



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E  
INOVAÇÃO DO SERTÃO PERNAMBUCANO – CAMPUS SALGUEIRO – PE  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA ROSA PELO MÉTODO CAMADA DE  
ESPUMA (*foam-mat-drying*).**

**SALGUEIRO - PE  
2020**

**GABRIELA ARAÚJO DE OLIVEIRA MAIA**

**CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA ROSA PELO MÉTODO CAMADA DE  
ESPUMA (*foam-mat-drying*).**

Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em 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.

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Joabis Nobre Martins

**Supervisor:** Esp. Jânio Eduardo de Araújo Alves

**Nome da estagiária:** Gabriela Araújo de Oliveira Maia

**SALGUEIRO - PE  
2020**

**Nome da estagiária:** Gabriela Araújo de Oliveira Maia

**Orientador:** Joabis Nobre Martins

**Instituição concedente:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, *campus* Salgueiro

**Supervisor:** Jânio Eduardo de Araújo Alves

**Área de atuação:** Ciência e Tecnologia em Alimentos

**Período de realização:** 10/09/2018 à 16/11/2018

**Carga horária total:** 200 horas

GABRIELA ARAÚJO DE OLIVEIRA MAIA

CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA ROSA PELO MÉTODO CAMADA DE  
ESPUMA (*foam-mat-drying*).

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

Aprovado em: 18/12/2020.

BANCA EXAMINADORA

Joabis Nobre  
Martins:01142404340

Assinado de forma digital por  
Joabis Nobre Martins:01142404340  
Dados: 2020.12.18 20:38:41 -03'00'

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Joabis Nobre Martins (Orientador)  
IF SERTÃO PE – *Campus Salgueiro*

Janaine Juliana Vieira de  
Almeida  
Mendes:06853708440

Assinado de forma digital por  
Janaine Juliana Vieira de Almeida  
Mendes:06853708440  
Dados: 2020.12.18 20:45:41 -03'00'

---

Prof<sup>a</sup>. D<sup>ra</sup>. Janaine Juliana Vieira de Almeida  
IF SERTÃO PE – *Campus Salgueiro*

Janio Eduardo de  
Araujo  
Alves:06883198407

Assinado de forma digital por  
Janio Eduardo de Araujo  
Alves:06883198407  
Dados: 2020.12.18 20:50:36 -03'00'

---

Esp. Jânio Eduardo de Araújo Alves. (Supervisor)  
IF SERTÃO PE – *Campus Salgueiro*

Luciana Façanha  
Marques:74409042300

Assinado de forma digital por Luciana  
Façanha Marques:74409042300  
Dados: 2020.12.18 20:41:37 -03'00'

---

Prof<sup>a</sup>. D<sup>ra</sup>. Luciana Façanha Marques  
IF SERTÃO PE – *Campus Salgueiro*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui. A minha família por toda a dedicação, contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos. Agradeço aos professores(as) e amigos(as) que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial ao meu orientador. Agradeço também a minha instituição por ter me dado à chance e todas as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória.

**Vá sempre mais longe***Ellen Johnson-Sirleaf*

“O tamanho dos seus sonhos deve sempre exceder a sua capacidade de alcançá-los. Se os seus sonhos não te assustam, eles não são grandes o suficiente.”

## RESUMO

De polpa carnosa e suculenta, sabor e aroma característicos, a manga é consumida principalmente *in natura*. Entretanto, também pode ser encontrada como produto processado nas formas de suco integral, polpa congelada, ingrediente de produtos como sorvetes, entre outros. Diante das dificuldades encontradas na conservação dos alimentos, o presente trabalho teve como objetivo estudar a desidratação da polpa da manga rosa pelo método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*), utilizando diferentes temperaturas e espessura da camada de espuma e aplicar os modelos matemáticos aos dados experimentais. Após a aquisição dos frutos, os mesmos foram direcionados ao laboratório, onde houver todo o processo de beneficiamento do fruto, onde inicialmente ocorreu a seleção dos frutos descartando aqueles com danos ou problemas que podem comprometer a qualidade da polpa. Foram realizados três testes preliminares com percentuais crescentes de (1%) de super liga neutra® e emulstab®. Sendo utilizados as seguintes concentrações por preliminar: 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%), percentuais para 200 gramas (g) da polpa, podendo assim, selecionar a melhor formulação para as etapas de desidratação da polpa. 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 as temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessura da camada de espuma de (0,3; 0,5 e 0,7 cm). Os resultados obtidos apontaram que a polpa e a espuma de manga rosa apresentaram dados adequados, destacando ainda que houve a concentração de alguns tipos de nutrientes, devido à redução do teor de água. A espuma formulada selecionada foi aquela que obteve melhores 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, sendo mais rápida em altas temperaturas. Os modelos matemáticos aplicados aos dados de secagem foram: Page; Midilli; Newton e Henderson e Pabis, os quais geraram dados satisfatórios de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 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  $R^2$  e menores DQM.

**Palavras-chaves:** Processamento, modelos matemáticos, secagem.

## ABSTRACT

. With a warm and juicy pulp, characteristic flavor and aroma, mango is consumed mainly in natura. However, it can also be found as a processed product in the forms of whole juice, frozen pulp, ingredient of products such as ice cream, among others. Given the difficulties encountered in food conservation, the present study aimed to study the dehydration of pink mango pulp by foam-mat drying method, using different temperatures and thickness of the foam layer and applying mathematical models to experimental data. After the acquisition of the fruits, they were directed to the laboratory, where there is the whole process of fruit processing, where initially the selection of fruits occurred discarding those with damage or problems that may compromise the quality of the pulp. Three preliminary tests were performed with increasing percentages of (1%) neutral alloy® and emulstab®. Being used the following concentrations per preliminary: 1- neutral alloy (1.5%) and emulstab (1%), 2- neutral alloy (2.5%) and emulstab (2%) and 3- neutral alloy (3.5%) and emulstab (3%), percentages for 200 grams (g) of the pulp, thus being able to select the best formulation for the stages of pulp dehydration. For the drying stage, a factorial planning 2<sup>2</sup> with three central points was used, resulting in 7 experiments. The independent variables were temperatures (50, 60 and 70 °C) and foam layer thickness of (0.3, 0.5 and 0.7 cm). The results showed that the pulp and pink mango foam presented adequate data, also highlighting that there was the concentration of some types of nutrients, due to the reduction of the water content. The formulated foam selected was the one that obtained the best parameters such as firmness in the shortest beat time (15 min) and the lowest concentration of additives that provided such stability, with 3.5% of Neutral Super Alloy® and 3% of Emustab®. It was found in the drying that the temperature influences the duration of the process, being faster at high temperatures. The mathematical models applied to the drying data were: Page; Midilli; Newton and Henderson and Pabis, which generated satisfactory data of coefficient of determination (R<sup>2</sup>) higher than 0.97 and mean quadratic deviation (DQM) lower than 0.03. However, the Midilli mathematical model obtained the best adjustments to the experimental data, assigned the highest R<sup>2</sup> and lower DQM.

Keywords: Processing, mathematical models, drying.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Variedade Manga Rosa.....	5
Figura 4.1 - Fluxograma do processamento da polpa da manga rosa.....	12
Figura 4.2 - Teste da espuma da manga rosa.....	13
Figura 4.3 - Amostras do teste da espuma da manga rosa. ....	14
Figura 4.4 - Secagem em camada de espuma da polpa da manga rosa utilizando a estufa de circulação de ar. ....	17
Figura 5.1 - Curvas de secagem da polpa em camada de espuma da manga rosa, para todas temperaturas e espessuras analisadas.....	27
Figura 5.2 - Curvas de secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma nas espessuras de 0,3 e 0,7 cm a 50°C.....	28
Figura 5.3 - Curvas de secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma nas espessuras dos 0,3 e 0,7cm a 70°C. ....	29
Figura 5.4 - Ajuste do modelo de Midilli aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma. ....	33
Figura 5.4.1 - Ajuste do modelo de Newton aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.....	51
Figura 5.4.2 - Ajuste do modelo de Henderson e Pabis aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.....	52
Figura 5.4.3 - Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Modelos matemáticos aplicados na cinética de secagem de polpa da manga rosa pelo método camada de espuma.....	17
Tabela 4.2 – Matriz do planejamento usado para secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma com suas respectivas variáveis independentes, seus níveis reais e codificados.....	19
Tabela 5.1 - Caracterização físico-química da polpa da manga rosa <i>in natura</i> com suas médias e respectivos desvios padrões.....	20
<b>Tabela 5.2 - Comparação quanto a caracterização físico-química da polpa da manga rosa com a espuma formulada. ....</b>	<b>25</b>
Tabela 5.3 - Parâmetros dos modelos Page, Henderson e Pabis, Midili e Newton com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.....	30
Tabela 5.2.1 - Análise de variância do açúcares não redutores da manga rosa.....	46
Tabela 5.2.2 - Análise de variância da acidez em ácido cítrico da manga rosa.....	46
Tabela 5.2.3 - Análise de variância da vitamina C da manga rosa.....	46
Tabela 5.2.4 - Análise de variância do açúcares redutores da manga rosa.....	46
Tabela 5.2.5 - Análise de variância do lipídio da manga rosa.....	47
Tabela 5.2.6 - Análise de variância da cinzas da manga rosa.....	47
Tabela 5.2.7 - Análise de variância do ratio da manga rosa.....	47
Tabela 5.2.8 - Análise de variância do teor de água da manga rosa.....	47
Tabela 5.2.9 - Análise de variância açúcares totais da manga rosa.....	48
Tabela 5.2.10 - Análise de variância acidez total titulavel da manga rosa.....	48
Tabela 5.2.11- Análise de variância da densidade da manga rosa.....	48
Tabela 5.2.12 - Análise de variância do pH da manga rosa.....	48
Tabela 5.2.13- Análise de variância dos sólidos da manga rosa.....	49
Tabela 5.2.14- Análise de variância sólidos solúveis totais da manga rosa.....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ácido ascórbico
ANR	Açúcar Não Redutor
AR	Açúcar redutor
AT	Açúcar Total
ATT	Acidez Total Titulável
BET	Brunauer, Emmett e de Teller
DQM	Desvio Quadrático Médio
Esp.	Espessura
IAL	Instituto Adolfo Lutz
LP	Lipídeos
PIQ	Padrões de Identidade e Qualidade
R	Rendimento
R <sup>2</sup>	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
UR	Umidade Relativa
X <sup>2</sup>	Qui-quadrado
X <sub>p</sub>	Teor residual de água

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
®	Marca registrada

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 - OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 - Geral .....	3
2.2 - Específicos .....	3
<b>3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
3.1 – Aspectos gerais sobre a manga .....	4
3.1.1 - Manga ( <i>Manguifera indica</i> L.) .....	4
3.1.2 - Manga rosa.....	5
3.2 - Secagem.....	6
3.2.1 - Secagem em camada de espuma ( <i>foam-mat-drying</i> ) .....	7
3.2.2 - Cinética de secagem.....	8
3.2.3 - Modelos matemáticos .....	8
3.3 - Aditivos alimentares .....	9
3.3.1 - Emulsificantes .....	10
3.3.2 - Estabilizantes .....	10
3.3.3 - Produtos em pó .....	11
<b>4 - METODOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
4.1 - Local de realização da pesquisa.....	12
4.2 - Matéria-prima .....	12
4.3 - Elaboração da polpa.....	12
4.4 – Testes preliminares .....	13
4.5 - Análises físico-químicas.....	14
4.5.1 - Umidade e teor de sólidos totais .....	14
4.5.2 - Resíduos minerais fixos (cinzas) .....	15
4.5.3 - Acidez .....	15
4.5.4 - Densidade.....	15
4.5.5 - Ácido ascórbico .....	15
4.5.6 - Sólidos solúveis totais.....	16
4.5.7 - Açúcares redutores em glicose.....	16
4.5.8 - Açúcares não redutores em sacarose.....	16
4.5.9 - Açúcares totais em glicose.....	16

4.5.10 - Relação SST/ATT (Ratio).....	16
4.5.11 - pH.....	16
4.6 - Cinética de secagem .....	17
4.7 - Planejamento experimental.....	19
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
5.1 - Caracterização da polpa da manga rosa in natura.....	20
5.2 - Cinética de secagem .....	26
<b>6 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>7 - REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>45</b>
<b>Apêndice I – Análise de variância para as análises físico-químicas da espuma da polpa.....</b>	<b>46</b>
<b>Apêndice II – Modelos matemáticos ajustados as curvas de cinética de secagem. .</b>	<b>51</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

De polpa carnosa e succulenta, sabor e aroma característicos, a manga é consumida principalmente *in natura*. Entretanto, também pode ser encontrada como produto processado nas formas de suco integral, polpa congelada, ingrediente de produtos como sorvetes, doces, produtos lácteos, entre outros.

