



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



## **DISSERTAÇÃO**

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

**SECAGEM CONVECTIVA DE POLPAS COMBINADAS DE NONI E  
UMBU**

**FRANCILANIA BATISTA DA SILVA**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**FEVEREIRO – 2015**

# **SECAGEM CONVECTIVA DE POLPAS COMBINADAS DE NONI E UMBU**

**FRANCILANIA BATISTA DA SILVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

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

**ORIENTADORES: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

**Campina Grande – Paraíba  
Fevereiro – 2015**

S586c

Silva, Francilania Batista da.

Secagem convectiva de polpas combinadas de noni e umbu/  
Francilania Batista da Silva. - Campina Grande, 2019.

69 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,  
2015.

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

Referências.

1. Polpas de Frutas - Noni e Umbu. 2. Formulações e Desidratação.  
3. Armazenamento de Produtos Agrícolas. 4. Noni e Umbu - Pó.  
5. Processamento de Produtos Agrícolas. I. Queiroz, Alexandre José de  
Melo. II. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. III. Título.

CDU 631.563(043)



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

FRANCILANIA BATISTA DA SILVA

SECAGEM CONVECTIVA DE POLPAS COMBINADAS DE NONI E UMBU

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Alexandre J. M. Queiroz  
**Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**  
Orientador - UAEA/UFCG

APROVADO

Rossana M. F. de Figueirêdo  
**Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**  
Orientadora - UAEA/UFCG

Aprovada

Josivanda P. Gomes  
**Dr. Josivanda Palmeira Gomes**  
Examinadora - UAEA/UFCG

APROVADO

Regilane Marques Feitosa  
**Dr. Regilane Marques Feitosa**  
Examinadora - PNP/CAPE/UFCEG

Aprovada

FEVEREIRO DE 2015



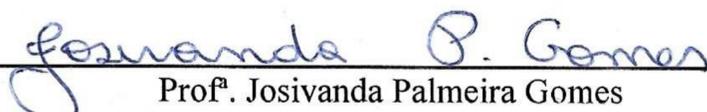
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



## CERTIDÃO

Certificamos, para os devidos fins, que **FRANCILANIA BATISTA DA SILVA** concluiu todos os créditos e defendeu sua Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, intitulada “**SECAGEM CONVECTIVA DE POLPAS COMBINADAS DE NONI E UMBU**”, realizada no dia 27 de fevereiro de 2015, às 9h:00min, no Auditório do Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas - LAPPA, do CTRN/UFCEG, sob a orientação de Dr. Alexandre José de Melo Queiroz e da Dr<sup>a</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, sendo a Comissão Examinadora composta pelos seguintes Doutores: Alexandre José de Melo Queiroz - Orientador - UAEEA/UFCEG, Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo - Orientadora - UAEEA/UFCEG, Josivanda Palmeira Gomes - Examinadora - UAEEA/UFCEG e Regilane Marques Feitosa - Examinadora - PNP/DACT/UFCEG, tendo obtido o conceito **APROVADA**. **Ressaltamos que a presente certidão tem validade de 30 (trinta) dias.**

Campina Grande/PB, 09 de abril de 2019.

  
Prof<sup>a</sup>. Josivanda Palmeira Gomes  
Coordenadora da Pós – Graduação de Engenharia Agrícola  
UAEEA/CTR/UFCEG  
SIAPE 338061

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estender sua mão sobre mim, guiando meus passos para um futuro promissor, possibilitando a realização dos meus desejos.

Aos meus pais, pela bondade para comigo, pelo carinho e conselhos, sempre confiando no caráter que me ajudaram a construir, acreditando em mim, sonhando junto comigo, sem me abandonar ou perder a fé no ser humano que ajudaram a formar.

Aos meus irmãos, por serem tão presentes, prestativos e amorosos e pela união que sempre me fez forte.

A minha avó Inês, pela sua oração de todos os dias por mim e por ser grande incentivadora do meu sucesso.

Ao meu orientador, o Professor Alexandre José de Melo Queiroz por me confiar uma pesquisa gratificante e me auxiliar nos momentos de dúvidas sempre que precisei.

