devido a sensibilidade do mesmo a longos períodos expostos ao ar, uma vez que a duração da secagem foi de 230 e 510 minutos, essa elevada faixa de tempo proporcionou uma desestabilidade a microencapsulação resultando assim na degradação do composto.

Os valores de ácido ascórbico foram superiores aos reportados por Bezerra (2009) para as mangas das variedades de *Coité*, *Espada*, *Rosa* e *Tommy Atkins* as quais obtiveram valor mínimo e máximos de 36,22 a 76,57mg/100g. A diferença apresentada pode ser explicada pelas variedades de mangas serem diferentes, pelo processo da secagem que se deu a vácuo nos experimentos de Bezerra a 61°C, os aditivos na espuma da manga princesa podem ter influenciado na conservação do composto, uma vez que para as mangas do citado experimento de Bezerra não foi utilizado aditivos.

Quanto aos açúcares totais observou-se que quanto menor a espessura e maior temperatura maiores foram os teores de açúcares, podendo estar relacionado a caramelização da matéria-prima, ocorrendo mais rápida devido a menor quantidade de matéria a secar no processo e maiores temperaturas envolvidas como observado para 70°C espessura de 0,3cm do experimento 2. Já o ensaio 5 do ponto central (60°C 0,5cm) foi o que obteve maior percentual de açúcar total diferindo estatisticamente dos outros pós de polpa de manga obtidos. Houve uma certa inconsistência dos pontos centrais, sendo o experimento 5 com 23,42%, e os ensaios 6 e 7 próximos, sendo respectivamente 19,70 e 18,09%, devido serem as mesmas condições de secagem, esperava-se um

percentual mais próximos de açúcares totais. O percentual de acréscimo de açúcares da polpa da manga princesa, apresentado na tabela 3 mostra que para os pós de manga princesa a diferença percentual de açúcares totais foram de mais de 75%, quando comparado ao pó que obteve maior percentual (23,42%), e de mais de 64% quanto o menor teor de açúcar do pó (16,54%). Esse fenômeno atendeu as expectativas, uma vez que com a retirada da água proporciona a concentração dos compostos, justificando o acréscimo, com exceção da água que é inversamente proporcional no processo de secagem. Os valores apresentados para açúcares totais foram inferiores as das variedades de manga *Coité, Espada, Rosa e Tommy Atkins* de BEZERRA (2009).

Já os lipídeos obtiveram-se maior percentual para o pó da manga obtido no experimento 1 (50°C 0,3cm) de 6,73%. Pode-se observar que quando comparado as diferentes espessuras na mesma temperatura não houveram diferenças estatísticas significativas. Com exceção do ensaio 5 do ponto central.

5.5 - Análise estatística

5.5.1 - Resultados do planejamento experimental para os pós

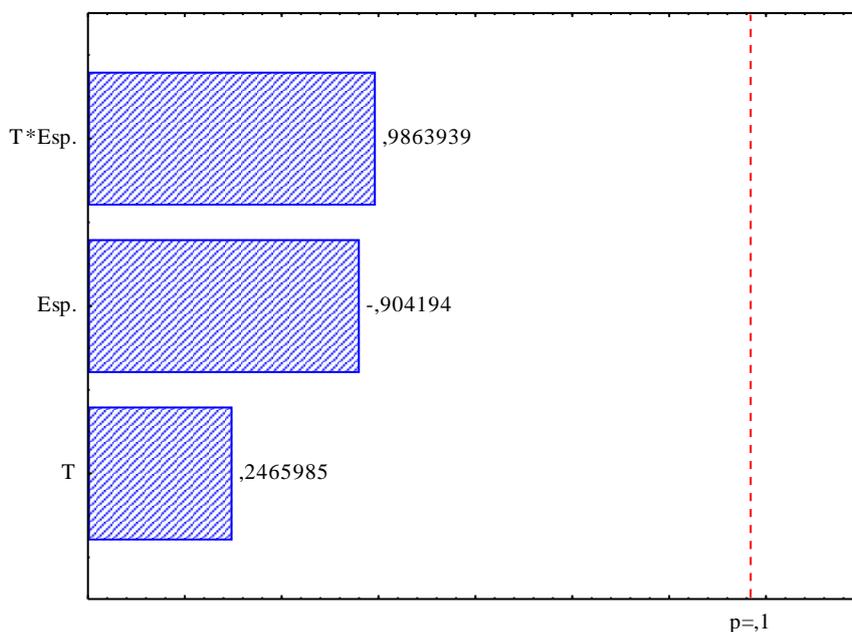
5.5.1.2 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para o rendimento - (R)

Os resultados obtidos possibilitaram a determinação em seus níveis codificados dos coeficientes de regressão que, estão apresentados na tabela 7.1 (Apêndice I). De acordo com os coeficientes de regressão, somente a média foi significativa para o rendimento do produto no processo de secagem; a equação (5.1) corresponde ao modelo obtido, a qual os termos em negrito representam as variáveis e suas interações, que foram significativas:

$$R = \mathbf{21,218} + 0,015 T - 0,055 \text{ Esp.} + 0,060 T \text{ Esp.} \quad (5.1)$$

A figura 11 representa o efeito das variáveis independentes sobre o rendimento do produto, através do gráfico de Pareto. Verifica-se que, não houve influência em nível de 90% de confiança das variáveis independentes na obtenção do produto durante o processo de secagem.

Figura 11 - Diagrama de Pareto para o rendimento. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Verifica-se na tabela 7 a análise de variância para o rendimento do produto. O resultado do coeficiente de determinação entre as respostas experimentais e os valores preditos pelo modelo estatístico ajustado aos dados foi de 33,54%; a regressão explica 33,54% da variação total em torno da média para um valor máximo explicável de 33,54%.

Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA) para a resposta rendimento. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	0,027	3	0,009	0,505
Resíduos	0,054	3	0,018	
Total	0,081	6		

Varição explicada (R^2) = 0,3354

$F_{3;3;0,1} = 5,39$

Com relação ao teste F, observa-se que a razão entre o $F_{calculado}$ e o $F_{tabelado}$ foi de 0,09 maior que o F tabelado confirmando que, o modelo ajustado não foi estatisticamente

significativo e nem preditivo, indicando que, o modelo linear de primeira ordem não foi satisfatório não obtendo assim, um bom ajuste aos dados analisados para o rendimento do produto.

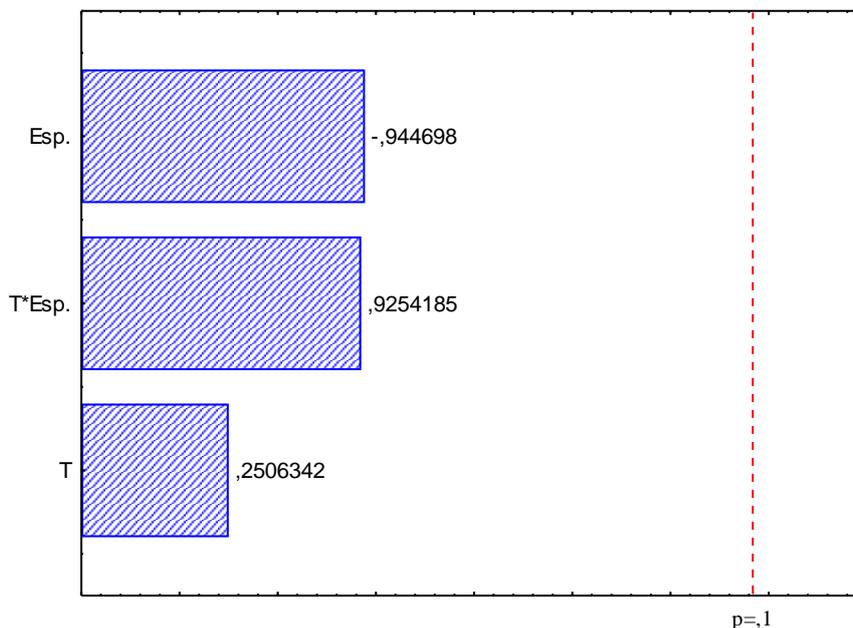
5.5.1.3 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para o teor residual de água (X_p)