A manga (*Mangifera indica L.*) pertence à família Anacardiaceae, e figura entre as frutas tropicais de maior expressão econômica nos mercados brasileiro e internacional (Brandão et al., 2003). É uma fruta com grande quantidade de polpa, de tamanho e formato variável, aroma e cor agradável que faz parte do elenco das frutas tropicais de importância econômica, não só pela aparência exótica, mas também por ser uma rica fonte em carboidratos (Santos 2003).

A manga é consumida mundialmente, tanto *in natura* quanto na forma de sucos, sorvetes, polpas, néctares e sobremesas em geral (VIDAL et al., 2004). Seus estudos relatam que a manga em qualquer variedade é altamente nutritiva, rica em fibras, proteína, sais minerais e possui excelente qualidade de sabor e aroma (SHILS et al., 2003).

O Brasil é um país rico no setor da fruticultura, característica possível devido à amplitude da região e ao clima. Nos últimos anos vem se tendo um aumento da produção e exportação das frutas aqui produzidas. A região Nordeste, devido ao clima propício, altas temperaturas durante todo o ano juntamente com a irrigação, fazendo uso de sistemas modernos, contribui para a produção da fruticultura (BUSTAMANTE, 2009). Sua diversidade de clima e solo, garantindo uma produção de frutas bastante diversificada, sendo um dos principais produtores e exportadores de várias espécies frutíferas (CÁCERES, 2003).

Os frutos tropicais têm uma especial preferência na dieta dos consumidores brasileiros (CÁCERES, 2003), devido aos seus constituintes nutricionais e variedade de aromas e sabores. Atualmente, os produtos em pó, obtidos das polpas de frutas, são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos (COSTA et al., 2003).

Dentre as técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (foam-mat drying), destaca-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, através de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados. A desidratação em camada de espuma tem a característica de manter alta

qualidade dos produtos, oferecendo grandes possibilidades comerciais (SANKAT; CASTAIGNE, 2004).

Dentre os métodos de conservação de alimentos, a secagem é uma das tecnologias pós-colheita amplamente utilizada para superar os problemas relacionados com a superprodução / excesso de oferta e a alta perecibilidade de frutas e hortaliças (CHONG; LAW, 2011). A secagem pode ser definida como a aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maioria da água normalmente presente em um alimento.

A secagem é auxiliada pela incorporação de agentes que têm, por finalidade principal, a facilitação da perda de água pelo produto sob condições de aquecimento. Tem, como uma das maiores vantagens, o baixo custo e pouca sofisticação dos equipamentos empregados. Utilizada para secagem de polpa de frutas, resulta na produção de polpa em pó com boa manutenção das características do produto original.

## 2 - OBJETIVOS

### 2.1 - Geral

Estudar a desidratação da polpa da manga rosa pelo método de secagem em camada de espuma (*foam-mat-drying*), utilizando diferentes temperaturas e espessura da camada de espuma, aplicando aos experimentos diferentes modelos matemáticos.

### 2.2 - Específicos

- Caracterizar quimicamente e físico-quimicamente a matéria-prima (polpa da manga);
- Realizar testes preliminares com percentuais crescentes de liga neutra (1,5; 2,5 e 3,5 %) e emulstab (1, 2 e 3%) para 200 gramas da polpa, e tempos de batimento (5,10,15, 20, 25 e 30 minutos), para selecionar a melhor formulação;
- Caracterizar quimicamente e físico-quimicamente a espuma formulada e escolhida;
- Desidratar a polpa em camada de espuma, avaliando sua cinética em diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C) e espessuras (0,3; 0,5 e 0,7 cm);
- Aplicar modelos matemáticos de Page; Midilli; Newton e Henderson e Pabis, aos dados experimentais da cinética de secagem;

### **3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 – Aspectos gerais sobre a manga**

##### **3.1.1 - Manga (*Mangifera indica L.*)**

Comumente popularizada como manga, a *Mangifera Indica L.*, é uma fruta nativa da Índia, do sudeste do continente asiático, sendo um dos melhores e dos mais largamente aproveitados frutos de origem tropical. Sua classificação botânica vem da família Anacardiaceae, do gênero *Mangifera*, incluindo 39 principais tipos de espécies. (MANICA, 2001).

O Brasil foi o primeiro país da América a cultivar a mangueira (*Mangifera indica L.*), trazida pelos portugueses no século XVI e plantada no Rio de Janeiro. A planta é nativa do Ceilão e regiões do Himalaia, pertence à família das Anacardiáceas (CAMARGO et al., 2004).

Conforme JACOMETTI et al., (2003), a manga é uma fruta de grande aceitação, apresenta percentual energético superior ao da maçã e ao da laranja, além de ser fonte de pró-vitamina A (caroteno), vitamina B2 (riboflavina) e vitamina C. SHILS et al., (2003)

Segundo SILVA (1999), a chegada da manga no Brasil aconteceu por volta de 1700 na Bahia, sendo as primeiras mudas naturais da Índia. Daqui, foram exportadas para o México no século XIX, avançando para a região da Flórida. Hoje, a manga é cultivada em todos os países da faixa tropical e equatorial do planeta.

A mangueira tem características próprias, a começar por ser uma árvore frondosa, de porte médio a grande, com a copa arredondada variando de baixa a piramidal alta, simétrica e de folhas verdes, variando de baixa e densa à ereta e aberta. Suas folhas de textura coriácea são lanceoladas, e possuem a face superior plana e o pecíolo curto. Em geral, medem de 15 cm a 40 cm de comprimento e possuem uma coloração que varia de acordo com o tempo. Quando jovens adquire um tom verde-claro que muda para uma cor levemente amarronzada ou arroxeadada, e quando estão maduras, verde-normal a escuro. Um atributo importante para a distinção da idade da folha está na coloração da nervura central que se apresenta amarelada quando a folha está madura, e arroxeadada quando se encontra em desenvolvimento (CUNHA et al, 2000).

### 3.1.2 - Manga rosa

A Manga rosa (Figura 3.1) é uma das cultivares mais importantes do Nordeste e muito conhecida no Brasil.

**Figura 3.1** - Variedade manga rosa.



Fonte : A autoria própria (2019).

Essa variedade possui frutos médios que chegam a pesar até 350g. Sua coloração também varia de cor amarela a rosa-avermelhada, de formato alongado com casca espessa e lisa. A polpa tem cor amarelo-ouro, moderadamente suculenta, fibrosa e de sabor médio com odor terebentinosa (PINTO et al.,2002).

Em relação às mudanças de coloração que ocorrem nos frutos, estas são devido à degradação da clorofila, em conjunto com a síntese dos carotenoides presentes (SILVA, 2011), que ao longo do tempo de maturação proporcionam a cor amarelo com tons de rosa na casca das mangas de variedade rosa.

Essa variedade se adapta muito bem às condições da região, apresentando grande variabilidade (tamanho e forma do fruto, época de florescimento e produtividade de frutos, dentre outras), com grande aceitação pelos consumidores regionais devido, principalmente aos seus atrativos, como cor, sabor e cheiro característicos, além de não apresentar problemas de floração mesmo na ausência de produtos químicos. Quanto à

árvore, algumas características são próprias, como porte de médio a baixo, de crescimento lento. Essa variedade é bastante comercializada no Nordeste (GENÚ; PINTO, 2002).

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 rosa pode estar presente na alimentação de todas as faixas etárias como uma fonte de vitamina C.

### **3.2 - Secagem**

A secagem constitui-se em uma técnica que remove a água presente no alimento na forma de vapor, através da transferência de calor e massa, ou seja, a conservação do alimento pelo controle da umidade nele presente, retardando a atividade enzimática, deterioração de origem físico-química, além do desenvolvimento microbiano (MACHADO, 2006). Segundo OKADA et al. (2002) a conservação por secagem consiste na remoção de água ou qualquer outro líquido, de um material sólido na forma de vapor, para uma forma gasosa insaturada, através de um mecanismo de vaporização térmica, numa temperatura inferior a de ebulição.

De acordo com FIOREZE (2004) na secagem ocorre transferência de calor e massa. O calor é fornecido ao material por convecção, através do ar ou por condução, através do contato com uma superfície quente. O calor é utilizado para vaporizar o líquido na superfície do sólido ou próximo da superfície. Se a mudança de estado ocorrer dentro do produto este vapor será retirado pelo fluxo de ar, seja em convecção natural ou forçada. Ocorrendo uma retirada de umidade da superfície e das camadas externas, cria-se um gradiente de concentração internamente no produto, causando um processo migratório de umidade, do centro para a superfície do produto.

PARK et al. (2001) atribuem as seguintes vantagens na utilização do processo de secagem, destacando: facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente, por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano. Ainda que o objetivo primordial da secagem de alimentos seja a conservação e, dependendo do mecanismo de secagem a matéria-prima pode chegar a um produto

completamente diferente com variação significativa na sua qualidade (ACHANTA; OKOS, 2000).

Segundo PARK et al. (2002) a secagem consiste na redução da disponibilidade de água para o desenvolvimento de micro-organismos e para reações bioquímicas deteriorativas. Apesar dos aspectos positivos, a secagem pode alterar as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos, e a intensidade dessas alterações é dependente das condições utilizadas no processo de secagem e das características próprias de cada produto. As frutas desidratadas devem preservar o sabor, o aroma e a cor originais e, devem, preferencialmente, estar livres de aditivos químicos e apresentar textura semelhante à do produto fresco.

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

Dentre as técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (*foam-mat-drying*), consiste em um processo de conservação através do qual o material líquido ou semilíquido é transformado em uma espuma estável, que é submetida à secagem com ar aquecido, até o ponto em que impeça o crescimento de micro-organismos, reações químicas e/ou enzimáticas. É um método relativamente simples, que se vale da utilização de agentes que tem a finalidade de manter a espuma estável durante o processo. Dentre as vantagens deste método, destacam-se as menores temperaturas de desidratação e o menor tempo de secagem devido à maior área superficial exposta ao ar, o que aumenta a velocidade de remoção de água. Com isso, obtém-se um produto final poroso e de fácil reidratação (KARIM; CHEE-WAI, 1999).

A secagem de produtos agrícolas pode ser descrita por modelos matemáticos, que são ferramentas úteis na estimativa do tempo necessário para redução do teor de água do produto, sob diferentes condições de secagem, auxiliando nas tomadas de decisão e contribuindo na melhoria da eficiência do processo (ANDRADE et al., 2003).

A desidratação em camada de espuma tem a característica de manter alta qualidade dos produtos, oferecendo grandes possibilidades comerciais, sendo aplicadas em café, sucos de laranja, uva, carambola, abacaxi e outros produtos instantâneos (SANKAT ; CASTAIGNE, 2004).

Os produtos obtidos são de boa qualidade e o processo tende a ser relativamente rápido ( BERISTAIN et al., 1991). As principais vantagens deste método, quando comparado a outros métodos de secagem como secagem por aspersão (*spray drying*) ou

secagem em tambor, são as baixas temperaturas (BRYGIDYR et al., 1977). O líquido é transformado em espuma pela adição de uma pequena porção (1 % ou menos) de um agente espumante. Muitos alimentos naturalmente, contêm proteínas e monoglicerídeos e produzem espumas quando batidos; entretanto, as espumas produzidas geralmente não são satisfatórias para uma posterior desidratação, por isso a adição de agentes espumantes é necessária (SANKAT; CASTAIGNE, 2004).

### **3.2.2 - Cinética de secagem**

O estudo da cinética de secagem visa conhecimento do comportamento do material ao longo do processo e à predição do tempo de secagem, uma vez que a modelagem do processo é de grande importância para o desenvolvimento e a otimização dos secadores, além de possibilitar a padronização do processo (SOARES, 2009).