A minha orientadora, a Professora Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, a qual com a sua disponibilidade e sabedoria valiosa, sempre me auxiliou e me encaminhou para concluir este trabalho.

Agradeço em especial a Elisabete Piancó e Danielle Martins, por me acolher em sua casa e me apoiar nessa jornada, sempre tão amigas, prestativas e incentivadoras.

Aos colegas de Mestrado que me deram o imenso prazer do convívio em sala de aula e por dividir tantos momentos também fora de sala.

Agradeço ao programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e a todos os professores, com os quais adquiri conhecimentos valiosos, em especial a professora Josivanda Palmeira que tanto fez por mim durante esse período acadêmico.

A Universidade Federal de Campina Grande pelas portas abertas e oportunidades com as quais me presenteou, assim como a CAPES que financiou toda a minha estadia durante esses 24 meses.

A todos minha infinita gratidão!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	Iv
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES</b>	Vi
<b>RESUMO</b>	Vii
<b>ABSTRACT</b>	Viii
<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	1
1.1 - Objetivo geral	2
1.1.1 - Objetivos específicos	2
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	4
2.1 – Noni	4
2.2 – Umbu	6
2.3 - Secagem	8
2.3.1 - Secagem em camada de espuma (foam mat drying)	9
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b>	10
3.1 - Matérias-primas	10
3.2 - Processamento dos frutos	10
3.3 - Caracterização química, física e físico-química das polpas integrais de noni e umbu	10
3.4 – Formulações	11
3.5 - Massa específica das espumas	12
3.6 - Caracterização química, física e físico-química das espumas	12
3.7 - Secagem em camada de espuma	12
3.7.1 - Cinética de secagem	12
3.8 - Caracterização química, física e físico-química das amostras em pó	13
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	15
4.1 - Caracterização química, física e físico-química das polpas integrais de noni e umbu	15
4.2 - Caracterização química, física e físico-química das formulações	18
4.3 - Secagem em camada de espuma	20
4.4 - Caracterização química, física e físico-química dos pós	34
4.4.1 - Teor de água	34
4.4.2 - Atividade de água	35

4.4.3 - Açúcares não redutores	36
4.4.4 - Açúcares redutores	37
4.4.5 - Açúcares totais	38
4.4.6 - Acidez total titulável	40
4.4.7 - pH	41
4.4.8 - Intensidade de vermelho (+a*)	42
4.4.9 - Intensidade de amarelo (+b*)	43
4.4.10 - Luminosidade (L*)	44
4.4.11 - Ácido ascórbico	45
<b>5 - CONCLUSÕES</b>	<b>47</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>48</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1 -</b>	Fruto do noni	4
<b>Figura 2.2 -</b>	Umbu	7
<b>Figuras 4.1 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page	26
<b>Figura 4.2 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page	27
<b>Figuras 4.3 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page	28
<b>Figura 4.4 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,5 m/s, com ajustes com o modelo de Page	29
<b>Figura 4.5 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,5 m/s, com ajustes com o modelo de Page	30
<b>Figura 4.6 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,5 m/s, com ajustes com o modelo de Page	31
<b>Figura 4.7 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 2,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page	32
<b>Figura 4.8 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 2,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page	33
<b>Figura 4.9 -</b>	Cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 2,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1 -</b>	Composição química e físico-química da polpa de noni	5
<b>Tabela 2.2 -</b>	Composição química e físico-química da polpa de umbu	7
<b>Tabela 3.1 -</b>	Formulações elaboradas com as polpas de noni e umbu	11
<b>Tabela 3.2 -</b>	Modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem	13
<b>Tabela 4.1 -</b>	Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química das polpas de noni e umbu	15
<b>Tabela 4.2 -</b>	Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química das formulações obtidas a partir das polpas combinadas de noni e umbu	18
<b>Tabela 4.3 -</b>	Parâmetros dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page ajustados as cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu	21
<b>Tabela 4.4 -</b>	Parâmetros dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page ajustados às cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu	23
<b>Tabela 4.5 -</b>	Parâmetros dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page ajustados as cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu	25
<b>Tabela 4.6 -</b>	Valores médios do teor de água (%) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	35
<b>Tabela 4.7 -</b>	Valores médios de atividade de água das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	36
<b>Tabela 4.8 -</b>	Valores médios dos Açúcares não redutores (% sacarose) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	37
<b>Tabela 4.9 -</b>	Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	38