Os resultados obtidos possibilitaram a determinação em seus níveis codificados dos coeficientes de regressão que, estão apresentados na tabela 8.1 (Apêndice I). De acordo com os coeficientes de regressão, somente a média foi significativa para o teor residual de água do produto no processo de secagem; a equação (5.2) corresponde ao modelo obtido, a qual os termos em negrito representam as variáveis e suas interações, que foram significativas:

$$X_p = \mathbf{10,178} + 0,065 T - 0,245 \text{ Esp.} + 0,240 T \text{ Esp.} \quad (5.2)$$

A figura 12 representa o efeito das variáveis independentes sobre a umidade residual, através do gráfico de Pareto. Verifica-se que, não houve influência das variáveis independentes na umidade residual do produto durante o processo de secagem, indicando assim, a mínima variação do processo de secagem na umidade residual do produto em pó obtido. A elevação da temperatura e as mudanças na espessura da polpa em camada de espuma e, suas respectivas interações não interferiram na obtenção de pós com umidades aproximadas.

Figura 12 - Diagrama de Pareto para o teor residual de água. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019)

Verifica-se na tabela 8 a análise de variância para o teor de água residual. O resultado do coeficiente de correlação entre as respostas experimentais e os valores preditos pelo modelo estatístico ajustado aos dados, foi de 32,86%; a regressão explica 32,86% da variação total em torno da média para um valor máximo explicável de 32,86%.

Tabela 8 – Análise de variância (ANOVA) para o teor residual de água. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	0,487	3	0,162	0,490
Resíduos	0,996	3	0,331	
Total	1,483	6		

Varição explicada (R^2) = 0,3286

$F_{3;3;0,1} = 5,39$

Com relação ao teste F, observa-se que a razão entre o $F_{calculado}$ e o $F_{tabelado}$ foi de 0,090 vezes maior que o F tabelado confirmando que, o modelo ajustado não foi

estatisticamente significativo e não preditivo, indicando que, o modelo linear de primeira ordem não foi satisfatório e não obteve um bom ajuste aos dados analisados para o teor residual de água.

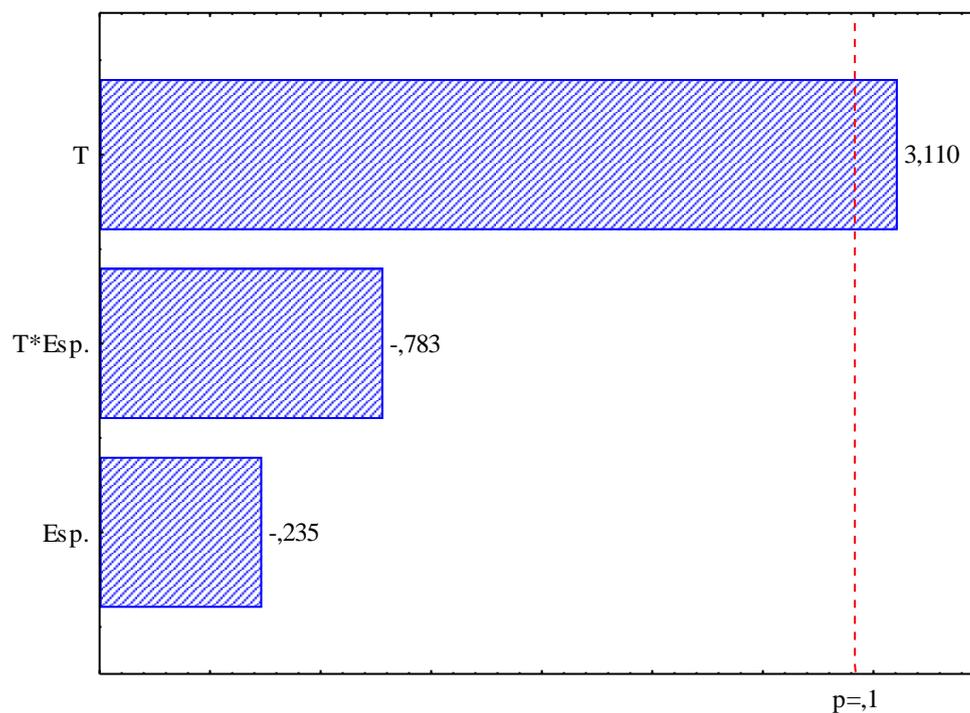
5.5.1.4 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para ácido ascórbico – AA

Os resultados obtidos possibilitaram a determinação em seus níveis codificados dos coeficientes de regressão que, estão apresentados na tabela 9.1 (Apêndice I). De acordo com os coeficientes de regressão, a qual a média e a variável temperatura foram significativas para a resposta ácido ascórbico nos diversos pós obtidos da manga princesa; a equação (5.3) corresponde ao modelo obtido, a qual os termos em negrito representam as variáveis e suas interações, que foram significativas:

$$AA = \mathbf{89,374} + \mathbf{37,507 T} - 2,842 \text{ Esp.} - 9,447 \text{ T Esp.} \quad (5.3)$$

A figura 13 representa o efeito das variáveis independentes sobre o ácido ascórbico, através do gráfico de Pareto. Verifica-se que, houve influência da temperatura no quantitativo de ácido ascórbico dos pós analisados. Temperaturas mais elevadas e menores espessuras de polpa em camada de espuma favoreceu no acréscimo e/ou acúmulo de ácido ascórbico nas polpas em pó de manga princesa.

Figura 13- Diagrama de Pareto para o ácido ascórbico. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Verifica-se na tabela 9 a análise de variância para ácido ascórbico. O resultado do coeficiente de correlação entre as respostas experimentais e os valores preditos pelo modelo estatístico ajustado aos dados, foi de 83,79%; a regressão explica 83,79% da variação total em torno da média para um valor máximo explicável de 83,79%.

Tabela 9 – Análise de variância (ANOVA) para ácido ascórbico. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	6016,590	3	2005,530	5,171
Resíduos	1163,480	3	387,826	
Total	7180,070	6		

Varição explicada (R^2) = 0,8379

$F_{3;3;0,1} = 5,39$

Com relação ao teste F, observa-se que a razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} foi de 0,95 vezes maior que o F tabelado confirmando que, o modelo ajustado não foi estatisticamente significativo e não preditivo, indicando que, o modelo linear de primeira ordem não foi satisfatório e não obteve um bom ajuste aos dados analisados para o ácido ascórbico.