Por meio da secagem, é possível ser determinada a cinética de secagem, a qual procura determinar o comportamento do material sólido que é seco, sendo representada pelas curvas de secagem e de taxa de secagem. O comportamento da curva de secagem de um sólido úmido mediante um fluxo de ar a uma determinada temperatura é sempre o mesmo, segundo FOUST et al. (1980).

Já a curva da taxa de secagem é obtida derivando-se os dados de umidade em função do tempo de secagem. A cinética de secagem de vários produtos também pode ser descrita por modelos matemáticos semiempíricos ou puramente empíricos (MADAMBA, 2003). Os modelos semiempíricos se baseiam na analogia com a Lei de Newton para o resfriamento, aplicada à transferência de massa, enquanto que, os modelos empíricos apresentam uma relação entre o conteúdo médio de umidade e o tempo de secagem, e consideram como mecanismo principal a difusão baseada na segunda Lei de Fick (ZANOELO et al., 2007).

Alguns fatores que podem alterar as curvas de secagem em camadas são: as espécies utilizadas, os métodos utilizados no preparativo pós-colheita, a variedade usada, as condições ambientais durante o processo, entre outras (GONELI et al., 2007).

### **3.2.3 - Modelos matemáticos**

Os modelos matemáticos são ferramentas úteis na estimativa do tempo necessário para redução do teor de água do produto, sob diferentes condições de secagem, auxiliando

nas tomadas de decisão e contribuindo na melhoria da eficiência do processo (ANDRADE et al., 2003).

A aplicação dos modelos matemáticos confiáveis permite prever o comportamento dos diversos fenômenos que ocorrem durante o processo de secagem, o que implica na redução do custo operacional (DIONELLO et al., 2009).

No desenvolvimento e no aperfeiçoamento de equipamentos utilizados para a secagem, é de fundamental importância a simulação e a obtenção de informações teóricas a respeito do comportamento de cada produto durante a remoção de água-(BERBERT et al., 1995).

As curvas de secagem em camada delgada variam com a espécie, variedade, condições ambientais, métodos de preparo pós-colheita, entre outros fatores. Nesse sentido, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas (BROOKER et al., 1992). Esses modelos, geralmente, baseiam-se em variáveis externas ao produto, como a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem.

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 (JUSTI et al., 2017).

Alguns modelos matemáticos empíricos e teóricos têm sido propostos para o ajuste das curvas de umidade de equilíbrio de vários produtos, em função da atividade de água e também da temperatura do ar, em que, dentre os mais comuns e por sua relativa precisão e generalidade de uso, podem ser citados o de BET, GAB, Halsey, Oswin e Smith (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978; VAN DER BERG, 1984; GOUVEIA et al., 1999 ). O uso desses modelos é de grande significação tanto no armazenamento quanto na secagem. Durante a secagem e devido às variações contínuas de temperatura e umidade relativa do ar em contato com o produto, ocorrem mudanças no teor de umidade de equilíbrio, sendo, portanto, necessário o seu cálculo inúmeras vezes, os quais são facilitados com o auxílio dessas equações.

### **3.3 - Aditivos alimentares**

Aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado aos alimentos intencionalmente, sem o propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais do alimento (VELOSO, 2009 apud ALBUQUERQUE , 2012)

Os alimentos contêm naturalmente proteínas solúveis e monoglicérides, que produzem espumas quando submetidos à agitação, entretanto, as espumas são pouco estáveis, sendo necessária a adição de espumantes e estabilizantes para manter a estabilidade pela redução da tensão superficial (SANKAT; CASTAIGNE, 2004). Os agentes estabilizantes de espuma comumente empregados nos trabalhos encontrados na literatura referem-se à carboximetilcelulose, monoestearato de sobitana (Tween 60), goma xantana, clara de ovo, pectina cítrica, Emustab (produto a base de monoglicérides destilados, monoestearato de sorbitana e polissorbato 60) e Super Liga Neutra (produto a base de sacarose, carboximetilcelulose e goma guar).

A quantidade adicionada não deve ultrapassar o valor máximo permitido no alimento e sua adição deve ser informada pelos fabricantes nos rótulos e embalagens dos alimentos (BRASIL, 1997). Dentre as possíveis classificações definidas pela legislação, encontram-se os emulsionantes/emulsificantes, espessantes e estabilizantes, comentados a seguir.

### **3.3.1 – Emulsificantes**

A legislação brasileira (Portaria N° 540 - SVS/MS, de 27 de outubro de 1997) define emulsionantes/emulsificantes como sendo substâncias que tornam possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento (BRASIL, 1997).

Emulsionantes são ingredientes que de algum modo contribuem para o aumento da estabilidade das emulsões, podendo ser emulsionantes ou agentes espessantes. Para exercer sua ação, possuem em sua estrutura uma parte hidrofílica que interage com a água, e outra lipofílica, com afinidade por óleo ou substâncias apolares (PAVANELLI, 1998).

### **3.3.2 – Estabilizantes**

Para Evangelista (1998) e Call e Aguiar (1999), os estabilizantes têm a propriedade de manter as características físicas de suspensões e emulsões. Os estabilizantes podem também atuar como espessantes, como é o caso da goma agar-agar, dos alginatos, da carboximetilcelulose (CMC) e dos monos e diglicérides.

Os estabilizantes são moléculas hidrofóbicas que atuam sobre a água livre no meio, reduzindo a mobilidade e aumentando a viscosidade. Segundo Saha e Bhattacharya

(2010) a adição de estabilizantes em produtos alimentícios atua positivamente nos atributos de qualidade e na sua vida útil.

### **3.3.3 - Produtos em pó**

Os alimentos em pó apresentam diferentes propriedades físicas (tamanho e distribuição das partículas, densidade aparente e de partículas, porosidade, solubilidade, molhabilidade, dispersibilidade, entre outras), sendo que a medida e a caracterização destas propriedades ajudam a definir o produto, os parâmetros do processo de produção e os fenômenos que influenciam no seu comportamento ( TEUNOU;. FITZPATRICK; J. J., SYNOTT, E. C., 1999).

A qualidade dos produtos alimentícios em pó está fundamentada em várias propriedades às quais são sujeitas a aplicabilidades específicas. Os fatores de primeira disposição são as propriedades físicas e químicas como a umidade final, densidade, solubilidade. Na atualidade a elaboração de novos produtos e a redução das despesas do processo são os principais desafios. 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 (LANNES; MEDEIROS, 2003)

## 4 - METODOLOGIA

### 4.1 - Local de realização da pesquisa

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

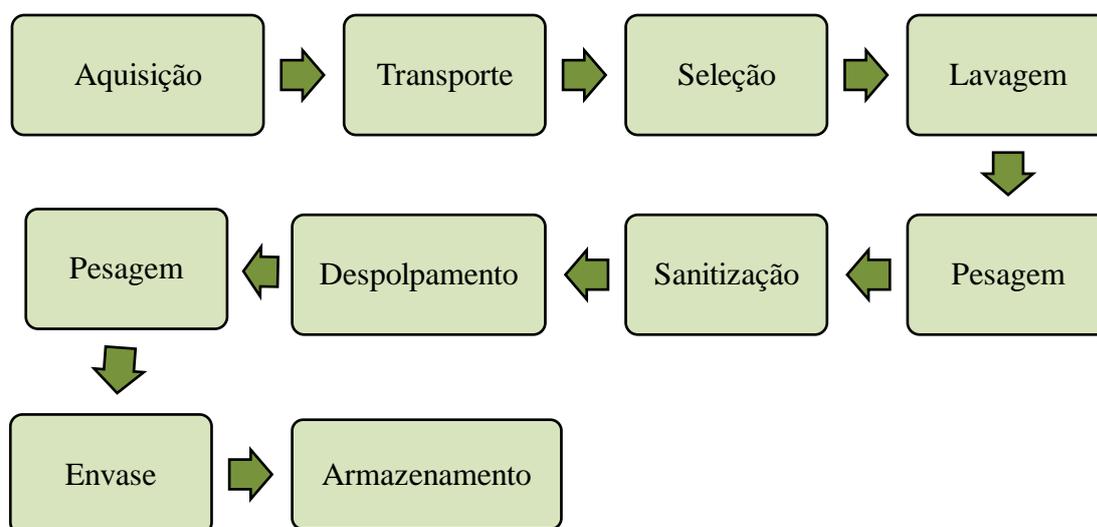
### 4.2 - Matéria-prima

A matéria-prima base para a realização da pesquisa foi a manga, da variedade manga rosa, adquirida no comércio da cidade local, como também os aditivos Super Liga Neutra® e Emulstab®. Esses dois aditivos foram escolhidos em função da eficiência, disponibilidade e baixo custo.

### 4.3 - Elaboração da polpa

Para a elaboração da polpa obtive as seguintes etapas, como mostra o fluxograma contido na Figura 4.1.

**Figura 4.1** - Fluxograma do processamento da polpa da manga rosa.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a aquisição dos frutos, os mesmos foram direcionados ao laboratório de origem vegetais, onde houver todo o processo, inicialmente com uma seleção dos frutos descartando aqueles com danos ou problemas que podem comprometer a qualidade da polpa. Sendo posteriormente lavados, a fim de remover as sujidades. Foram pesados para averiguação do rendimento da polpa dos frutos. Foram sanitizados utilizando solução clorada a 50 ppm de cloro ativo por 15 minutos de imersão.

O despulpamento foi realizado em uma despulpadeira modelo DFMC 200 monofásica. Pesou-se tanto os resíduos como a polpa, a fim de obter o percentual de rendimento. A polpa obtida foi acondicionada em sacos plásticos selados com 200g por embalagem, e armazenados em geladeira a 4°C, até o uso.

#### 4.4 – Testes preliminares

Foram realizados três testes preliminares com percentuais crescentes de (1%) de super liga neutra® e emulstab®. Sendo utilizado as seguintes concentrações por preliminar: 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%), percentuais para 200 gramas (g) da polpa.

O teste da espuma consistiu em bater a polpa com aditivos, utilizando uma batedeira planetária da Arno®, como mostra a Figura 4.3, retirando a cada 5 minutos uma alíquota da amostra no período de 30 minutos, ficando assim 6 amostras de espuma por preliminar.

**Figura 4.2** – Testes preliminares para obtenção da espuma.



Fonte: Aatoria própria (2019).

**Figura 4.3** - Amostras dos testes da espuma da manga rosa.



Fonte: Autorial própria (2019).

O objetivo da análise foi escolher a melhor espuma, sendo levado em consideração espuma firme (sem escorrer ao virar o recipiente, copo plástico transparente), menor percentual de aditivo e menor tempo de batimento.

#### **4.5 - Análises físico-químicas**

As análises realizadas durante o experimento foram para a polpa da manga rosa in natura, a espuma formulada e os pós 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 ( $\text{g/cm}^3$ ), ratio (SST/ATT) 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  $105^\circ\text{C}$ , sendo os resultados expressos em percentual (%), conforme preconiza as normas descritas no Instituto Adolf Lutz (2008);

#### 4.5.2 - Resíduos minerais fixos (cinzas)

Determinada após a amostra ser incinerada a 550°C por 6 horas em forno mufla (IAL, 2008).

#### 4.5.3 – Acidez

Utilizando o método titulométrico com solução de NaOH 0,1N e fenolftaleína como indicador de ponto de viragem, sendo expressa em ácido cítrico (%) e ATT - Acidez Total Titulável (%) (IAL, 2008).

#### 4.5.4 – Densidade

Está análise foi realizada na polpa in natura e na espuma formulada. O método consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra utilizando um picnômetro com volume conhecido. A densidade foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras (Equação 4.1).

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

Em que,

$p$ : densidade, g/cm<sup>3</sup>;

$m$ : massa, g, e;

$V$ : volume, cm<sup>3</sup>.

#### 4.5.5 - Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado através da titulação com o indicador 2,6-diclorofenolindofenol, cujos resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por cem gramas da amostra (IAL, 2008).

#### **4.5.6 - Sólidos solúveis totais**

Os sólidos solúveis totais foram determinados utilizando-se refratômetro portátil (escala de 0 a 32 °Brix) sendo aferida a temperatura afim de correção do valor, uma vez que a leitura do refratômetro é 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, de acordo com a metodologia preconizada em IAL (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 0,95, 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).