<b>Tabela 4.10</b> -	Valores médios dos açúcares totais (% glicose) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	39
<b>Tabela 4.11</b> -	Valores médios de acidez total titulável (% ác. cítrico) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	40
<b>Tabela 4.12</b> -	Valores médios do pH das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	41
<b>Tabela 4.13</b> -	Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	42
<b>Tabela 4.14</b> -	Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	43
<b>Tabela 4.15</b> -	Valores médios da luminosidade (L*) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	44
<b>Tabela 4.16</b> -	Valores médios do ácido ascórbico (mg/100 g) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem	46

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

$a_w$  - Atividade de gua

AR - Aares Redutores

ANR – Aares não redutores

AT – Aares totais

AA – cido ascórbico

SST – Sólidos solúveis totais

ATT – Acidez total titulável

pH - Potencial hidrogeniônico

$L^*$  - Luminosidade

+a\* - Intensidade de vermelho

+b\* - Intensidade de amarelo

ppm – Parte por milhão

L – litro

Rx – Razão do teor de gua

X – Teor de gua

Xe – Teor de água de equilíbrio

X0 – Teor de água inicial

DQM – Desvio quadrático médio

a, e, k - Constantes da equação

$R_{x_{pred}}$  – Razão do teor de água predita

$R_{x_{exp}}$  – Razão do teor de água experimental

n – Número de observações

t - Tempo

T - Temperatura

IAL - Instituto Adolfo Lutz

## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido objetivando-se a obtenção de um produto em pó a partir da combinação e desidratação da polpa de noni (*Morinda citrifolia* L.) e umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), as quais foram formuladas em três proporções diferentes, sendo a primeira formulação composta de 75% polpa de noni e 25% polpa de umbu, a segunda formulação foi 50% polpa de noni e 50% polpa de umbu e a terceira foi 25% polpa de noni e 75% polpa de umbu. As formulações foram desidratadas pelo processo de secagem em camada de espuma em secador de leito fixo, com a variação da velocidade do ar (1,0; 1,5; e 2,0 m/s) e temperatura de secagem (40, 50, 60 e 70 °C). Inicialmente as polpas foram formuladas e batidas em batedeira doméstica, obtendo-se espuma sem o auxílio de agentes espumantes. Foi realizada a caracterização física, química e físico-química das espumas seguida do processo de secagem, obtendo-se assim as cinéticas de secagem e ajustando-se os modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page aos dados experimentais. Posteriormente foi feita a caracterização física, química e físico-química dos pós obtidos. A polpa do noni apresentou grande capacidade espumante, não necessitando de agentes aditivos. Observou-se redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura do ar. O modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. Os pós apresentaram altos teores de vitamina C, principalmente para a formulação que continha maior proporção de polpa de noni. Para todas as formulações, com o aumento da temperatura de secagem foi notório uma elevação nos valores de pH, enquanto que a acidez total titulável e a luminosidade diminuíram. Os teores de água e atividades de água dos pós apresentaram níveis baixos, indicando serem adequados quando submetidos a um armazenamento seguro.

**Palavras-chave:** *Morinda citrifolia*, *Spondias tuberosa*, secagem em camada de espuma, formulações, desidratação, produto em pó.