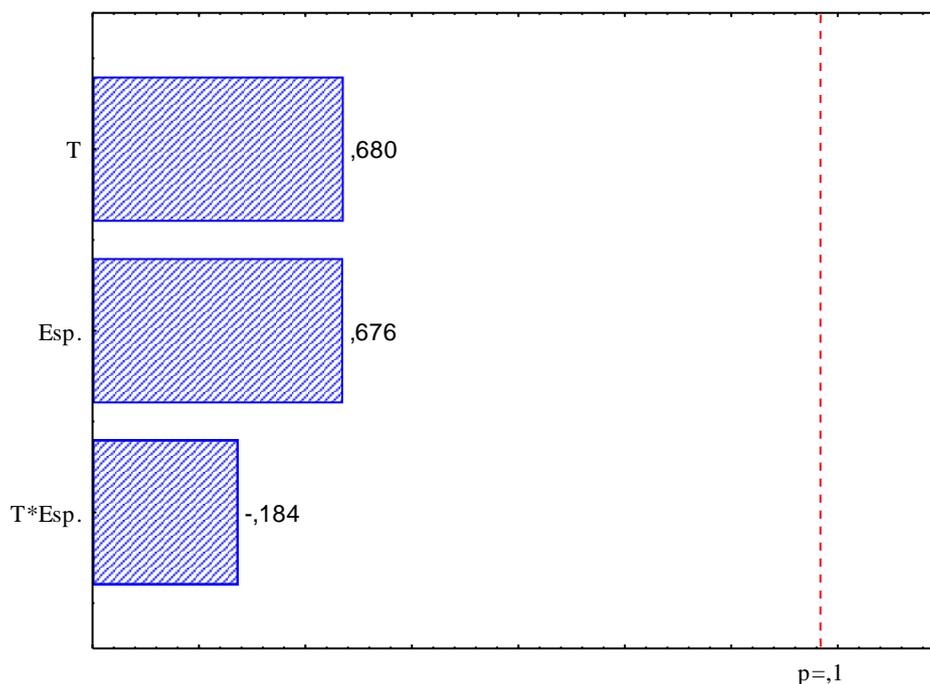
5.5.1.5 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para açúcar redutor – AR

Os resultados obtidos possibilitaram a determinação em seus níveis codificados dos coeficientes de regressão que, estão apresentados na tabela 10.1 (Apêndice I). De acordo com os coeficientes de regressão, nenhuma variável foi significativa para a resposta açúcar redutor nos diversos pós obtidos da manga princesa; a equação (5.4) corresponde ao modelo obtido, a qual os termos em negrito representam as variáveis e suas interações, que foram significativas:

$$\text{AR} = \mathbf{18,578} + 0,960 T + 0,955 \text{Esp.} - 0,260 T \text{Esp.} \quad (5.4)$$

A figura 14 representa o efeito das variáveis independentes sobre a resposta açúcar redutor, através do gráfico de Pareto. Verifica-se que, não houve influência significativa para nenhum das variáveis estudadas e, nem suas interações para os açúcares redutores. Logo, a elevação da temperatura e da espessura da camada de espuma não interferiu significativamente em nível de 10% de probabilidade para os açúcares redutores das polpas em pó produzidas. Este fato corrobora com a umidade de equilíbrio das amostras nos processos de secagem, com umidade residual de água e, com a espuma ser um produto padronizado, onde todas as espumas continham o mesmo percentual de aditivos.

Figura 14 - Diagrama de Pareto para o açúcar redutor. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na tabela 10, pode-se observar a análise de variância para o açúcar redutor nas polpas em pó da manga princesa.

Tabela 10 – Análise de variância (ANOVA) para açúcar redutor. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	7,604	3	2,534	0,368
Resíduos	20,680	3	6,893	
Total	28,285	6		

Varição explicada (R^2) = 0,2688

$F_{3;3;0,1} = 5,39$

Com relação ao teste F, observa-se que a razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} foi de 0,06 vezes maior que o F tabelado confirmando que, o modelo ajustado não foi estatisticamente significativo e não preditivo, indicando que, o modelo linear de primeira

ordem não foi satisfatório e não obteve um bom ajuste aos dados analisados para os açúcares redutores.

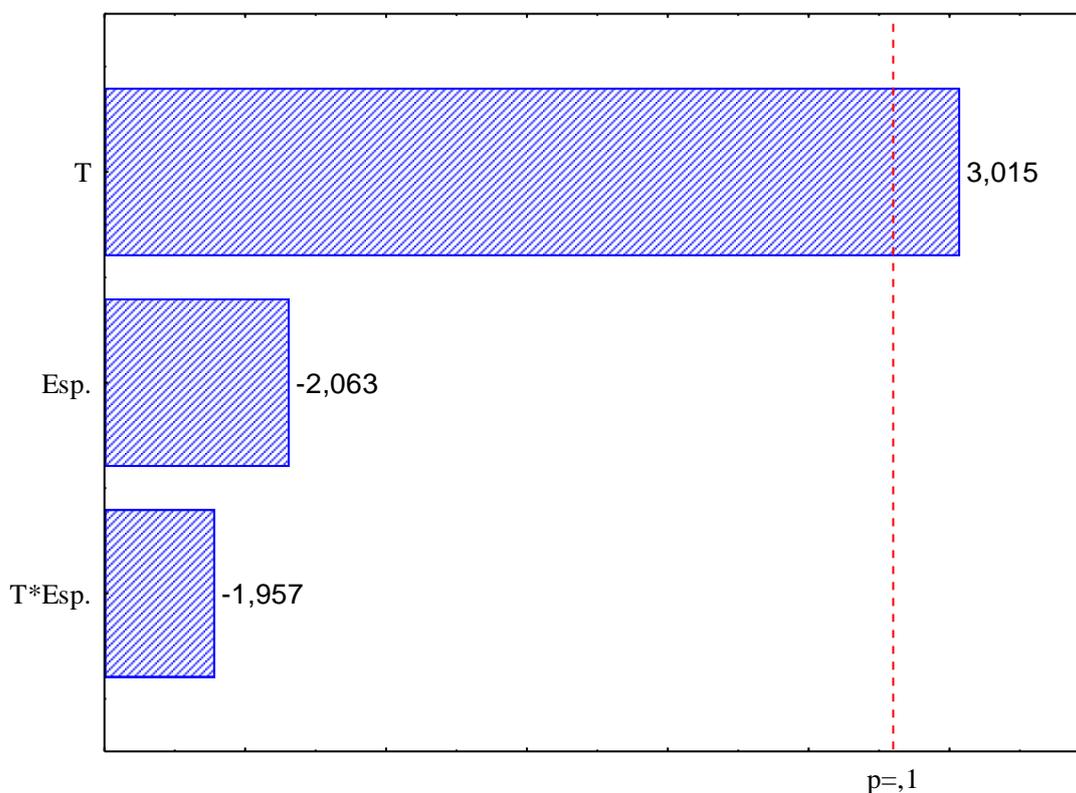
5.5.1.6 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para açúcar não redutor – ANR

Os resultados obtidos possibilitaram a determinação em seus níveis codificados dos coeficientes de regressão que, estão apresentados na tabela 11.1 (Apêndice I). De acordo com os coeficientes de regressão, a variável temperatura apresentou comportamento significativo para a resposta açúcar não redutor nas polpas em pó. A equação (5.5) corresponde ao modelo obtido, a qual os termos em negrito representam as variáveis e suas interações, que foram significativas:

$$\text{ANR} = \mathbf{0,935} + \mathbf{0,142 T} - 0,097 - 0,092 T \text{ Esp.} \quad (5.5)$$

A figura 15 representa o efeito das variáveis independentes sobre a resposta açúcar não redutor, através do gráfico de Pareto. Verifica-se que, houve influência significativa para a variável temperatura, ou seja, ao se elevar a temperatura, mas mantendo a espessura da camada de espuma constante, ocorre acréscimo e/ou retenção dos açúcares não redutores na produção das polpas em pó. Ao variar a espessura da camada de espuma e, manter constante a temperatura de secagem, não foi verificado efeitos significativos nas amostras de polpas de manga em pó.