#### **4.5.10 - Relação SST/ATT (Ratio)**

Determinou-se pela 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; sendo os resultados 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 (a qual foi pesada em intervalos iniciais de 5 minutos com duração de 50 minutos, 10 minutos durante 1 hora e 40 minutos, de 20 minutos durante 2 horas, 30 minutos durante 3 horas e de hora em hora sendo o processo interrompido quando atingiu o ponto equilíbrio) e dos teores de água determinados no final das mesmas. No cálculo da razão de água foi utilizada a Equação 2. A Figura 5 apresenta a matéria-prima dispostas em bandejas sendo secas em estufa de circulação de ar aquecido.

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

Em que,

*RX*: razão de água do produto (adimensional);

*X*: teor de água do produto; (base seca)

*X<sub>i</sub>*: teor de água inicial do produto, e; (base seca)

*X<sub>e</sub>*: teor de água de equilíbrio do produto (base seca).

**Figura 4.4** - Secagem em camada de espuma da polpa da manga rosa utilizando a estufa de circulação de ar.



Fonte: Autoria própria (2019).

Os modelos matemáticos aplicados foram de Page; Midilli e Newton; e Henderson e Pabis, os quais foram ajustados aos dados experimentais obtidos do processo de secagem, empregando-se o software STATISTIC 7.0® por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton, para as amostras secadas na estufa pelo método de camada de espuma. Os modelos matemáticos e suas respectivas equações encontram-se na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Modelos matemáticos aplicados na cinética de secagem de polpa da manga rosa pelo método camada de espuma.

Modelo	Equação
Midilli	$RX = a \times \exp(-k \times t^n) + b \times t$
Page	$RX = \exp(-k \times t^n)$
Newton	$RX = \exp(-K \times t)$
Henderson e Pabis	$RX = a \times \exp(-k \times t)$

Fonte: DOYMAZ (2004); MOHAPATRA E RAO (2005)

Em que,

$RX$  ou  $RU$ : é razão de umidade do produto, variável adimensional;

$t$ : é o tempo de secagem em minutos;

$k$ : é um coeficientes de secagem;

$a$ ,  $b$  e  $n$ : são constantes dos modelos

Para escolha do modelo que melhor se ajustou ao experimento, levou-se em consideração maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e menor desvio quadrático médio (DQM). O DQM foi calculado conforme a Equação 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 repetições.

#### 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 as temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessura da camada de espuma de (0,3; 0,5 e 0,7 cm), como apresentado na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2** - Matriz do planejamento usado para secagem da polpa da manga rosa 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 (0,7)
3	-1 (50)	+1 (0,7)
4	+1 (70)	-1 (0,3)
5	0 (60)	0 (0,5)
6	0 (60)	0 (0,5)
7	0 (60)	0 (0,5)

Os dados obtidos experimentalmente da caracterização físico-química da polpa da manga rosa, da espuma e dos pós 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 7.0 beta (SILVA; AZEVEDO, 2006).

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 - Caracterização da polpa da manga rosa *in natura*

Na Tabela 5.1, observa-se os valores da caracterização físico-química da polpa de manga rosa integral e formulada, adquirida no comércio local da cidade de Salgueiro - PE, onde estão apresentados com suas respectivas médias e desvio padrão.

A seguir serão apresentados os valores médios de sólidos solúveis totais (SST), pH, umidade, sólidos totais, acidez titulável total (ATT), atividade de água, açúcares redutores, não redutores e totais e a relação SST/ATT do fruto manga utilizado no experimento.

**Tabela 5.1** - Caracterização físico-química da polpa da manga rosa *in natura* com suas médias e respectivos desvios padrões.

<b>Parâmetros</b>	<b>Média e Desvio padrão</b>
Teor de água (%)	87,86 ± 0,19
Sólidos totais (%)	12,14 ± 0,19
pH (-)	5,32 ± 0,08
Cinzas (%)	0,45 ± 0,01
Acidez (% ácido cítrico)	0,46 ± 0,00
Acidez Total Titulável – ATT (%)	7,75 ± 0,00
Ácido ascórbico (mg.100g <sup>-1</sup> )	10,51 ± 3,60
Densidade real (g.mL)	1,06 ± 0,05
Açúcares redutores (%)	7,50 ± 0,10
Açúcares não redutores (%)	0,82 ± 0,03
Açúcares totais (%)	8,32 ± 0,13
Sólidos Solúveis Totais – SST (°Brix)	14,9 ± 0,00
Lipídeos (%)	0,77 ± 0,86
Relação SST/ATT	1,92 ± 0,00

Como nutriente essencial, a água preenche cerca de 60-65% em frutas, sendo considerada o adulterante universal dos alimentos. Sua quantidade é expressa pelo valor da determinação de água total contida no alimento. Dependendo de sua quantidade e a estabilidade que representa, pode afetar a estocagem, embalagem e processamento, uma vez que alimentos estocados com alta umidade poderão se deteriorar mais rapidamente que os que possuem baixa umidade (FURTADO et al, 2009).

A umidade da polpa de manga “integral” foi de  $87,86 \pm 0,19$ . Este valor está próximo ao apresentado por SANTOS (2003); BORGES; MENEGALLI (1994) de 84,1% ;apresentado por MÚJICA-PAZ e colaboradores (2003) e o valor da atividade de água também é similar ao apresentado por SANTOS (2003). As mangas como outros frutos possuem grande teor de água disponível e o controle destes parâmetros deve ser acompanhado, principalmente no desenvolvimento de frutas desidratadas, pois são indicativos de ambiente favorável para o desenvolvimento microbiano e conseqüentemente para a degradação do fruto.

SOUZA NETO et al. (2005) encontraram 86,61% de umidade para variedade Coité, comportamento similar foi constatado neste estudo. Os autores BRANDÃO et al. (2003) encontraram 83,03% de umidade para variedade Coité, valor semelhante ao relatado por PINA et al. (2003) para a mesma variedade. QUEIROZ DANTAS JÚNIOR; FIGUEIREDO (2007) obtiveram 86,94% de umidade estudando a ‘Espada’. LEITE et al. (2005) avaliando as características da ‘Tommy Atkins’ observaram um conteúdo de água médio de 85,24%, enquanto MARTIM (2006) obteve 86,48% e SANTOS (2003) 82,54%.

Quanto aos teores de sólidos solúveis totais (SST), expressos em °Brix  $14,9 \pm 0,00$ , verifica-se que os dados apresentados estão dentro dos padrões mínimos exigidos pela legislação. BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA (2002) ao avaliar polpa congelada de manga Tommy Atkins ( $11,40$  °Brix), e por DANTAS JÚNIOR, QUEIROZ E FIGUEIREDO (2007) que obtiveram  $13,62$  °Brix analisando a ‘Espada’, enquanto COCOZZA (2003) obteve uma variação de  $6,9$  °Brix a  $12,2$  °Brix, LUCENA (2006) de  $5,6$  °Brix a  $8,5$  °Brix, para a mesma variedade. Em relação à variedade Coité, SOUZA NETO et al. (2005) encontraram  $12,50$  °Brix, BRANDÃO et al. (2003) obtiveram  $16$  °Brix, enquanto PINA et al. (2003) encontraram  $22$  °Brix.

A evolução do teor de SST em manga varia de  $7,0$  a  $17,4$  °Brix, dependendo da variedade e do estágio de maturação do fruto (LUCENA, 2006). Os sólidos solúveis totais (°Brix) são usados como índice de maturidade para alguns frutos, e indicam a quantidade

de substâncias que se encontram dissolvidos sendo constituída na sua maioria por açúcares.

O teor de cinzas detectado na manga rosa foi de  $0,45 \pm 0,01\%$ . Sabe-se que o teor de cinzas permite estimar a quantidade de cálcio, fósforo e sais minerais (importantes na formação e manutenção dos ossos, equilíbrio ácido-base dos líquidos orgânicos) do alimento analisado. Contudo, alguns alimentos de origem vegetal são ainda, ricos em sílica, o que resulta em teor elevado de cinzas, todavia esse teor não apresenta nenhum valor nutritivo para os animais (SILVA, 1981).

Santos (2003) analisando a ‘Tommy Atkins’ obteve 0,20% de cinzas um valor inferior ao encontrado na manga rosa. Em relação às cinzas em alimentos, observa-se que a composição das cinzas refere-se à quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos (CHAVES et al., 2004). RODRIGUES (2005) encontrou 0,257% e SANTOS (2003), 0,20% para a manga Tommy.

As variáveis pH e acidez total titulável (ATT) de  $5,32 \pm 0,08$  e  $7,75 \pm 0,00\%$ . ROCHA et al. (2001) os resultados variaram entre 3,23 a 4,51 para ‘Tommy Atkins’, e para LUCENA (2006) a variação foi de 2,84 a 3,66, sendo que MARTIM (2006) e SANTOS (2003) encontraram o mesmo valor de pH igual a 4,11. BEZERRA (2005) encontrou 3,73 e 4,08 para ‘Rosa’ valores inferiores a da amostra analisada e ‘Tommy Atkins’, respectivamente. PINA et al. (2003) encontraram pH igual a 3,6 para ‘Coité’, esse valor é similar ao encontrado por BRANDÃO et al. (2003) para a mesma variedade. PFAFFENBACH et al. (2003), encontraram valores de pH para ‘Espada’ de 4,2 na colheita e 4,9 após 28 dias de refrigeração, e 4 dias em temperatura ambiente. LIMA (2007) obteve para ‘Tommy Atkins’ orgânica pH de 3,67. A diferença entre os valores de pH pode ser explicada pelo fato da manga ser considerada um fruto ácido, na maioria das variedades apresentando valores de pH abaixo de 4,5. Para CHAVES et al. (2004) é importante a determinação do pH de um alimento para observar o desenvolvimento de microrganismos, temperatura de esterilização, tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria, tipo de aditivos e vários outros fatores.

O valor de SST / ATT e de  $1,92 \pm 0,00$ . Os SST têm tendência de aumento com o avanço da maturação, enquanto que ATT diminui com o amadurecimento. Como em outros frutos, em mangas essa relação aumenta em função do aumento de SST e diminuição de ATT (COCOZZA, 2003)

A relação SST/ATT é mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois esta relação dá uma boa ideia do equilíbrio entre esses dois componentes. Além de ser um indicador da palatabilidade dos frutos, sendo assim, um indicativo de sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez total titulável  $0,46 \pm 0,00$  de ácido cítrico. BRANDÃO et al. (2003) analisaram a 'Coité' e encontraram 0,61% de ácido cítrico, enquanto PINA et al. (2003) obtiveram 0,52% de ácido cítrico para a mesma variedade. BEZERRA (2005) encontrou resultados superiores ao analisar as variedades Rosa e Tommy Atkins (072 e 0,54% de ácido cítrico, respectivamente). LIMA (2007) relatou que a acidez para 'Tommy Atkins' orgânica varia de 0,39 a 0,86% de ácido cítrico. BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA (2002) encontraram 0,84% de ácido cítrico para 'Tommy Atkins', Tais diferenças podem ser atribuídas às diferentes condições climáticas. Os produtos mais ácidos são naturalmente mais estáveis quanto à deterioração. De acordo com CHITARRA; CHITARRA (2005) espera-se uma diminuição na acidez com o amadurecimento dos frutos, pois os ácidos orgânicos voláteis e não voláteis estão entre os constituintes celulares mais metabolizados no processo de amadurecimento. O declínio na acidez e desaparecimento da adstringência acontece de acordo com a variedade e estágio de maturação.

Quanto aos açúcares apresentou-se com maior percentual de açúcares redutores em glicose ( $7,50 \pm 0,10\%$ ), os açúcares totais ( $8,32 \pm 0,13$ ) e açúcares não redutores em sacarose ( $0,82 \pm 0,03$ ). Resultados inferiores foram encontrados por PINA et al. (2003) e BRANDÃO et al. (2003) para 'Coité' (5,03% e 3,8%, respectivamente). Enquanto que LUCENA (2006) (2,77 a 3,48%), MARTIM (2006) (3,22%) e SANTOS (2003) (3,88%) foram inferiores para 'Tommy Atkins'. Bezerra (2005) obteve 3,88% e 3,31% para as variedades Rosa e Tommy Atkins. PINA et al. (2003) relataram que o aumento dos açúcares redutores pode ser devido, principalmente, as reações de hidrólise da sacarose. CHAVES et al. (2004) relataram que o teor de açúcares aumenta com a maturação dos frutos, e para alguns autores os açúcares podem ser considerados como as principais substâncias das frutas.