## ABSTRACT

The present work was developed aiming to obtain a powder product from the combination and dehydration of *noni* pulp (*Morinda citrifolia* L.) and *umbu* (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), which were formulated in three different proportions, being the first formulation consisted of 75% *noni* pulp and 25% *umbu* pulp, the second formulation was 50% *noni* pulp and 50% *umbu* pulp and the third was 25% *noni* pulp and 75% *umbu* pulp. The formulations were dehydrated by the foam mat drying process in a fixed bed dryer, varying the air velocity (1.0, 1.5; and 2.0 m/s) and drying temperature (40, 50 , 60 and 70 °C). Initially the pulps were formulated and beaten in a domestic mixer, obtaining foam without the aid of foaming agents. The physical, chemical and physicochemical characterization of the foams was performed followed by the drying process, thus obtaining the drying kinetics and adjusting the Henderson and Pabis, Lewis and Page models to the experimental data. Subsequently, the physical, chemical and physicochemical characterization of the obtained powders was made. *Noni* pulp showed high foaming capacity, requiring no additives. Drying time was reduced with increasing air temperature. The Page model was the best fit to the experimental data. The powders presented high levels of vitamin C, especially for the formulation that contained higher proportion of *noni* pulp. For all formulations, as the drying temperature increased, an increase in pH values was noticeable, while total titratable acidity and luminosity decreased. The moisture contents and water activities of the powders presented low levels, indicating to be adequate when subjected to a safe storage.

**Keywords:** *Morinda citrifolia*, *Spondias tuberosa*, foam mat drying, formulations, dehydration, powder.

## 1 - INTRODUÇÃO

O noni (*Morinda citrifolia* L.) é uma fruta exótica rica em polissacarídeos pécicos, vitaminas e minerais. De origem asiática, difundiu-se rapidamente pelo mundo. É muito utilizada como planta medicinal, onde todas as suas partes possuem uma finalidade, porém, a polpa é a parte mais utilizada (BUI et al., 2006).

Dentre as principais propriedades atribuídas ao noni, destacam-se os poderes antibacteriano, antifúngico, antiviral, antitumoral, antitérmico, analgésico, hipotensivo, anti-inflamatório e ainda é ativador do sistema imune, respondendo muito bem ao alívio dos sintomas do diabetes (DIXON et al., 1999).

A literatura não diz muito sobre pesquisas voltadas para o campo alimentício, os dados coletados e apresentados baseiam-se em experimentos voltados para os aspectos fitoterápicos e nutracêuticos. O suco da fruta é o principal produto utilizado especialmente no tratamento de algumas doenças, tais como: artrite, hipertensão, câncer, ulcera gástrica e arteriosclerose (WANG et al., 2002).

A vitamina C é um dos principais constituintes da fruta, com teor de aproximadamente 162,00 mg/100 g ácido ascórbico (PRAXEDES et al., 2012). O fruto do noni quando maduro possui um forte odor característico, que lembra o sabor do queijo maturado, o que não é olfativo e nem palatável ao consumidor (VEIGA et al., 2005). Uma explicação cabível para tal característica é que esse odor é consequência dos ácidos orgânicos que fazem parte da composição do fruto (TEO, 2009).

O umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é um fruto proveniente do umbuzeiro e está presente principalmente no nordeste brasileiro. Tornou-se um produto de grande importância para a base alimentar e constitui assim fonte de renda para as famílias do semiárido. Trata-se de uma fruta de alta perecibilidade devido à casca fina e a grande quantidade de água na sua constituição (MAIA et al., 1998).

O umbuzeiro é uma árvore que floresce na seca, produz néctar que serve de alimento para as abelhas, o fruto serve de alimento para animais e também para humanos e a planta ainda possui raízes em forma de batatas que armazenam água durante o período chuvoso para sobreviver aos períodos críticos de estiagem. Sua produção anual varia de 65 a 300 kg de fruto por planta e são elaborados produtos que vão desde o doce ao licor. Os frutos movimentam cerca de 6 milhões de reais por ano na economia da região nordeste do Brasil (EMBRAPA, 2007).

O processamento do umbu para obtenção de polpa é uma atividade agroindustrial que agrega alto valor econômico a fruta, além de preservar o sabor agradável e as outras

características sensoriais. É fonte de vitaminas B1, B2, A, C e niacina, assim como minerais como cálcio, fósforo e ferro (VIDIGAL, 2010).