Figura 15 - Diagrama de Pareto para o açúcar não redutor. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Verifica-se na tabela 11 a análise de variância para açúcar não redutor. O resultado do coeficiente de correlação entre as respostas experimentais e os valores preditos pelo modelo estatístico ajustado aos dados, foi de 78,15%; a regressão explica 78,15% da variação total em torno da média para um valor máximo explicável de 78,15%.

Tabela 11 – Análise de variância (ANOVA) para açúcar não redutor. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	0,153	3	0,051	3,578
Resíduos	0,043	3	0,014	
Total	0,196	6		

Varição explicada (R^2) = 0,7815

$F_{3;3;0,1} = 5,39$

Com relação ao teste F, observa-se que a razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} foi de 0,66 vezes maior que o F tabelado confirmando que, o modelo ajustado não foi estatisticamente significativo e não preditivo, indicando que, o modelo linear de primeira ordem não foi satisfatório e não obteve um bom ajuste aos dados analisados para os açúcares não redutores.

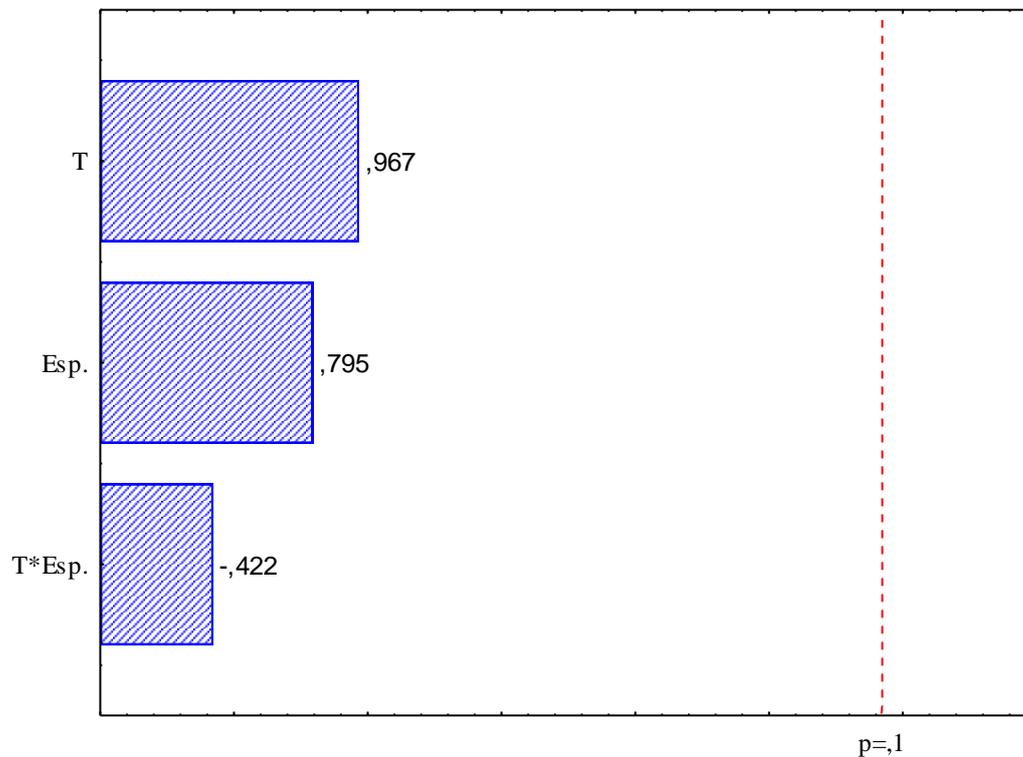
5.5.1.7 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para açúcar total – AT

Os resultados obtidos possibilitaram a determinação em seus níveis codificados dos coeficientes de regressão que, estão apresentados na tabela 12.1 (Apêndice II). De acordo com os coeficientes de regressão, nenhuma variável foi significativa para a resposta açúcar total nos diversos pós obtidos da manga princesa; a equação (5.6) corresponde ao modelo obtido, a qual os termos em negrito representam as variáveis e suas interações, que foram significativas:

$$AT = \mathbf{19,388} + 1,322 T + 1,087 \text{ Esp.} - 0,577 T \text{ Esp.} \quad (5.6)$$

A figura 16 representa o efeito das variáveis independentes sobre a resposta açúcar total, através do gráfico de Pareto. Verifica-se que, não houve influência significativa para nenhum das variáveis estudadas e, nem suas interações para os açúcares totais. Logo, a elevação da temperatura e da espessura da camada de espuma não interferiu significativamente em nível de 10% de probabilidade para os açúcares totais das polpas em pó produzidas. Tal fenômeno está atrelado a padronização da espuma secada, a qual manteve sempre o mesmo percentual de aditivo em todos os ensaios de secagem.

Figura 16 - Diagrama de Pareto para o açúcar total. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na tabela 12, pode-se observar a análise de variância para o açúcar total nas polpas em pó da manga princesa.

Tabela 12 – Análise de variância (ANOVA) para açúcar total. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	13,060	3	4,353	0,642
Resíduos	20,353	3	6,784	
Total	33,413	6		

Varição explicada (R^2) = 0,3908

$F_{3;3;0,1} = 5,39$

Em relação ao teste F, observa-se que a razão entre o $F_{calculado}$ e o $F_{tabelado}$ foi de 0,11 vezes maior que o F tabelado confirmando que, o modelo ajustado não foi

estatisticamente significativo e não preditivo, indicando que, o modelo linear de primeira ordem não foi satisfatório e não obteve um bom ajuste aos dados analisados para os açúcares totais.

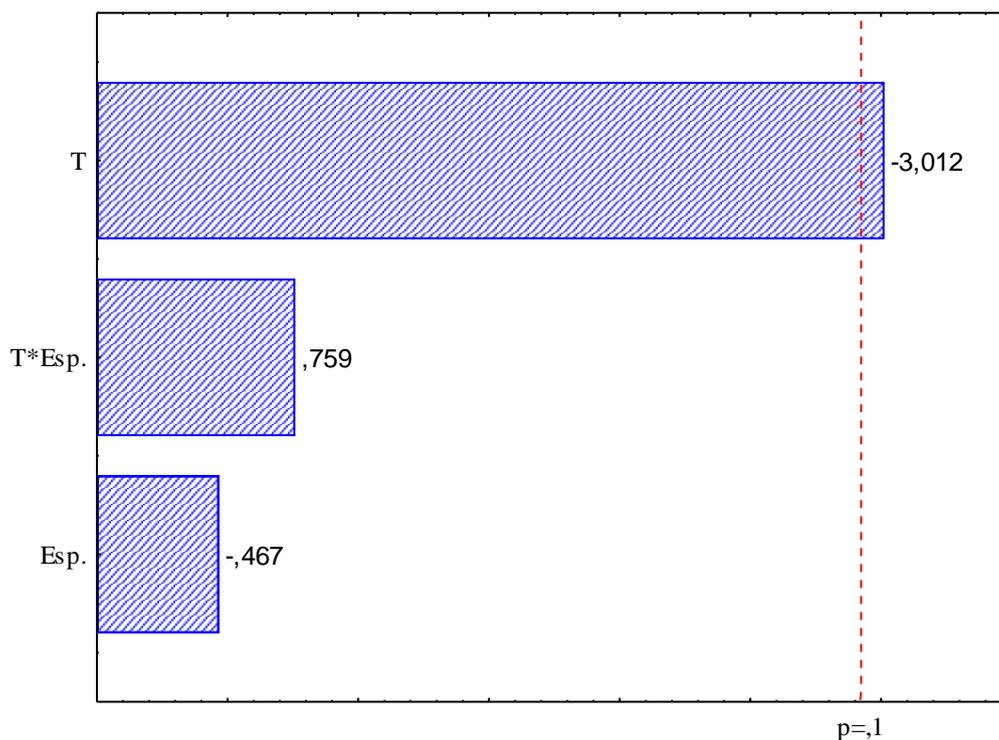
5.5.1.8 - Análise dos efeitos e da regressão dos modelos estatísticos para lipídeos - LP