Quanto aos açúcares solúveis totais, GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES (2005) encontraram 26% de açúcares solúveis totais em polpa de manga. PINA et al. (2003) e BRANDÃO et al. (2003) obtiveram para variedade Coité 16,62% e 12,2%. LUCENA (2006) relatou uma variação de 3,14 a 5,50% para 'Tommy Atkins', SANTOS (2003)

obteve 11,77% e MARTIM (2006) encontrou 11,09%. BEZERRA (2005) constatou um teor de 13,84% para Rosa e 12,94% para Tommy Atkins.

As análises de ácido ascórbico, ou vitamina C, da polpa da manga rosa obteve-se resultados dentro da legislação para polpa de manga, valor encontrado na amostra analisada  $10,51 \pm 3,60$ .

A divergência entre os teores de vitamina C pode estar associada às diferenças nos estádios de maturação dos frutos, nas condições de cultivo, no clima e no tipo de solo da região. CARDELLO E CARDELLO (1998), analisando a correlação entre a atividade da ascorbato oxidase e o teor de vitamina C da manga Haden, verificaram que, durante o processo de amadurecimento da fruta, o teor de ácido ascórbico diminuiu consideravelmente, enquanto a atividade da ascorbato oxidase havia aumentado significativamente durante o mesmo período. Quando se compara o teor de vitamina C da manga “Ubá”, percebe-se que o cultivar Ubá possui o maior teor dessa vitamina. Já se comparando com outras frutas consideradas fontes, como por exemplo, acerola e goiaba, observa-se, também, que o teor de vitamina C da manga “Ubá” é superior ao teor encontrado nas três variedades de goiaba, mas bastante inferior ao teor da acerola.

Os lipídios são moléculas orgânicas insolúveis em água, também conhecidos como gorduras. Dependendo de sua composição química, podem influenciar no armazenamento de produtos, causando a perda de nutrientes essenciais como vitaminas A, D e do complexo B (MENDES-FILHO; CARVALHO; SOUSA, 2014).

Quanto a variável lipídeo a polpa em estudo apresentou-se com  $0,77 \pm 0,86$ . Os percentuais de lipídios foram calculados para as amostras nas duas variedades Tommy obteve 0,79 e Fiapo 0,76 (TACO 2011) valores similares ao que foi encontrado na manga rosa.

O valor encontrado no estudo pra densidade foi  $(1,06 \pm 0,05)$ . Segundo CRUZ (2013) que trabalhou com a obtenção de pó de goiaba, observou que a redução na densidade das espumas ocorreu devido à incorporação de ar durante a etapa de agitação, uma vez que a alta velocidade de agitação promove um aumento na taxa de cisalhamento, favorecendo a divisão das bolhas de ar, resultando na incorporação de maior quantidade de gás à mistura e, portanto na diminuição da densidade da espuma.

**Tabela 5.2** - Comparação quanto a caracterização físico-química da polpa da manga rosa com a espuma formulada.

<b>Parâmetros</b>	<b>Polpa integral</b>	<b>Espuma formulada</b>	<b>Teste F</b>
Teor de água (%)	87,86 ± 0,19 <sup>a</sup>	84,15 ± 0,46 <sup>b</sup>	**
Sólidos totais (%)	12,14 ± 0,19 <sup>b</sup>	15,85 ± 0,46 <sup>a</sup>	**
pH (-)	5,32 ± 0,08 <sup>a</sup>	4,21 ± 0,01 <sup>b</sup>	**
Cinzas (%)	0,45 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,02 <sup>a</sup>	ns
Acidez (% ácido cítrico)	0,46 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,00 <sup>b</sup>	*
Acidez Total Titulável – ATT (%)	7,75 ± 0,00 <sup>a</sup>	7,39 ± 0,04 <sup>b</sup>	**
Ácido ascórbico (mg.100g <sup>-1</sup> )	10,51 ± 3,60 <sup>a</sup>	6,71 ± 1,27 <sup>a</sup>	ns
Densidade real (g.mL)	1,06 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,03 <sup>b</sup>	**
Açúcares redutores (%)	7,50 ± 0,10 <sup>b</sup>	8,23 ± 0,26 <sup>a</sup>	*
Açúcares não redutores (%)	0,82 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,10 ± 0,02 <sup>a</sup>	**
Açúcares totais (%)	8,32 ± 0,13 <sup>b</sup>	9,33 ± 0,28 <sup>a</sup>	**
Sólidos Solúveis Totais – SST (°Brix)	14,9 ± 0,00 <sup>b</sup>	17,4 ± 0,00 <sup>a</sup>	**
Lipídeos (%)	0,77 ± 0,86 <sup>a</sup>	0,88 ± 0,37 <sup>a</sup>	ns
Relação SST/ATT	1,92 ± 0,00 <sup>b</sup>	2,36 ± 0,01 <sup>a</sup>	**

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ao nível de (\*\*) 5% de probabilidade e (\*) a 1% de probabilidade. Letras iguais na mesma linha (ns) não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey

A umidade teve uma diminuição significativamente na espuma (84,15%) quando comparada com a polpa (87,86%), que pode ter ocorrido essa diferença pela incorporação dos aditivos na elaboração da espuma, como também o tempo de batimento. 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, quanto maior o percentual de umidade de um alimento menor será o teor de sólidos contidos neste.

Os aditivos não interferiram no percentual de cinzas da espuma, permanecendo quase a mesma da polpa, sem diferenças estatísticas significativas. Já no teor de sólidos solúveis totais ( $^{\circ}$ Brix), a presenteou um acréscimo significativo na espuma. Os sólidos solúveis são determinados através da leitura em um refratômetro em uma escala a  $20^{\circ}\text{C}$ , sendo o resultado obtido pelo número de gramas de açúcar (sacarose) contido em 100g de solução segundo OLIVEIRA et al. (2012).

No pH, houver uma diminuição para a espuma formulada da manga rosa ( $4,21 \pm 0,01$ ), o que não foi observado para a espuma da manga espada de SILVA et al. (2017), onde ao ser adicionado aditivos o pH teve uma aumento significativo. O acréscimo de aditivos tende a reduzir a ATT ( $7,39 \pm 0,04$ ) e aumentar o pH CHITARRA E CHITARRA (2005), porém na amostra em estudo o pH obteve uma pequena diminuição.

Pode-se perceber que com o aumento dos aditivos aumentam as diferenças estatísticas quando comparada com a polpa in natura, uma vez que houve diminuição na quantidade de ácido ascórbico na espuma da manga rosa, porém não diferem entre si.

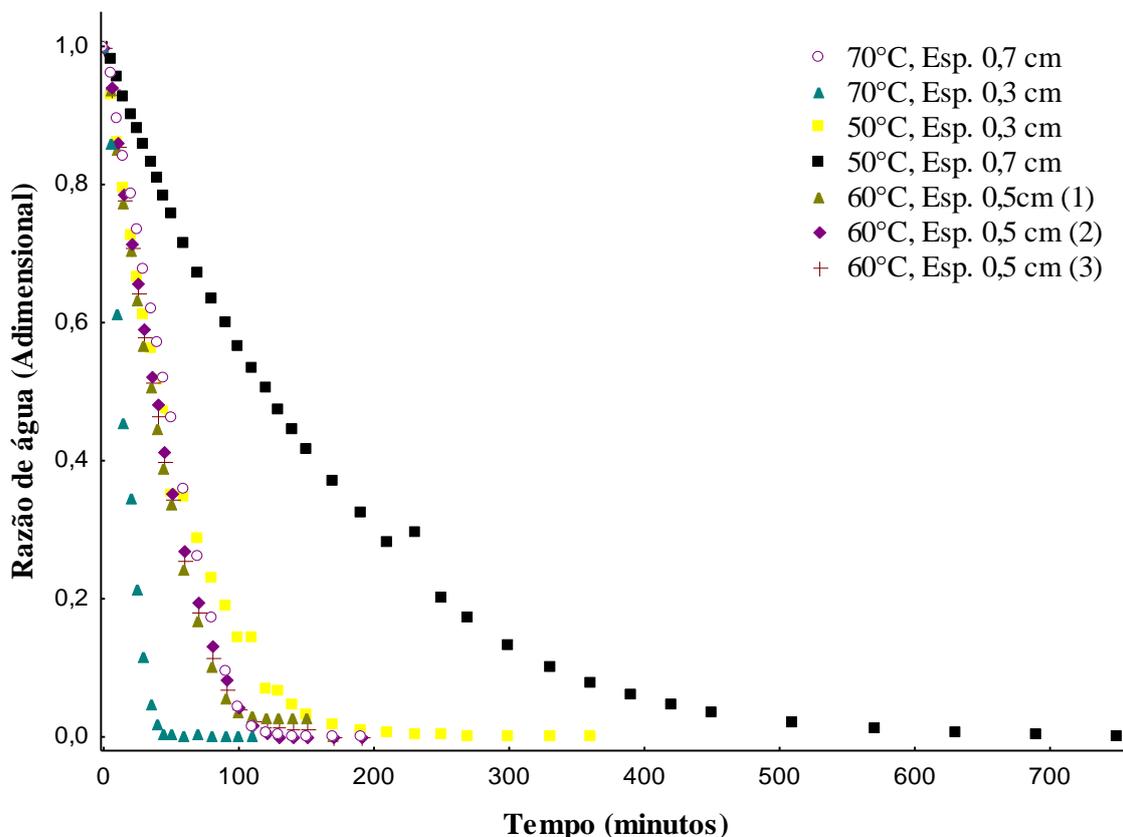
Devido ao processo de batimento com duração de 15 minutos, afim de transformar a polpa em espuma, esse processo influencia na densidade da espuma ( $0,63 \pm 0,03$ ) que reduz significativamente devido a incorporação de ar no processo, ficando assim a espuma leve e porosa. Foi observado por CAVALCANTE NETO (2017) que quanto maior o tempo de batimento e aditivo utilizado menor é a densidade da espuma formada.

As frutas, possuem baixo percentual de lipídeos, êxitos algumas. A diferença apresentada no percentual de lipídeo da polpa da manga ( $0,77 \pm 0,86$ ) para a espuma formula ( $0,88 \pm 0,37$ ), mais não diferem entre si.

## 5.2 - Cinética de secagem

Os dados obtidos durante o experimento da cinética de secagem da manga rosa estão apresentados na Figura 5.1, sendo expressos em razão de água (adimensional) em função do tempo de secagem

**Figura 5.1** - Curvas de secagem da polpa em camada de espuma da manga rosa, para todas temperaturas e espessuras analisadas.



Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se observar que no processo de secagem da espuma da manga rosa, 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).

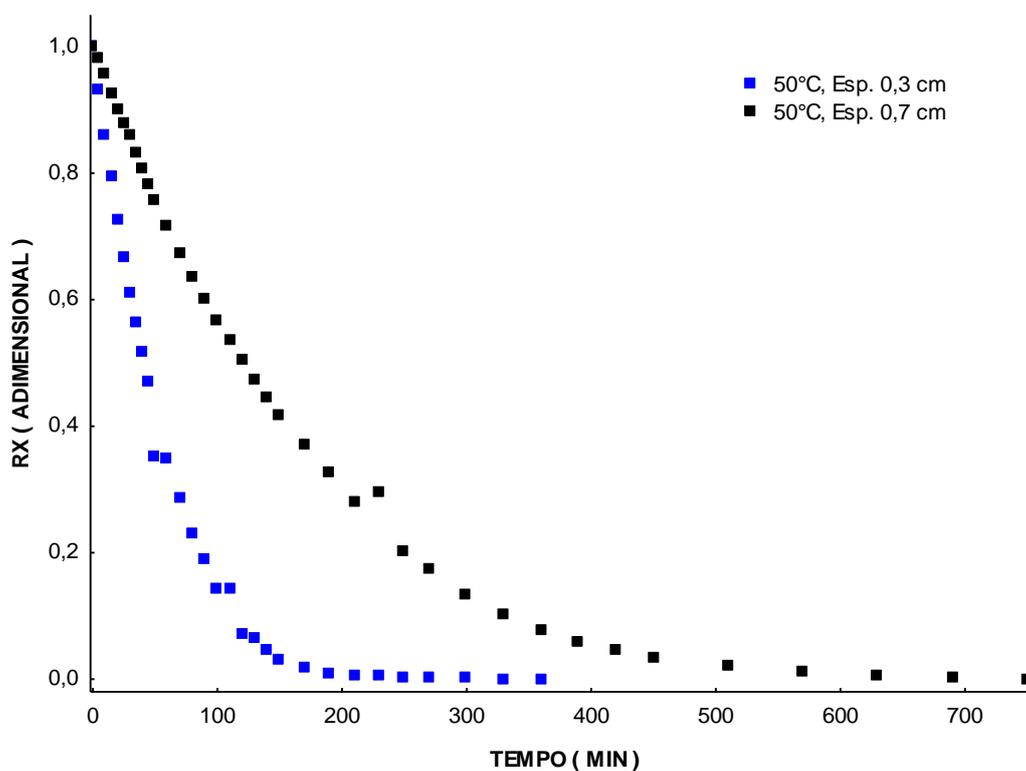
Para a temperatura de 70°C ocorreram os menores tempos de secagem de 110 e 190 minutos correspondentes a 0,3 e 0,7 cm. Os dois pontos centrais de 60°C com espessura de 0,5 cm possuíram tempo de secagem de 190 e 170 minutos. Para a temperatura de 50°C ocorreram os maiores tempos de secagem de 360 e 750 minutos, correspondentes as espessuras de 0,3 e 0,7 cm.