KLAFKE (2010) realizou pesquisa de preferência do consumidor e descobriu que a maioria dos entrevistados prefere a alimentação fora do lar, devido à escassez de tempo. Revelou ainda que no país, são mais de 2 milhões de estabelecimentos que prestam esses serviços. Os alimentos industrializados ou processados também são uma boa opção e tornaram-se indispensáveis pela praticidade e facilidade de preparo.

A desidratação de alimentos é um processo que visa agregar valor e conservar o alimento. Esse processo quando aplicado em polpas de frutas apresenta a vantagem de reter as propriedades nutritivas e sensoriais que o produto abriga, já que certa quantidade foi perdida durante o processamento. A secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) permite que o material líquido submetido ao batimento até originar espumas (com ou sem o auxílio de agente espumante), seja distribuído em recipientes, formando uma camada fina, o que permite maior contato da superfície com o ar aquecido, promovendo uma secagem rápida em temperaturas mais baixas, sendo a obtenção do pó facilitada (SOUZA, 2011)

Ante o exposto, a principal finalidade da realização deste trabalho foi o estudo da obtenção do pó a partir do combinado de duas polpas de frutas diferentes sem o auxílio de agentes espumantes e emulsificantes, utilizando o método de secagem em camada de espuma.

## **1.1 - Objetivo geral**

Obtenção do pó a partir do combinado das polpas de frutas noni (*Morinda citrifolia L.*) e umbu (*Spondias tuberosa Arruda Câmara*) pelo método de secagem em camada de espuma, para posterior avaliação química e físico-química.

### **1.1.1 - Objetivos específicos**

- Caracterizar quanto a alguns parâmetros químicos e físico-químicos as polpas integrais de noni e umbu;

- Elaborar três formulações com a mistura das polpas de umbu e noni em diferentes proporções (75% noni + 25% umbu; 50% noni + 50% umbu; e 75% umbu + 25% noni) e submetê-las ao batimento para formação de espuma sem o auxílio de agentes espumantes e caracterizá-las quanto a alguns parâmetros químicos e físico-químicos;

- Desidratar as formulações avaliando as cinéticas de secagem em camada de espuma, em diferentes temperaturas (40, 50, 60 e 70°C) e velocidades do ar de secagem (1,0, 1,5, e 2,0 m/s) para uma altura fixa da camada de 0,5 cm;
- Ajustar os modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page aos dados experimentais da cinética de secagem das três formulações;
- Avaliar as amostras em pó produzidas quanto aos parâmetros químicos e físico-químicos (teor de água, atividade de água, açúcares totais, redutores e não redutores, acidez total titulável, pH, cor e ácido ascórbico).

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Noni

Muitos autores relatam que a origem do noni (*Morinda citrifolia*) é a Ásia, porém essa afirmativa divide opiniões. Estudos de RAZAFIMANDIMBISON et al. (2010) sobre a sequência do DNA da planta, assim como análises filogenéticas de 32 amostras do gênero *Morinda*, sugeriram que a planta é originária da Micronésia. Somente a partir dessa região, o cultivo disseminou-se por todas as outras regiões que hoje pode ser encontrada.

O noni pertence ao reino plantae, divisão magnoliophyta, classe magnoliopsida, ordem gentianales, família rubiaceae, gênero *morinda*, espécie *morinda citrifolia* e nome *morinda citrifolia linn* (MULLER, 2007). A planta é arbustiva e compreende de 3 a 10 m de altura, perene (ciclo longo de vida), apresenta flores pequenas e brancas, a fruta pode medir de 3 a 10 centímetros de comprimento e 3 a 6 cm de diâmetro de largura.

O fruto noni tem a forma oval, aparência enrugada e sua coloração varia de acordo com o estágio de maturação, podendo ir do verde intenso ao amarelo opaco, a polpa é carnosa, de cor semi-translúcida e odor intenso e desagradável quando madura, além de ser grande detentora de sementes (Figura 2.1). Normalmente a primeira safra ocorre de 9 meses à um ano após o plantio e assim permanece por todo o ano, sendo possível encontrar frutos em diversos estádios de maturidade numa mesma planta (CHAN-BLANCO et al., 2006).