Os resultados obtidos possibilitaram a determinação em seus níveis codificados dos coeficientes de regressão que, estão apresentados na tabela 13.1 (Apêndice I). De acordo com os coeficientes de regressão, a variável temperatura apresentou comportamento significativo para a resposta lipídeos nos diversos pós obtidos da manga princesa; a equação (5.7) corresponde ao modelo obtido, a qual os termos em negrito representam as variáveis e suas interações, que foram significativas:

$$LP = \mathbf{3,901} - \mathbf{2,112 T} - 0,327 \text{ Esp.} + 0,532 \text{ T Esp.} \quad (5.7)$$

A figura 17 representa o efeito das variáveis independentes sobre a resposta açúcar lipídeos, através do gráfico de Pareto. Verifica-se que, houve influência significativa para a variável temperatura, ou seja, ao se elevar a temperatura, mas mantendo a espessura da camada de espuma constante, ocorreu o decréscimo de lipídeos nas polpas em pó. Ao variar a espessura da camada de espuma e, manter constante a temperatura de secagem, não foi verificado decréscimos significativos de lipídeos nas amostras de polpas de manga em pó. Tal fenômeno pode estar relacionado à degradação dos lipídeos pela elevação brusca de temperatura no processo de secagem.

Figura 17 - Diagrama de Pareto para o lipídeo. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na tabela 13, pode-se observar a análise de variância para os lipídeos nas polpas em pó da manga princesa.

Tabela 13 – Análise de variância (ANOVA) para lipídeos. Efeito da temperatura e espessura de camada de espuma.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	19,41388	3	6,47129	4,705
Resíduos	4,126	3	1,37547	
Total	23,54029	6		

Varição explicada (R^2) = 0,8247

$F_{3;3;0,1} = 5,39$

Em relação ao teste F, observa-se que a razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} foi de 0,87 vezes maior que o F tabelado confirmando que, o modelo ajustado não foi

estatisticamente significativo e não preditivo, indicando que, o modelo linear de primeira ordem não foi satisfatório e não obteve um bom ajuste aos dados analisados para os lipídeos.

5.6 Seleção da melhor polpa em pó da manga princesa

Para a seleção do melhor pó, foram analisadas as variáveis contidas na tabela 14 que apresentam os resultados obtidos dos pós para rendimento (R%), umidade (U%), ácido ascórbico (AA), lipídeos (LP%), e açúcares totais (AT%). Observa-se que os percentuais de rendimento para todos os pós foram na faixa de 21%, sendo que os experimentos 1 apresentaram um maior percentual de recuperação de 21,37%.

Tabela 14 – Seleção da melhor polpa em pó de manga princesa por secagem em estufa de circulação de ar, em camada de espuma.

Variáveis			Resultados obtidos da polpa em pó				
ENS.	T. (°C)	Esp. (cm)	R(%)	AA (mg/100g)	U (%)	LP (%)	AT(%)
1	50	0,3	21,37	45,14 e	10,826 a	6,73 a	16,54 d
2	70	03	21,29	114,47 b	10,469 ab	1,85 cd	20,46 b
3	50	0,7	21,14	58,35 de	9,855 ab	5,01 abc	18,97 bc
4	70	0,7	21,28	139,05 a	10,47 ab	1,44 d	19,44 bc
5	60	0,5	21,29	116,71b	10,482 ab	5,68 ab	23,42 a
6	60	0,5	21,09	70,67 cd	9,634 b	3,58 abcd	19,70 bc
7	60	0,5	21,07	81,23 c	9,54 b	3,02 bcd	18,09 cd

Valores médios, na mesma coluna, seguidos de letras minúsculas distintas apresentam diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Quanto ao ácido ascórbico, o ensaio 4 foi detentor da maior concentração 139,05 mg/100g, este um agregador de valor ao produto. Verifica-se que todos os ensaios possuíram uma diferença estatísticas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como parâmetro determinante para a escolha do pó, tem-se a umidade, pois, é dependente desta que reações indesejáveis ocorram, assim, com a diminuição a o alongamento da vida útil do produto. Assim, justifica-se a seleção do pó do experimento 4 (70°C espessura 0,7 cm) que obteve percentuais de 10,47% de umidade. Este, apesar de

não possuir o percentual mais baixo de umidade não diferiu estaticamente para o ensaio de menor percentual, uma vez que, apresentam letras semelhantes estatisticamente.

Assim, a junção de altos teores de ácido ascórbico, umidade dentro dos padrões, menor teor de lipídeos, importante em baixa concentração na alimentação e açúcares totais médios, selecionou-se o pó da manga princesa do experimento 4. As análises de variância estão contidas no Apêndice I.

6 - CONCLUSÕES

- O tempo da secagem da espuma formulada da polpa de manga princesa utilizando a Super Liga Neutra (3,5%) e Emustab (3%) foi influenciada pela temperatura elevada utilizada na secagem, bem como da espessura, ocorrendo mais rápida em menores espessuras;
- Os modelos matemáticos de Page; Midilli; e Henderson e Pabis propostos aos experimentos, ajustaram-se satisfatoriamente aos dados, mediante altos índices de coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,97 e menores valores para o desvio quadrático médio (DQM) inferiores ou igual a 0,060;
- Dos modelos ajustados o de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para todas as condições analisadas, obtendo valores de R^2 superiores a 99% (0,99) e DQM abaixo de 0,018;
- Observou-se quanto aos parâmetros físico-químicos da polpa *in natura* e da espuma formulada, que houveram poucas diferenças entre si, alguns parâmetros como ácido ascórbico concentram na espuma formula para outros como os açúcares a polpa foi detentora de maior percentual.
- O pó selecionado foi aquele que obteve maiores índices de ácido ascórbico (139,05 mg/100g) umidade de 10,47%, baixos teores de lipídeos (1,44%) e açúcares totais 19,44%, referente a maior temperatura de secagem e maior espessura, ocorrendo a secagem em 150 minutos.

7 – REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, H. V.; GOMES, J. P.; BARROS NETO, A. L.; SILVA, F. L. H. da.; ALMEIDA, F. de A. C. Cinética de secagem de abacaxi cv. pérola em fatias. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v. 11, n. 2, p. 123-128, 2009.

ANDRADE, L. A. **Caracterização da mucilagem do taro (*Colocasia esculenta*) quanto ao poder emulsificante**. Dissertação de mestrado em Ciências de Alimentos – Universidade Federal de Lavras, 2013.

ANSELMO, G. C. S.; MATA, M. E. R. M.; ARRUDA, P. C. de.; SOUSA, M. C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. V. 6- Nº 2 - 2º Semestre 2006.

ARAÚJO, E. C. O. N.; ALVES, J. E. A.; MARQUES, L. F. Avaliação de parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas comercializadas no município de Salgueiro-PE. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 6, n. 1, p. 4-11, 2018.