WILSON et al. (2012) ao estudarem a secagem da polpa de manga da variedade Dussehri com adição de albumina (0, 3, 5, 7 e 9%) em camada de espuma nas temperaturas de 65 °C (390 min), 75 °C (330 min) e 85 °C (300 min), também observaram que a temperatura do ar de secagem teve efeito significativo sobre o tempo de secagem, o que é evidente a partir do fato de que o tempo de secagem é reduzido com o aumento da temperatura do ar de secagem.

SILVA FILHO *et al.* (2016) ao estudarem a espuma da polpa da manga cv. *Harden*, utilizando os aditivos Super Liga Neutra® (1,5%) e de Emustab® (1,5%), observaram que quanto maior a temperatura 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.

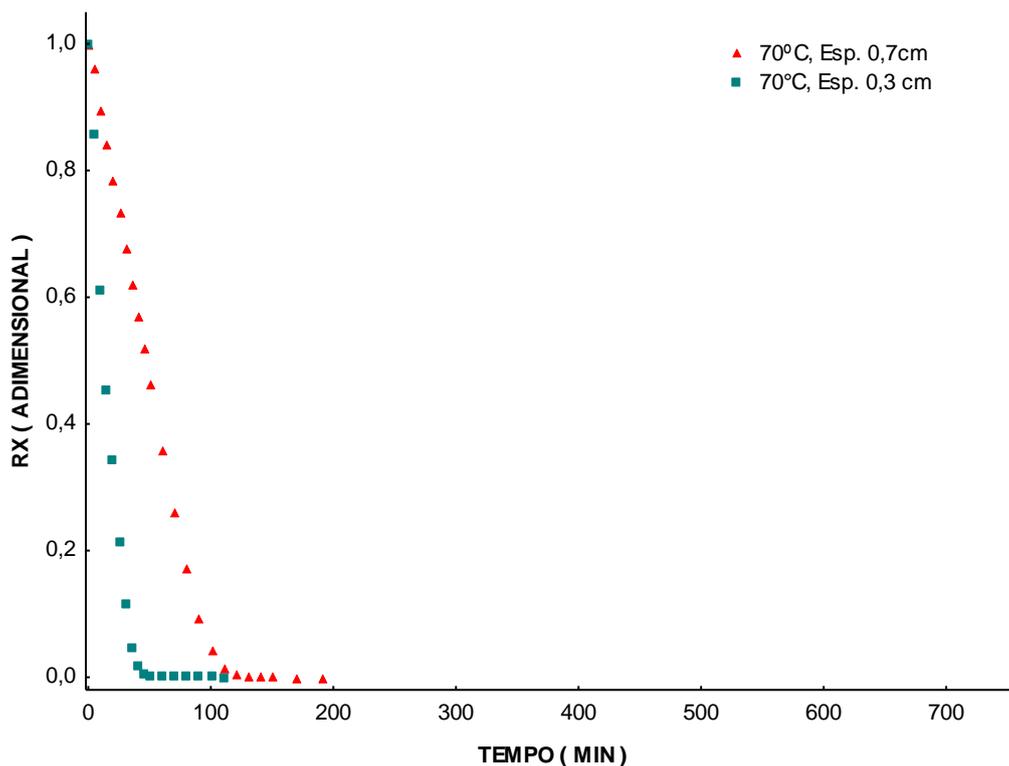
Nas Figuras 5.2 e 5.3 podem ser notadas a comparação das diferentes espessuras em mesma temperatura de secagem. Mesmo estando em igual temperatura de secagem a espessura sendo variada influencia no tempo da mesma.

**Figura 5.2** - Curvas de secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma nas espessuras de 0,3 e 0,7 cm a 50°C.



Fonte: Autoria própria (2019).

**Figura 5.3** - Curvas de secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma nas espessuras dos 0,3 e 0,7cm a 70°C.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Tabela 5.3 a seguir, mostrara os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), os parâmetros dos modelos matemáticos e os desvios quadráticos médios (DQM). O critério de seleção do modelo que melhor representa o processo de secagem, utilizou-se o coeficiente de determinação e o desvio quadrático médio (DQM), pois quanto menor o valor de DQM melhor será o do modelo utilizado.

Observa-se que os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) se encontram acima de 0,99. Dos quadros modelos testados aquele que melhor representou o processo da secagem foi o modelo de Midilli, com melhores ajustes, obtendo os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ), e menores desvios quadrático médio (DQM) . 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 5.3** - Parâmetros dos modelos Page, Henderson e Pabis, Midili e Newton com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.

Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros					
			K	n	R <sup>2</sup>	DQM		
Page	50	0,3	0,0104	1,1340	0,9989	0,0151		
		0,7	0,0035	1,1053	0,9992	0,0129		
	70	0,3	0,0157	1,4421	0,9986	0,0165		
		0,7	0,0018	1,5703	0,9976	0,0245		
	60	0,5 ( 1 )	0,0065	1,3178	0,9990	0,0148		
		0,5 ( 2 )	0,0053	1,3520	0,9988	0,0160		
		0,5 ( 3 )	0,0059	33353	0,9991	0,0137		
	Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros				
				a	b	k	n	R <sup>2</sup>
Midili	50	0,3	0,9945	0,0101	1,1385	-0,000014	0,9989	0,0149
		0,7	0,9954	0,0035	1,0958	-0,000024	0,9994	0,0117
	70	0,3	0,9791	0,0052	1,3705	0,000010	0,9991	0,0163
		0,7	0,9959	0,0156	1,4413	-0,000039	0,9986	0,0195
	60	0,5 ( 1 )	0,9659	-0,0001	0,0012	1,639867	0,9985	0,0137
		0,5 ( 2 )	0,9796	0,0047	1,3702	-0,000099	0,9993	0,0127
		0,5 ( 3 )	0,9797	00004	00506	36681900	0,9993	0,0117
	Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros				
				a	k	R <sup>2</sup>	DQM	
Henderson e Pabis	50	0,3	0,0104	1,1340	0,9989	0,0151		
		0,7	1,0267	0,0061	0,9985	0,0185		

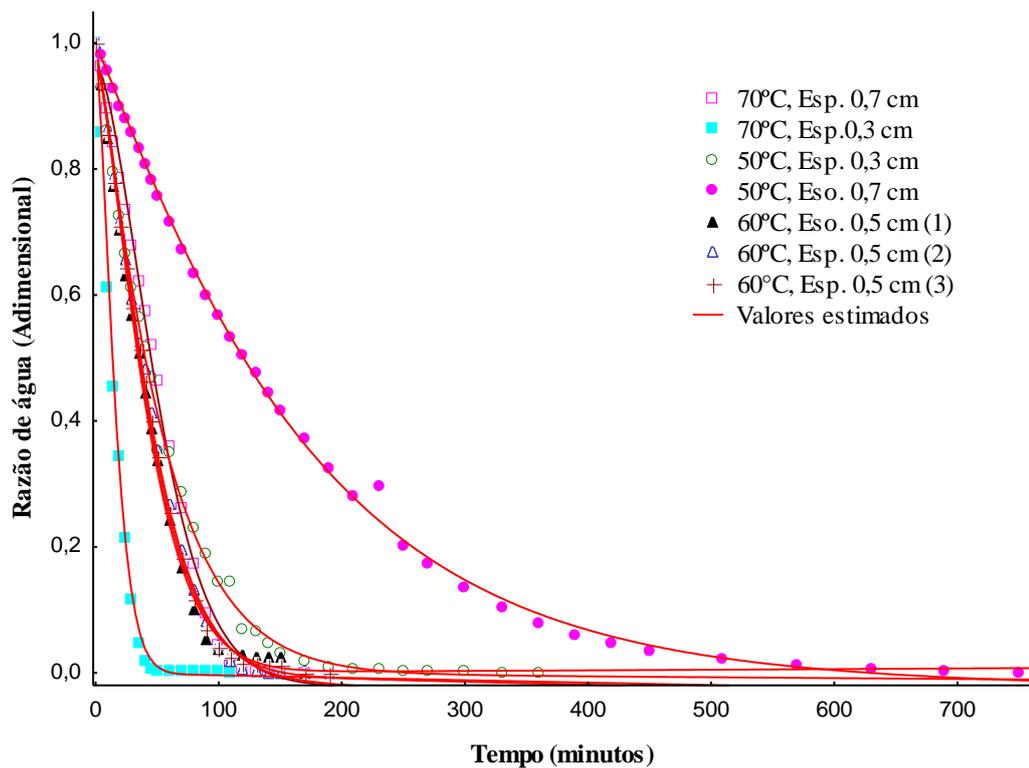
	70	0,3	0,0157	1,4421	0,9986	0,0165
		0,7	1,1146	0,0201	0,9826	0,0664
		0,5 ( 1 )	1,0732	0,0239	0,9932	0,0385
	60	0,5 ( 2 )	0,0053	1,3520	0,9988	0,0160
		0,5 ( 3 )	1,0769	0,0234	0,9929	0,0397
	<b>T (°C)</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Parâmetros</b>			
			<b>k</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>DQM</b>	
<b>Newton</b>	50	0,3	0,0180	0,9970	0,2450	
		0,7	0,0059	0,9979	0,0501	
	70	0,3	0,0597	0,9873	0,0788	
		0,7	0,0179	0,9754	0,0216	
		0,5 ( 1 )	0,0221	0,9902	0,0461	
	60	0,5 ( 2 )	0,0211	0,9884	0,0514	
		0,5 ( 3 )	0,02163	0,9898	0,0477	

Analisando os parâmetros dos modelos de Page e Midilli 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 representa a resistência interna a secagem, foi a menor 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 onde obteve valores maiores de  $k$  e menores em  $n$  para o modelo de Page. Segundo MADAMBA et al. (1996) e BABALIS; BELESSIOTIS (2004), a constante de secagem ( $k$ ) pode ser utilizada como aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada à difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente e à difusão líquida que controla o processo.

Como podemos observar o modelo de Midilli, se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais da secagem da espuma. Os resultados apresentados nesse estudo corroboram com LIMA et al. (2007) ao avaliarem diferentes equações matemáticas para a cinética de secagem da polpa de facheiro concluíram que a equação de Midilli apresentou melhores resultados de  $R^2$  e DQM. Desempenho similar foi observado por MEISAMI-ASL et al. (2009), que estudando os diferentes modelos matemáticos na cinética de secagem em camada delgada de fatias de maçã em temperaturas de 40 a 80 °C, concluíram que o modelo de Midilli melhor representou os dados experimentais de secagem. O modelo de Midilli também foi o que melhor representou a secagem da graviola (BAPTESTINI, 2015).

Na Figuras 5.4, estará apresentado o resumo do ajuste do modelo de Midilli, que foi o modelo matemático melhor ajustado aos dados experimentais da secagem da espuma da polpa da rosa. Os demais gráficos dos modelos Page; Henderson e Pabis e Newton serão anexados no apêndice.