**Figura 2.1** - Fruto do noni  
Fonte: Getty images (2011)

Vários nomes são associados ao noni, tais como: mengkudum na Malásia, nhau no sudeste da Ásia, menina dos porcos nas ilhas Cayman, nonu em Samoa e Tonga, fruta do queijo na Austrália e nono em Raratonga e Taiti, todos esses associam-se ao noni de

acordo com cada região. Desde o final do século passado, o noni chama a atenção de pesquisadores de todo o mundo. A planta que anteriormente era encontrada apenas na Polinésia, Malásia, Austrália, Índia e sudeste da Ásia, agora cresce e florescem nas mais diversas regiões do mundo, inclusive no Caribe. Todos os estudos etnomédicos tendem a demonstrar o quão benéfica é a fruta (LAVAUT e LAVAUT, 2003).

Além dos usos caseiros, ainda há utilizações na fitoterapia, termo aplicado aos tratamentos que utilizam medicamentos com princípios ativos ou derivados de plantas do conhecimento popular. Apesar da medicina popular ser mais antiga na China e na Índia, a biodiversidade brasileira que ainda não foi completamente catalogada, possui um grande potencial que ainda é pouco explorado. Das 55 mil espécies de plantas, apenas 0,4% desse total é investigada fitoquimicamente (GURIB-FAKIM, 2006).

Na Tabela 2.1 tem os valores de parâmetros químicos e físico-químicos da polpa do noni.

**Tabela 2.1** - Composição química e físico-química da polpa de noni

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Teor de água (%)	91,91
Carboidrato (mg/100 g)	0,63
Lipídios (mg/100 g)	0,08
Proteínas (mg/100 g)	1,06
Fibras (mg/100 g)	1,76
Cinzas (mg/100 g)	6,32
Sólidos solúveis totais (°Brix)	9,2
Acidez Total Titulável (mg/100 g)	0,63
Ratio	14,66
Fenólicos totais (mg de EAG)	216,67
Açúcares redutores (mg/100 g)	5,32
Açúcares totais (mg/100 g)	5,45
Vitamina C (mg/100 g)	122,54
Antioxidantes (mcmol/100 g)	6,27
Atividade de água	0,93
Sólidos insolúveis em água (g/100 g)	2,8
Pectina (g/100 g)	1,14
Hemicelulose (g/100 g)	0,25
Celulose + Lignina (mg/100 g)	0,45

Fonte: CORREIA et al. (2011)

O noni possui histórias de longas datas, segundo estudos, todas as partes da planta são aproveitadas. Documentos anterior ao século XX relatam que o noni era consumido in natura como alimento nas ilhas Fuji e no Taiti, em Burma era cozida, usada em molhos de

curry ou ingerida crua com sal. MERRIL (1943) relatou em um manual técnico sobre plantas comestíveis e venenosas das ilhas do pacífico que a *Morinda* é uma planta comestível, porém as folhas e os frutos só deveriam ser consumidos em caso de emergência (WANG et al., 2002).

De acordo com CHAN-BLANCO et al. (2006) a firmeza da fruta depende do grau de maturidade, a textura pode ser associada a cor e ao estágio de maturação. No estágio 1 a cor é verde escuro e a textura muito firme; no estágio 2 a cor é verde amarelada e a textura ainda muito firme; dessa forma segue-se até o estágio 5 onde a cor já se torna acinzentada/translúcida e a textura por sua vez será muito macia

## 2.2 - Umbu

O umbuzeiro é uma planta frutífera típica da região Nordeste, pertence a família Anacardiácea, é encontrada no agreste (Piauí), cariri (Paraíba), caatinga (Pernambuco e Bahia) e norte/nordeste de Minas Gerais. A planta foi descrita e imortalizada como a “árvore sagrada do sertão” (SILVA et al., 2004).