ASSIS, J. S. de; SILVA, D. J.; MORAES, P. L. D. de. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga Tommy Atkins. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Methods of analysis**. 16th ed. Gaithersburg: AOAC; 1997.

BAPTESTINI, F. M. **Parâmetros físico-químicos na obtenção do pó de graviola pelo método de secagem em leito de espuma**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. 2015.

BAPTESTINI, F. M.; CORRÊA, P. C.; JUNQUEIRA, M. S.; RAMOS, A. M.; VANEGAS, J. D. B.; COSTA, C. F. Modelagem matemática da secagem de espuma de graviola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.12, p.1203–1208, 2015.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J.A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin c in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, n.4, p. 507-513, 1998.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciências e Tecnologia em Alimentos**, Campinas, 28(3): 571-578, jul.-set. 2008

BERNADES SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciências e Tecnologia em Alimentos**, Campinas, 23 (Supl.): 116-120, dezembro 2003.

BEZERRA, T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica L.*)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Cear. Fortaleza, 2009.

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

BORGES, S. V.; MENEGALLI, F. C. Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 637-642, abr. 1994.

BORTOLATTO, J.; LORA, J. Avaliação da composição centesimal do abacaxi (*Ananas comosus (L.) merril*) liofilizado e in natura. **Revista de Pesquisa e Extensão em Saúde**, v. 4, n. 1, 2009.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de

misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 23(Supl): 166-171, dez. 2003.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE E. J. de S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T. SOUSA, P. H. M. de. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 38-41, abril 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 58 de 30 de agosto de 2016. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de manga. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n° 169, quinta-feira, 1 de setembro de 2016.

BRASIL. Resolução ANVISA. **RDC n° 269**, de 22 de setembro de 2005. O regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 set. 2005.

BRASIL. Resolução ANVISA. **RDC n° 272**, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 set. 2005.

BREDA, C. A. **Desidratação da polpa do fruto da guavira (*Campomanesia adamantium*) pelo processo em camada de espuma**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados/MS. 2011.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. de. Avaliação das alterações em polpa de manga ‘Tommy-Atkins’ congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 651-653, dezembro 2002.

BRUNINI, M. A.; OLIVEIRA, A. L. de.; VARANDA, D. B. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba 'Paluma' armazenada a -20°C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 394-396, 2003.

BUSTAMANTE, P. M. A. C. A fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco: Vantagens e desafios. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 1, p. 153-172, 2009.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangífera Índica L.*) var. haden, durante o amadurecimento. **Ciências Tecnologia Alimentos**, vol. 18 n. 2 Campinas May/July 1998.

CARUSO, M. W. **Análise do efeito combinado da irradiação e do tratamento hidrotérmico nas características de qualidade de mangas para exportação**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear. Instituto de Pesquisa Energética e Nucleares - IPEN – CNEN/SP São Paulo. 2009.

CAVALCANTI, A, L.; OLIVEIRA, J. F. de.; PAIVA, P. S.; DIAS, M. V. R.; COSTA, S. K. P. da.; VIEIRA, F. F. Determinação dos Sólidos Solúveis Totais (°Brix) e pH em Bebidas Lácteas e Sucos de Frutas Industrializados. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, vol. 6, núm. 1, pp. 57- 64, janeiro-abril, 2006.

CAVALCANTE NETO, A. A. **Desidratação de Cuxá em Leito de Espuma – Avaliação da Cinética de Secagem e da Qualidade do Produto em Pó**. 2017. f. 119. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus São José do Rio Preto. São José do Rio Preto. 2017.

CAVALLINI, D. C. U.; BOLINI, H. M. A. Comparação da percepção temporal de doçura, amargor e sabor de fruta em suco de manga reconstituído e adoçado com sacarose, mistura ciclamato/sacarina 2:1, aspartame, sucralose e estévia. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 2, jul./dez. 2005.

CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leito de espuma**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, 2014.

CASTRO, D. S. de.; NUNES, J. S.; SILVA, L. M. de. M.; SOUSA, F. C. de.; SILVA, W. P. da.; GOMES, J. P. Secagem de polpa de *Annona squamosa* L.: cinética e avaliação de modelos empíricos. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, N. 3/4, p.294-300, Jul./Dez. 2016.

CELESTINO, Sonia Maria Costa. Princípios de secagem de alimentos. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2010.

CHAVES, M. da C. V.; GOUVEIA, J. P. G. de.; ALMEIDA, F. de A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. da. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 4, núm. 2, segundo semestre, 2004.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, 2010.

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

CRUZ, P. L.; SARAIVA, S. H.; TEIXEIRA, L. J. Q. Estudo do processo de secagem em leito de espuma de soro de leite adicionado de clara de ovo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.26; p. 346-360. 2017

CRUZ, W. F. da. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, 2013.

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

DELMIRO, T. M. **Secagem da cenoura (*Daucus carota* L.) pelo método foam-mat**. Monografia (Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

DIEB, J. T.; GURGUEL, C. E. M. R.; DANTAS, T. N. P. MEDEIROS, M. F. D. de. Secagem da polpa de graviola pelo processo foam-mat e avaliação sensorial do produto obtido. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 2028-2033, 2015.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Cultivo da Mangueira**. Embrapa Semiárido, Sistemas de Produção, 2 – 2ª edição, versão eletrônica, agosto 2010.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FARIA, R. Q. de.; TEXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 573-584, 2012.

FERNANDES, T. K. da S. **Secagem em camada de espuma da polpa de cajá**. 2010. 170f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2010.

FERREIRA, J. S.; MELO, R. B. de F.; CONSTANTINO, R. A.; SOUSA, S. **Estudo da cinética de secagem do fruto araçá-amarelo**. In: II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC). 2017.

FERREIRA, M. de F. P.; PENA, R. da S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.15-28, 2010.

FERREIRA, M. N. **Estudo da secagem de jabuticaba (polpa e casca) pelo método de camada de espuma**. 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

FERREIRA, H. de J.; VELOSO, V. da R. S.; NAVES, R. V.; BRAGA FILHO, J. R. Infestação de moscas-das-frutas em variedades de manga (*Mangifera indica* L.) no estado de goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 33 (1): 43-48, 2003.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Emulsificantes**. P. 50-68. Nº 24, 2013. Disponível em < <http://www.revista-fi.com/materias/324.pdf> > Acesso em 24 de janeiro de 2018.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

FRANCO, T. S. **Desidratação de suco de yacon pelo método de camada de espuma**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

FURTADO, G. de F.; SILVA, F. S. da.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. dos. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.9-14, 2010.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; GALDINO, P. O. Drying kinetics of atemoya pulp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.7, p.672-677, 2016.

GALLI, J. A.; MICELOTTO, M. D.; SILVEIRA, L. C. P.; MARTINS, A. L. M. Qualidade de mangas cultivadas no estado de São Paulo. **Bragantia**, vol. 67, núm. 3, pag. 791-797 Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, Brasil. 2008.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B. da.; FRIAS, J. R. Gava. **Tecnologia de alimentos**. Nobel Editora, 2009.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S. A. dos. Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(1): 135-140, jan.-Mar. 2007.

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. do C.; VILHASANTI, H. da C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 56-64, jan./mar. 2014

GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F.A.C.; FARIAS, E.S.; SILVA, M.M.; CHAVES, M.C.V.; Reis, L.S. Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n° especial, p.63-68, 2003.