**Figura 5.4** - Ajuste do modelo de Midilli aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se pelo gráfico dos ajustes de Midilli aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa 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.

## 6 – CONCLUSÕES

Observou-se quanto aos parâmetros físico-químicos da polpa *in natura* e da espuma formulada, que houveram poucas diferenças entre si, alguns parâmetros na polpa obteve maior percentual. O tempo da secagem da espuma da polpa de manga rosa utilizando a Super Liga Neutra e Emustab foi influenciada pela utilizada na secagem, assim como também na espessura. Os modelos matemáticos de Page; Midilli; Henderson e Pabis e Newton propostos aos experimentos, ajustaram-se perfeitamente aos temperatura dados, o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para todas as condições analisadas.

## 7 - REFERÊNCIAS

AGHANTA, S, OKOS, M. R. Quality Changes during drying of food polymers. In: NUMDAR, AS.; SUVACHITTONONT, S. **Development in drying**. Thailand: Kasetsart University Press. , 2000. U. S, P. 195 – 205.

ANDRADE, E.T.; BORÉM, F.M.; HARDOIM, P.R. Cinética de secagem do café cereja, bóia e cereja desmucilado, em quatro diferentes tipos de terreiros. **Revista Brasileira de Armazenamento** , v.1, n.7, p.37-43, 2003.

ANDRADE, S. A., METRI, J. C., BARROS NETO, B. Desidratação osmótica de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.276- 281, 2003.

ALBUQUERQUE, M.V. Et al. **Educação Alimentar: Uma Proposta de Redução do Consumo de Aditivos Alimentares**. Química Nova na Escola, v. 34, n. 2, p. 51- 57, maio 2012.

BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 3, p. 449-458, 2004.

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.

BERBERT, P.A.; QUEIROZ, D.M.; SILVA, J.S.; PINHEIRO FILHO, J.B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, n.3, p.167-73, 1995.

BERISTAIN, C.I.; CORTÉS, R.; CASILLAS, M.A.; DÍAZ, R. Obtención de jugo de piña en polvo por el método desecado por espumas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.41, n.2, p.238-245, 1991.

BEZERRA, T. S. **Avaliação de características químicas e nutricionais de 22 variedades e seleções avançadas de manga (*Mangifera indica* L.) cultivadas na região norte de Teresina-PI**. Teresina, 2005. 47 p. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos), Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí.

Borges, SV & Menegalli, FC (1994) Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 29: 637-642.

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.

BRASIL. Ministério da saúde. Secretária de Vigilância Sanitária. Portaria N° 540 de 1997. **Aprovar os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 17 de Novembro de 1998, Seção 1, Página 90.

Brandão, MCC, Maia, GA, Lima, DP, Parente, EJS, Campello, CC, Nassu, RT, Feitosa, T & Sousa, PHM (2003) Análise físico química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 25: 38-41.

BRASIL. Resolução ANVISA. **RDC nº 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.

Brandão, MCC, Maia, GA, Lima, DP, Parente, EJS, Campello, CC, Nassu, RT, Feitosa, T & Sousa, PHM (2003) Análise físico química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 25: 38-41.

BRYGIDIR, A. M.; RZEPECKA, M. A. MCCONNELL, M. B. Characterization and drying of tomato paste foam by hot air and microwave energy: Canadian Insdituti of Food Science and Technology. **Jounal Montreal**, v. 10. N. 4 p. 313 – 319. 1977.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. Avaliação das alterações em polpa de manga Tommy Atkins congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, nº3, p. 651-653, 2002.

CÁCERES, M. C. **Estudo do processamento e avaliação da estabilidade do “blend” misto a base da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*).** 2003.124f.Dissertação(MestradoemTecnologiade Alimentos)– UniversidadeEstadualdeCampinas, Campinas, 2003.

CAMARGO, W.P.F.; ALVES, H.S.; MAZZEI, A.R. Mercado de manga no Brasil: contexto mundial, variedades e estacionalidade. SP, 34,(5). 2004.

CALL, R. M.; AGUIAR, J. **Aditivos nos alimentos.** São Paulo: ed. R M. Calil, 1999. 139p.

Cardello, H.M.A.B.; Cardello,L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga( *Mangifera indica* L.) var. Haden durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18,n.2, Maio/Jul. 1998.

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.

COCOZZA, F. **Maturação e conservação de manga Tommy Atkins submetida a aplicação pós colheita de –metilciclopropeno.** Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola,. Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Campinas, 2003. 198p.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.),abóbora(*Cucurbitamoschata*)ecenoura(*Daucus carota*)obtidospeloprocessodesecagememleitede jorro: estudo comparativo. **RevistaCiência Agrônômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.

CUNHA, G.A.P.; CASTRO NETO, M.T. **Implantação de pomar.** Manga Produção: aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA-IT, p. 29-30, 2000.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, nº 2, p. 1-10, 2º semestre 2004.

Chirife, J.; Iglesias, H.A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 - A review. **Journal of Food Technology**, v.13, p.159-174, 1978.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. revisada e ampliada. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CHONG, C. H.; LAW, C. L. **Drying of Exotic Fruits. Vegetables and Fruits** - Volume 2, Ed. Jangam, S.V., Law, C.L. and Mujumdar, A.S., Singapore, p. 1- 42, 2011.

CRUZ, W. F. da. Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG. 2013.

DOYMAZ, I. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 359-364, 2004.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M.F. Determinação da difusividade térmica da polpa de manga Espada. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 22, n° 1, p. 39-42, 2007.

DIONELLO, R. G.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; PEREIRA, R. C.; VIANA, A. P. CARLESSO, V. O. Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.1, p.232-240, 2009.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Ateneu, 1998.

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.

FIOREZES, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária / UFPB, 2004. 229P.

Foust, A. S., Wenzel, L. A.; Clump, C. W. **Principles of Unit Operations**, 2nd Ed., John Wiley & Sons Inc., 1980.

FURTADO, G.F.et al. Avaliação físico-química da polpa de manga (*Mangifera Indica* L.) submetida à secagem em camada delgada. 2009.

Genú PJC & Pinto ACQ (2002) A cultura da mangueira. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 454p.

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, v.27, n.1, p.135-140, 2007.

Gouveia, J.P.G. de; Almeida, F. de A.C.; Fernandez, F.R.; Murr, F.E.X.M. Estudo das isotermas de sorção e calor isostérico do gengibre sem casca. **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 28, Pelotas, RS. Anais, 1999a.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.4, p. 691-697, 2005.

JACOMETTI, G.A.; MENEGHEL, R.F.A.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêssego (*Prunus persica*). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n.1, 95-100, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed., 1 ed. digital. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo-SP, 2008.

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.

KARIM A. A.; WAI C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64. p. 337-343. 1999.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

LEITE, J. C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, M. M.; SILVA, R. G.; PEDROZA, J. P. Caracterização física da manga variedade Tommy Atkins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais, Embrapa/UFPB/UFS/SBF**, 2005. 1 CD-ROM.

LIMA, A. B. **Qualidade de manga Tommy Atkins orgânica colhida sob boas práticas agrícolas, tratada com extrato de erva-doce e fécula de mandioca**. Areia-PB, 2007.

144p. Dissertação (Mestrado em Agronomia com Área de Concentração em Agricultura Tropical – Fisiologia Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças Tropicais). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

LIMA, E. E.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Cinética de secagem de polpa de facheiro. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.1, p.17-28, 2007.

LUCENA, E. M. P. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga ‘Tommy Atkins’ no Vale do São Francisco**. Fortaleza, 2006. 152p. Tese (Doutorado em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará.

MACHADO, C. M. M. **Processamento de hortaliças em pequena escala**. Brasil: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 99p.

Madamba, P. S. Thin layer drying models for osmotically pré-dried young coconut. **Drying technology**, v.21, n.9, p.1759-1780, 2003.

Martim, NSPP. **Estudo das características de processamento da manga (Mangifera indica L.) variedade Tommy Atkins desidratada**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 94p.

MEISAMI-ASL, E.; RAFIEE, S.; KEYHANI, A.; TABATABAEEFAR, A. Mathematical modeling of moisture content of apple slices (Var. Golab) during drying. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.8, n.6, p.804-809, 2009.

MENDES FILHO, N.E.; CARVALHO, M.P.; SOUZA, J.M.T. Determinação de macrocomponentes e nutrientes minerais da polpa de manga (Mangifera Indica L.). **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v.6, n. 1/2, 2014.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. Thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v.29, n.1, p.75-97, 1996.

MANICA, I. Taxionomia-morfologia-anatomia. In: MANICA, I. **Manga: tecnologia, produção, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 27-44, 2001.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.

MÚJICA-PAZ, H. VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZMALO, A.; PALOU, E.; WELTICHANES, J. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effects of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 57, n.4, p.305-314, 2003. ISSN: 0260-8774.

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.

OKADA, M, WTALIA A. A.; TEXEIRA NETO, R. O.; CARVALHO, R.; JARDIM, A. C. P. **Fundamentos sobre a secagem de sólidos**. AGUIRRE, J. M.; FILHOS, J. G. Desidratação de frutos e hortaliças. Campinas: ITAL, 2002, Cap.1, p. 1- 24.( Manual técnico).

PFAFFENBACH, L. B.; CASTRO, J. V.; CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, nº. 3, p. 410-413, dez., 2003.

PAVANELLI, A. P. **Aditivos para panificação: conceitos e funcionalidade**. São Paulo: 1998. ABIAM - Associação Brasileira da Indústria de Aditivos e Melhoradores para Alimentos e Bebidas.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of piod d' Anjou. With ano without osmotic dehydration. **Jounal of food. Emginueing**, v. 56, n.1, p. 97 – 103, 2002.

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

PINA, M.G.M; MAIA, G.A. SOUZA FILO, M.S.M.; FIGUEIREDO, R.W. & Monteiro, JCS (2003) Processamento e conservação de manga por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25: 63-66.

PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. GENUÍ, P. J.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, p. 100 – 101, 2002.

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

RODRIGUES, L. K. **Manga (cv ‘Tommy Atkins’) minimamente processada – desidratação osmótica e embalagem com atmosfera modificada**. 115 p, 2005. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas/SP.

SANTOS, C.N.P. (2003) **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (Mangifera indica L. cv Tommy Atkins) parcialmente desidratada por osmose**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 79p.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 37, n. 1, p. 217-525, 2004.

SANKAT,C.K.;CASTAIGNE,F.Foaming and drying behavior of ripe bananas. **LebensmittelWissenschaft und Technologie**, London, v. 37, n. 1, p. 217-525, 2004.

SAHA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. **Jounal Food ScinceTechnologie**, v.47, n.6, p.587–597, 2010.

SOARES, E.C.; **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (Eugenia stipitata Mc Vaugh) em leite de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga - BA, 2009.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (Theobroma grandiflorum)**. Itapetinga – BA: UESB, 2011. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos).

SOUZA NETO, M. A.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, A. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem 100 convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, nº 5, p. 1021-1028, out., 2005.

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 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**, v.7, n.3, p.354-361, 2016.

SILVA, E. M. F. (Coord.). Estudo sobre o mercado de frutas. São Paulo: FIPE, 1999.

SILVA, F.A.S., AZEVEDO, C.A.V. A New Version of The Assistat Statistical Assistance Software. **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 4, Orlando-FL-USA: Anais.. Orlando: Am. Soc. Agric. Biol. Eng. pp. 393-396, 2006.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa (MG), 1981.

SILVA, I. M. C.; CALLOU DE SÁ, E. Q. Alimentos funcionais: um enfoque gerontológico. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, v. 10, n. 1, p. 24-28, 2011.

SHILS, M.E.; OLSON, J.A.; SHIKE, M.; ROSS, A.C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**, v.1, n.9, 2003.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ª Edição. NEPA – UNICAMP, Campinas, 2011.

TEUNOU, E., FITZPATRICK, J. J., SYNOTT, E. C. Characterisation of food powder flowability. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 1, p. 31-37, janeiro, 1999.

VIDAL, J.R.M.; PELEGRINE, D.H.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica* l-keitt). **Revista Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.039-042, 2004.

Wilson, R.A., Kadam, D.M., Chadha, S., Sharma, M. Foam mat drying characteristics of mango pulp. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, v.2, 63-69, 2012.