O umbuzeiro é uma planta arbustiva que atinge mais de 7 metros de altura, tem cerca de 20 metros de diâmetro de copa. O tronco retorcido e atrofiado pode atingir de 0,3 a 1,4 metros de diâmetro, as folhas normalmente são pequenas e arredondadas, suas flores são brancas e minúsculas que se agrupam em forma de cachos, são perfumadas e acumulam néctar. Os frutos pesam de 5,5 a 130 g, são arredondados, a casca pode ser totalmente lisa ou apresentar pequenos pelos. Cerca de 22% do seu peso é de casca, 10% de semente e 68% de polpa, as raízes são compostas em forma de batatas, o que garante o acúmulo de água durante o período seco (EMBRAPA, 2004).

A planta adulta produz algo em torno de 15 mil frutos, em média 300 kg em cada safra. As sementes no estado bruto quase não originam novas plantas, pois 90% se encontram embaixo da árvore, sendo assim culminados por insetos que os tornam improdutivos. As mudas que brotam por acaso em meio à caatinga, na maior parte não conseguem suportar a grande temporada de seca e outras são depredadas por espécies como o tatu-peba (CASTRO et al., 2007).

O umbu (Figura 2.2) pode ser consumido in natura ou industrializado em forma de doces, geleias, sucos, etc. A comercialização in natura é dificultada devido à fragilidade apresentada quando os frutos estão maduros. A casca fina e pouco resistente se torna mais propícia a sofrer injúrias mecânicas. A industrialização agrega valor ao produto

transformando em grande fonte de renda para as famílias que trabalham com o extrativismo sustentável.



**Figura 2.2 - Umbu**  
Fonte: Dodesign (2003)

Para prolongar a vida de prateleira, o fruto deve ser colhido de vez, ou seja, com a casca totalmente verde. A colheita se dá diretamente na planta para evitar ao máximo as injúrias mecânicas. O acondicionamento deve ser em caixas plásticas e em seguida realizar lavagem direta na torneira para retirar as sujidades. Não se deve quebrar os galhos durante a colheita dos frutos e evitar a queda de flores e dos frutos em crescimento (ARAÚJO et al., 2000).

Na Tabela 2.2 tem os valores de parâmetros químicos e físico-químicos da polpa do de umbu.

**Tabela 2.2 - Composição química e físico-química da polpa de umbu**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Teor de água (%)	92,32
Fibras Totais (mg/100 g)	0,78
Cinzas (mg/100 g)	0,35
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	8,2
Acidez Total Titulável (mg/100 g)	1,96
Açúcares Redutores (mg/100 g)	4,30
Açúcares Não Redutores (mg/100 g)	3,22
Açúcares Totais (mg/100 g)	7,52
Pectina (mg/100 g)	0,38
Cálcio (mg/100 g)	30,0
Fósforo (mg/100 g)	15,0
pH	2,65

Fonte: DIAS et al. (2007)

### 2.3 - Secagem

É possível obter a estabilidade de muitos alimentos utilizando processos como a desidratação, que minimiza a atividade de água do produto, reduzindo as chances do desenvolvimento microbiano. Estes além de alterar as características físicas e químicas, impossibilitam o armazenamento dos alimentos por períodos prolongados. De acordo com VISHWANATHAN et al. (2010), a secagem é uma técnica muito utilizada que permite a conservação do alimento em níveis seguros, ao mesmo tempo que preserva suas qualidades sensoriais e nutricionais.

Durante a secagem, a transferência de massa e de calor são dois processos que ocorrem simultaneamente. Segundo RAHMAN e PEREIRA (2007), as condições de transferência de massa, as características do produto (sólido, líquido ou pastoso) e os fatores externos (velocidade e temperatura do ar de secagem), são os meios pelos quais se pode controlar a técnica de secagem.

De acordo com PARK et al. (2006), durante a secagem é necessário não apenas fornecimento de calor para evaporar a umidade do material mas também um sorvedor de umidade, com vista a remover o vapor água, formado a partir da superfície do material a ser secado; é este processo de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido, que promoverá a evaporação da água do material e, em seguida, a transferência de massa arrastará o vapor formado.