GUIMARÃES, M. K. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; QUEIROZ, A. J. de M. Foam-mat drying kinetics of Keitt mango pulp. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 172 – 180, jan. – mar., 2017.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annoma muricata* L.) em camada de espuma**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

GURGEL, C. E. M. R.; DIEB, J. T.; MACHADO, A. K. T.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma: avaliação dos parâmetros de secagem. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 2, n. 1, p. 1796-1805, 2015.

HEIDEN, T.; FELTES, M. M. C.; KOWACIC, J. M.; GONÇALVES, L.; DALLA ROSA, A.; DORS, G. C. **Determinação de cinzas em diversos alimentos**. Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar. Instituto Federal Catarinense. 2014.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 6, n. 3 p. 169-174, 1961.

JUSTI, P. N.; OHATA, S. M.; KASSUYA, C. A. L.; MACEDO, M. L. R.; ARGANDOÑA, E. J. S. Aspectos tecnológicos na produção de farinha de polpa de pequi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.4, p.775-782, 2017.

KEPLER, R.; FAIR, T. Estudo da competitividade da indústria de polpa de frutas baiana. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 11, n. 1, 2007.

LANNES, S. C. da S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. Vol. 39, n. 1, jan./mar., 2003.

LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. de A.; MENEZES, H. C de. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.

MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, L. M. Estudo cinético da secagem do pendúculo de caju e um secador convencional. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.1, p.36-42, 2010.

MACHADO, G. C. **Utilização de óleo de coco babaçu, concentrado protéico de soro lácteo e leite em pó desnatado na produção de sorvetes**. 2005. 91 p. Tese, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de alimentos, Doctor Scientiae. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2005.

MADUREIRA, I.A.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; SILVA FILHO, E.D. Cinética de secagem de polpa do figo da índia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.especial, p. 525-534, 2012.

MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.238–244, 2015.

MARTINS, G. M. V.; FERREIRA, J. P. L.; SANTOS, A. E.; NOBRE, R. S. Cinética de secagem em camada fina da polpa de cladódios de palma forrageira (*Opuntia ficus indica Mill*) em estufa com circulação forçada de ar. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 4185-4192, 2015.

MELO, K. dos S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. de M.; FERNANDES, T. K. da S.; BEZERRA, M da C. T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, abr.-jun., 2013.

MENEZES, A. R. V. de.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R. de.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malphigia emarginata D.C*) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.1-8, 2009.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, v.20, p.1503-1513, 2002.

MOURA, R. S. F. de.; GOUVEIA, J. P. G. de.; ALMEIDA, F. de A. C.; SOUSA, A. G.; SILVA, M. M. da.; OLIVEIRA, A. M. de V. Modelagem matemática para isotermas em polpa de caju. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Volume 4- Número 2 - 2º Semestre 2004.

OLIVEIRA, C. R. de.; CUNHA, D. A. da.; LIMA, A. L. de.; MOREIRA, M. dos S. C.; VIEIRA, T. I.; VALENÇA, A. M. G. Propriedades físico-químicas de bebidas à base de soja: um estudo in vitro. **Arquivos em Odontologia**, Belo Horizonte, 48(4): 227-233, out/dez 2012.

OLIVEIRA, D. da S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. da C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences** Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVEIRA, K. H. **Caracterização Reológica de Diferentes Tipos de Sorvete**. 2005. 65 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

OLIVEIRA, R. F. **Estudo da secagem em camada de espuma de sangue bovino**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

PAGE, C. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. 1949. MS Thesis – Purdue University, West Lafayette, 1949.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 21(3): 288-292, set-dez. 2001.

PÊ, P. R.; CARNEIRO, G. G.; PÊ, F. R.; DE CASTRO, D. S.; SILVA, D. R. S.; MARQUES, L. F. Secagem de polpa de caqui pelo método de camada de espuma. **HOLOS**, Ano 32, Vol. 4, p. 77-85, 2016.

PEREIRA, D. A. **Extração aquosa de própolis e secagem em leito de espuma para uso em alimentos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga, 2008.

PEREIRA, F. R.; POSSIDIO, E. L.; SOARES, N. B.; CASTRO NETO, M. T.; PINTO, A. C. Q.; DONADIOA, L. C.; FREITAS, G. B. **Germoplasma de manga no Brasil**. In: O agronegócio manga: produção e mercado. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, 2002.

PEREIRA, T. dos S. **Estudo da secagem da clara de ovo em camada de espuma (foam-mat drying)**. 2015. 95f. (Dissertação de Mestrado Profissional), Programa de Pós-

graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande – Pombal – Paraíba – Brasil, 2015.

PEREZ, L. G.; OLIVEIRA, F. M. N. de.; ANDRADE, J. S. A.; MOREIRA FILHO, M. Cinética de secagem da polpa cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pré desidratada por imersão-impregnação. **Revista Ciências Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 102-106, jan-mar, 2013.

PINA, M. G. M.; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. de S. M. de.; FIGUEIREDO, R. W. de.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e conservação de manga por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 63-66, abril 2003.

PINTO, A. C. de Q. Capa: a produção, o consumo e a qualidade da manga no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 597-796, dez. 2002.

RAMOS, A. M.; SOUSA, P. H. M.; BENEVIDES, S. D. Tecnologia da industrialização da manga. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 1, p. 571-604, 2004.

RESENDE, L. G. M.; DOS SANTOS, B. S.; TRAVÁLIA, B. M.; CONSTANTINI, P. B. L.; PAGANI, A. A. C.; DOS SANTOS, J. A. B. **Modelagem matemática da secagem de casca do fruto cambucá-preto (*Eugenia velutina berg.*) utilizando diferentes sistemas de secador**. In: XXXVII ENEMP 18 a 21 de outubro de 2015 Universidade Federal de São Carlos. 2015.

RESENDE, O.; RODRIGUES, S.; SIQUEIRA, V. C.; ARCANJO, R. V. Cinética da secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de chão batido. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 2, p. 247-256, 2010.

RIGUETO, C. V. T.; EVARISTO, L. M.; GERLDI, C. A. Q.; COVRE, L. Influência da temperatura de secagem de uvaia (*Eugenia pyriformis*) em camada de espuma. **ENGEVISTA**, V. 20, n.4, p.537-547, outubro 2018.

RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C. de.; TRINDADE, D. C. G. da.; SANTOS, A. C. N. dos.; AMARIZ, A. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, p. 343-351, junho 2009.

ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; MORAIS, E. A. de.; SILVA, G. G. da.; AMBRÓSIO, M. M. de Q.; ALVES, M. Z. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 302-305, agosto 2001.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(1): 53-60, jan.-mar. 2007.

RONCHETI, E. F. S. **Estudo do processo de secagem em leite de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

SANTOS, G. G. **Características físicas, químicas e aceitabilidade de sorvete com mangaba e reduzido teor energético**. 2008. 68 p. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

SANTOS, P. P. dos. **Otimização do processo de secagem do extrato de beterraba em leite de espuma**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2018.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. da. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, 2007.

SEVERO, L. S. **Obtenção de polpa de banana em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.

SILVA, C. K. F. da. **Estimação de Parâmetros de Secagem de Alimentos-Formulação de Luikov e uso da Transformada Integral Generalizada**. 2010. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

SILVA, C. S. A. **Desidratação de molho de tomate caseiro pelo método *foam mat***. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Currais Novos, 2015.

SILVA, D. F. P. da.; SIQUEIRA, D. L. de.; PEREIRA, C. S.; SALOMÃO, L. C. C.; STRUIVING T. B. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.6, p. 783-789, nov/dez, 2009.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA FILHO, E. D. da. **Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga CV. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2012.