ZANOELO, E.F.; CELSO, G.M. DI; KASKANTZIS, G. Drying Kinetics of Mate Leaves in a Packed Bed Dryer. **Biosystems Engineering**, 2007.

## APÊNDICES

**Apêndice I – Análise de variância para as análises físico-químicas da espuma da polpa.**

**Tabela 5.2.1** - Análise de variância do açúcares não redutores da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0,12327	0,12327	168.0909**
Resíduo	4	0.00293	0.00073	
Total	5	0.12620		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.2** - Análise de variância do acidez em ácido cítrico da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0.00107	0.00107	32.0000**
Resíduo	4	0.00013	0,00003	
Total	5	0,00120		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.3** - Análise de variância da vitamina C da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	21.69802	21.69802	2.9808 ns
Resíduo	4	29.11707	7.27927	
Total	5	50.81508		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.4** - Análise de variância do açúcares redutores da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0.79207	0.79207	20.2230*
Resíduo	4	0.15667	0.03917	
Total	5	0.94873		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.5** - Análise de variância do lipídio da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0.01643	0.01643	0.0374ns
Resíduo	4	1.75530	0.43882	
Total	5	1.77173		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.6** - Análise de variância da cinzas da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0.00007	0.00007	0.2500ns
Resíduo	4	0.00107	0.00027	
Total	5	0.00113		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.7** - Análise de variância do ratio da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0.28167	0.28167	4225.000**
Resíduo	4	0.00027	0.00007	
Total	5	0.28193		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.8** - Análise de variância do teor de água da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	20.60907	20.60907	166.4482**
Resíduo	4	0.49527	0.12382	
Total	5	21.104.33		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.9** - Análise de variância açúcares totais da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	1.55042	1.55042	32.4468**
Resíduo	4	0.19113	0.04778	
Total	5	1.74155		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.10** - Análise de variância acidez total titulavel da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0.19802	0.19802	321.1081**
Resíduo	4	0.00247	0.00062	
Total	5	0.20048		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.11** - Análise de variância da densidade da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	0.27735	0.27735	130.0078**
Resíduo	4	0.00853	0.00213	
Total	5	0.28588		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.12** - Análise de variância do pH da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	1.83707	1.83707	553.8894**
Resíduo	4	0.01327	0.00332	
Total	5	1.85033		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

**Tabela 5.2.13** - Análise de variância dos sólidos da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	20.60907	20.60907	166.4482**
Resíduo	4	0.49527	0.12382	
Total	5	21.10433		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

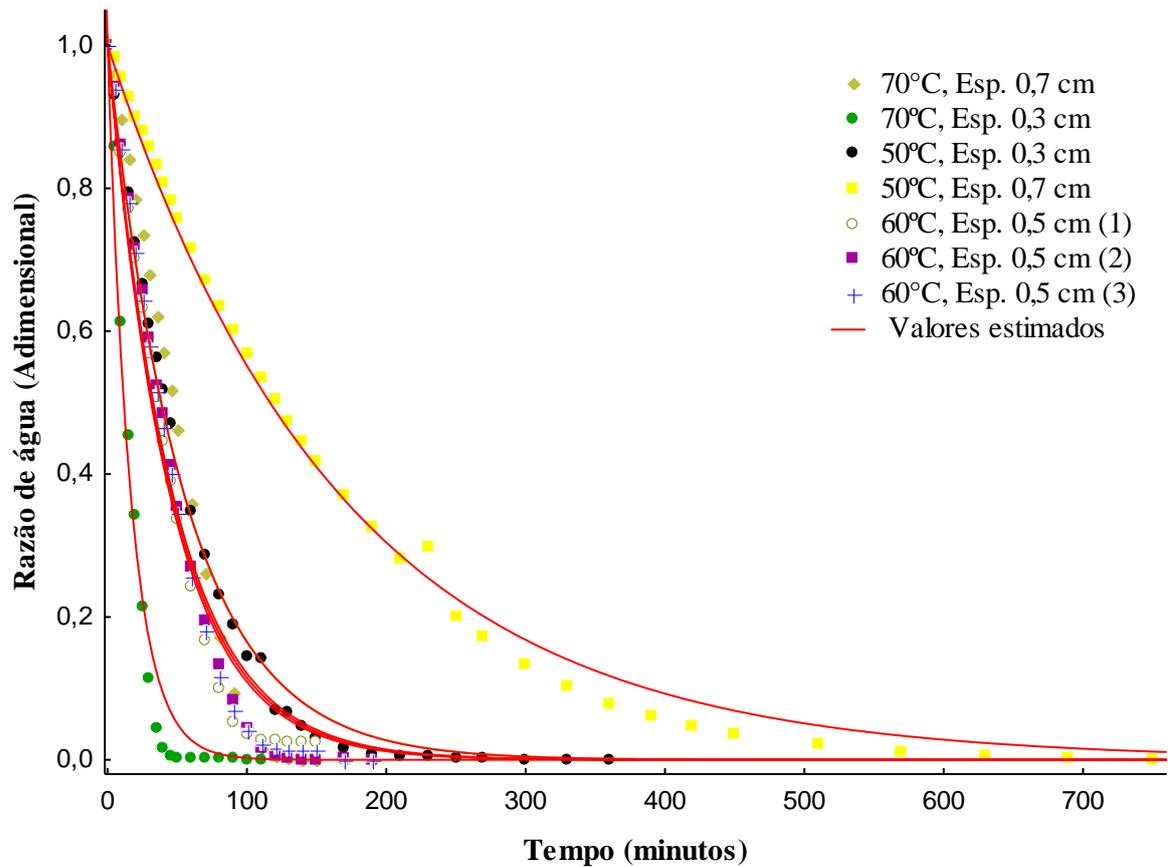
**Tabela 5.2.14** - Análise de variância sólidos solúveis totais da manga rosa.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	1	9.15135	9.15135	5436.4455**
Resíduo	4	0.00673	0.00168	
Total	5	9.15808		

\*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrados médios; F - Variável do teste F

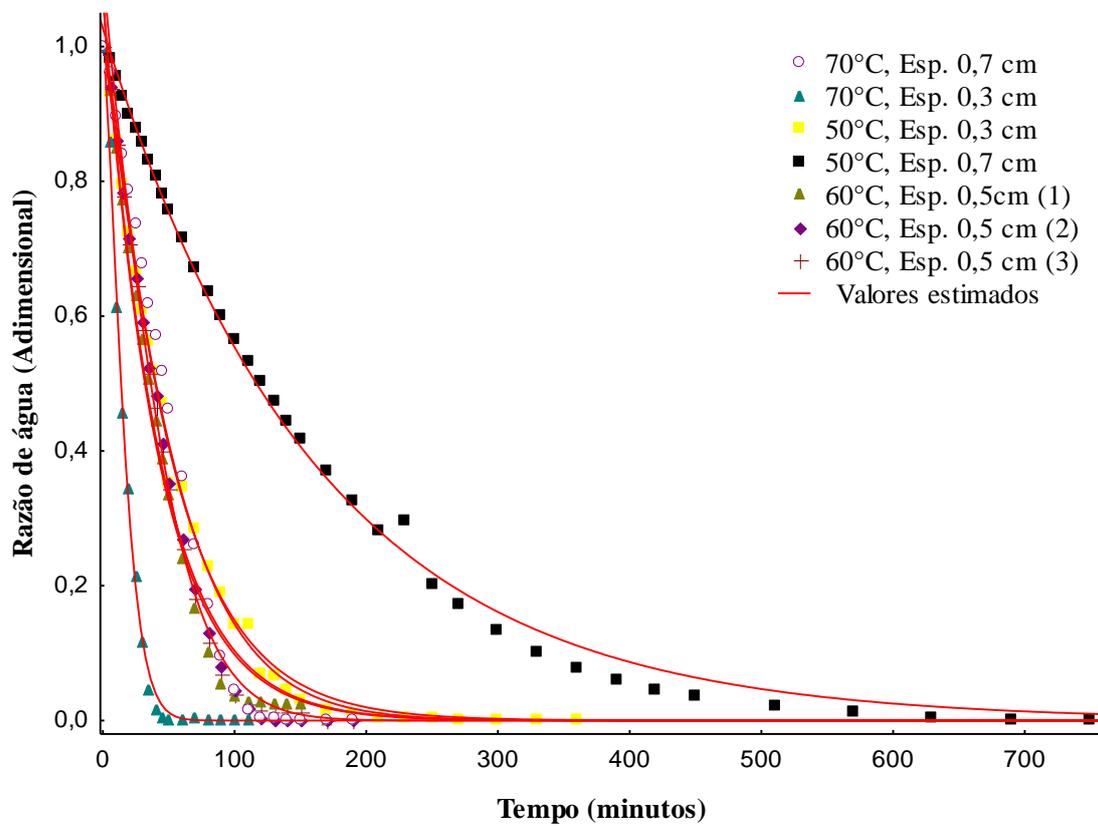
**Apêndice II – Modelos matemáticos ajustados as curvas de cinética de secagem.**

**Figura 5.4.1** - Ajuste do modelo de Newton aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.



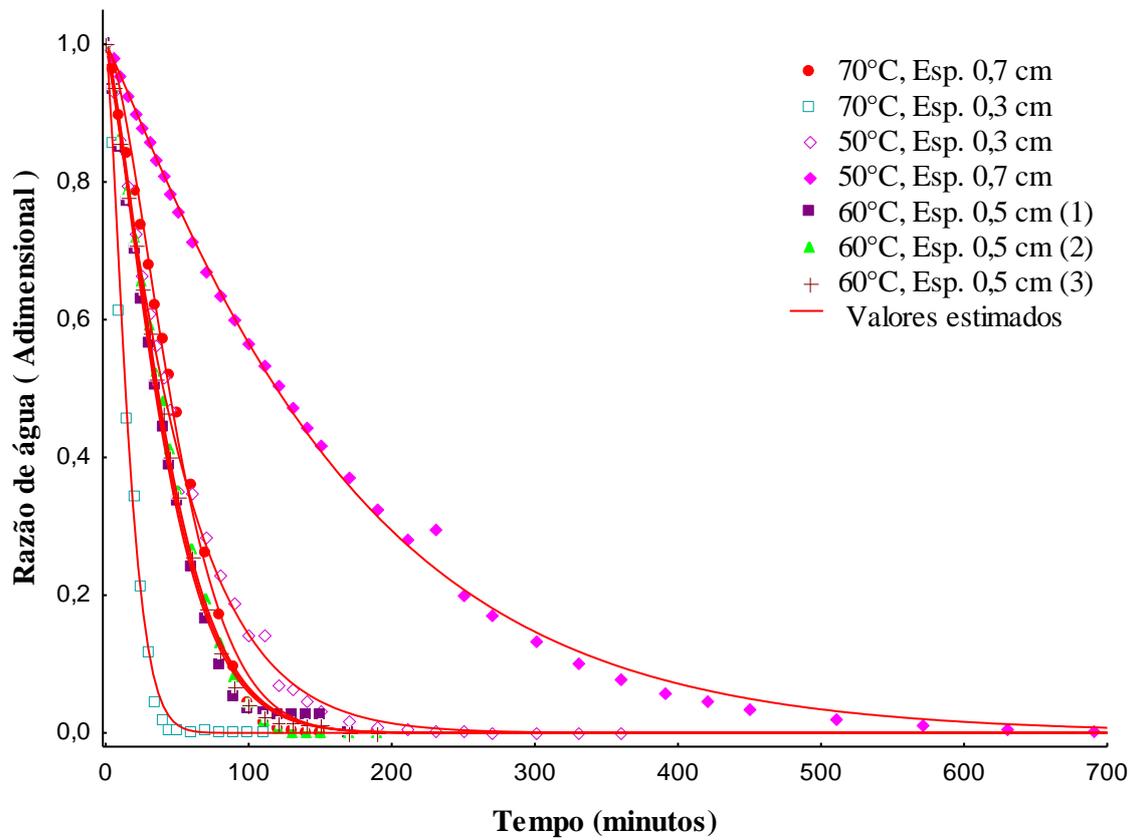
Fonte: Autoria própria (2019).

**Figura 5.4.2** - Ajuste do modelo de Henderson e Pabis aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

**Figura 5.4.3** - Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem da polpa da manga rosa em camada de espuma.



Fonte: Autoria própria (2019).

PÁGINA EM BRANCO