SILVA FILHO, E. D. da.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; QUEIROZ, A. J. de. M.; GUIMARÃES, M. K. A. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv. Haden. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.7, n.3, p.354-361, Ago./Out. 2016.

SILVA, L. M. de M.; SOUSA, F. C. de.; CASTRO, D. S. de.; GOMES, J. P.; ALMEIDA, F. de A. C. Estudo experimental da secagem de polpa de achachairu em camada fina. **GAIA SCIENTIA**. Volume 9(1): 151-155. 2015.

SILVA, M. I. da.; ALVES, T. L.; MARTINS, J. N.; SOUSA, F. das C. de. **Elaboração e caracterização físico-química da polpa integral de manga (*Mangifera indica* L.)**

variedade espada. In: I Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER – PDVAgro 2016.

SILVA, M. I. da.; ALVES, T. L.; RIBEIRO, M. da C. M.; MARTINS, J. N.; SOUSA, F. das C. de. **Qualidade físico-química da polpa de manga em camada de espuma.** In: 69ª Reunião Anual da SBPC - UFMG - Belo Horizonte/MG. 2017.

SILVA, M. I. da.; SOUSA, F. das C. de.; MARTINS, J. N.; ALVES, T. L.; RIBEIRO, M. da C. M. Avaliação da estabilidade da espuma de polpa de manga. **Revista Semiárido De Visu**, v. 5, n. 2, p. 96-103, 2017.

SILVA, N. G. **Secagem em leito de espuma e liofilização do extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.): avaliação físico-química e estabilidade dos produtos obtidos.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2018.

SILVA, R. P. da.; LIMA, M. A. C. de.; RIBEIRO, T. P.; TRINDADE, D. C. G. da.; AMARIZ, A.; LIMA NETO, F. P. **Caracterização dos Frutos de Variedades do Banco Ativo de Germoplasma de Mangueira da Embrapa Semi-Árido.** In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semi-Árido, 4., 2009, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009.

SILVA, R. P. da.; LIMA, M. A. C. de.; RIBEIRO, T. P.; TRINDADE, D. C. C. da.; COELHO, E. R.; PASSO, M. C. L. M. de S. **Teores de carboidratos e compostos bioativos em frutos de acessos regionais de mangueira.** In: jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semi-Árido, 5., 2010, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SIMÕES, M. R. **Propriedades termofísicas de polpa de manga.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas – SP, 1997.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leito de espuma.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia

de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga – BA, 2009.

SOUZA, E. S. **Avaliação da estabilidade de espumas obtidas a partir de polpas de abacaxi e umbu**. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

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

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

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma (“Foam mat”) de suco de tomate**. 1971. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. 1971.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p. 387-394, 2008.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M. dos.; OLIVEIRA, S. J. R. de. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 26(3): 666-671, jul.-set. 2006.

WAUGHON, T. G. M.; PENA, R. da S. Modelagem da secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba**, v. 26, n. 2, p. 297-306, 2008.

XAVIER, I. F.; LEITE, G. A.; MEDEIROS, E. V. de.; MORAIS, P. L. D. de.; LIMA, L. M. de. Qualidade pós-colheita da manga 'Tommy Atkins' comercializada em diferentes estabelecimentos comerciais no município de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.7-13, out.-dez. 2009.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A. C.; FERNANDES, J. G.; MORIYA, S.; BENASSI, M. de T. Embalagem individual de mangas CV. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 288-292, agosto 2001.

APÊNDICE

Apêndice I - Coeficientes de regressão das variáveis de saída analisadas para as polpas em pó (análises químicas e físico-químicas)

Tabela 7.1 - Coeficientes de regressão para o rendimento. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fator	Coeficientes de Regressão	Erro	t(2)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. 90%
Média	21,21857	0,045981	461,4603	0,000005	21,08431	21,35284
T_s	0,01500	0,060828	0,2466	0,828221	-0,16262	0,19262
Esp.	-0,05500	0,060828	-0,9042	0,461328	-0,23262	0,12262
T/Esp.	0,06000	0,060828	0,9864	0,427922	-0,11762	0,23762

T_s – Temperatura de secagem; Esp. – Espessura da camada de espuma.

Tabela 8.1 - Coeficientes de regressão para a umidade residual de água. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fator	Coeficientes de Regressão	Erro	t(2)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. 90%
Média	10,17857	0,196044	51,91978	0,000371	9,60613	10,75102
T_s	0,06500	0,259342	0,25063	0,825494	-0,69228	0,82228
Esp.	-0,24500	0,259342	-0,94470	0,444531	-1,00228	0,51228
T/Esp.	0,24000	0,259342	0,92542	0,452444	-0,51728	0,99728

T_s – Temperatura de secagem; Esp. – Espessura da camada de espuma.

Tabela 9.1 - Coeficientes de regressão para ácido ascórbico. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fator	Coeficientes de Regressão	Erro	t(2)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. 90%
Média	89,37429	9,11569	9,804443	0,010243	62,7566	115,9920
T_s	37,50750	12,05893	3,110351	0,089680	2,2956	72,7194
Esp.	-2,84250	12,05893	-0,235717	0,835591	-38,0544	32,3694
T/Esp.	-9,44750	12,05893	-0,783444	0,515411	-44,6594	25,7644

T_s – Temperatura de secagem; Esp. – Espessura da camada de espuma.

Tabela 10.1 - Coeficientes de regressão para açúcar redutor. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fator	Coeficientes de Regressão	Erro	t(2)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. 90%
Média	18,578	1,066	17,418	0,003	15,464	21,693
T_s	0,960	1,411	0,680	0,566	-3,160	5,080
Esp.	0,955	1,411	0,676	0,568	-3,165	5,075
T/Esp.	-0,260	1,411	-0,184	0,870	-4,380	3,860

T_s – Temperatura de secagem; Esp. – Espessura da camada de espuma.

Tabela 11.1 - Coeficientes de regressão para açúcar não redutor. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fator	Coeficientes de Regressão	Erro	t(2)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. 90%
Média	0,935	0,035	26,193	0,001	0,831	1,040
T_s	0,142	0,047	3,015	0,094	0,004	0,280
Esp.	-0,097	0,047	-2,063	0,175	-0,235	0,040
T/Esp.	-0,092	0,047	-1,957	0,189	-0,230	0,045

T_s – Temperatura de secagem; Esp. – Espessura da camada de espuma.

Tabela 12.1 - Coeficientes de regressão para açúcar total. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fator	Coeficientes de Regressão	Erro	t(2)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. 90%
Média	19,388	1,033	18,764	0,002	16,371	22,405
T_s	1,322	1,366	0,967	0,435	-2,668	5,313
Esp.	1,087	1,366	0,795	0,509	-2,903	5,078
T/Esp.	-0,577	1,366	-0,422	0,713	-4,568	3,413

T_s – Temperatura de secagem; Esp. – Espessura da camada de espuma.

Tabela 13.1 - Coeficientes de regressão para lipídeos. Efeito da temperatura e espessura da camada de espuma.

Fator	Coeficientes de Regressão	Erro	t(2)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. 90%
Média	3,901	0,530	7,360	0,017	2,353	5,449
T_s	-2,112	0,701	-3,012	0,094	-4,159	-0,065
Esp.	-0,327	0,701	-0,467	0,686	-2,374	1,719
T/Esp.	0,53250	0,701	0,759	0,526	-1,514	2,579

T_s – Temperatura de secagem; Esp. – Espessura da camada de espuma.