Sendo, assim, dois fenômenos ocorrem simultaneamente quando um sólido úmido é submetido a secagem: a transferência de energia (calor) do ambiente para evaporar a umidade superficial; esta transferência depende de condições externas de temperatura, umidade do ar, fluxo e direção de ar, área de exposição do sólido (forma física) e pressão; a transferência de massa (umidade), do interior para a superfície do material e sua subsequente evaporação, devido ao primeiro processo; o movimento interno da umidade no material sólido é função da natureza física do sólido, da sua temperatura e do conteúdo de umidade. As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais se tem: facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos a 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 (PARK et al., 2001).

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

A secagem em camada de espuma é um método que foi desenvolvido por Morgan e colaboradores na Califórnia na década de 50 e patenteada em 1961. Conhecido como método de secagem em camada de espuma ou leito de espuma trata-se de uma técnica que viabiliza a secagem rápida de alimentos líquidos, porém bastante utilizada para os pastosos, polpudos ou purês (MARQUES, 2009).

Os alimentos líquidos ou polpudos juntamente com agentes espumantes são processados, incorporando o ar e outros gases em batedeira até formarem espuma. A mesma é espalhada em uma superfície e levada ao secador, obtendo como resultado um produto de fácil trituração, que a partir daí será transformado em pó, com grande capacidade para reidratação (BARRETO, 2011).

KARIM e WAI (1999) explicaram que a secagem em camada de espuma é muito mais fácil e rápida devido a densidade ser menor que a de líquidos. Quando o líquido é submetido ao batimento obtem-se espuma, aumenta-se o volume e reduz-se a densidade. O material ganha uma nova aparência com glóbulos maiores, tornando mais exposta sua área superficial. Desse modo o tempo de secagem é reduzido com a acelerada evaporação da água.

FRANCIS (2000) relatou que comparando a secagem em camada de espuma com outras técnicas (*spray drying* e *drum drying*), observou que a técnica em camada de espuma é mais rápida, possui menor custo x benefício e uma maior conservação das características sensoriais e nutricional.

### **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### **3.1 - Matérias-primas**

Os nonis (*Morinda citrifolia* L.) utilizados como matéria-prima foi adquirido na cidade de Chaval-CE, e os umbus (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) foram obtidos no comércio local de Campina Grande-PB.

#### **3.2 - Processamento dos frutos**

Os nonis foram colhidos em estágio de maturação maduro, os quais foram colocados em caixas de poliestireno expandido e transportados para a cidade de Campina Grande. Inicialmente foi realizada uma seleção para eliminar os frutos danificados, e escolher os frutos que já estavam maduros, os quais foram lavados em água corrente; imersos em uma solução de hipoclorito de sódio a 30 ppm por 10 minutos; em seguida foi feito o enxágue com água corrente para retirada da solução; os frutos foram descascados manualmente, cortados com faca de aço inoxidável e passados numa peneira para separação da polpa das sementes. A seguir a polpa foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade com capacidade para 1 L cada, e em seguida estocada em freezer doméstico a -18 °C.

Os umbus maduros foram transportados para o laboratório, onde foram selecionados, a fim de eliminar os frutos com injúrias; posteriormente foram lavados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio a 30 ppm por 10 min; enxaguados em água corrente e despulpados em despulpadeira mecânica, onde obteve-se a polpa integral; a seguir a polpa foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade com capacidade para um litro e armazenadas em freezer doméstico a -18 °C.

#### **3.3 - Caracterização química, física e físico-química das polpas integrais de noni e umbu**

Os açúcares totais, redutores e não redutores, sólidos solúveis totais (°Brix), teor de água, acidez total titulável (ATT), ácido ascórbico, pH e cinzas das polpas integrais de noni e umbu foram determinados, em triplicata, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

As massas específicas das polpas de noni e umbu foram determinadas a temperatura de 25 °C, utilizando-se um picnômetro de alumínio de 100 mL. O valor foi calculado pela relação entre a massa da amostra e o volume do picnômetro.

A determinação da cor foi feita por meio de leitura direta das amostras em espectrofotômetro da marca Hunter Lab, MiniScanLab XE plus, modelo 4500L, equipado com sistema de luminosidade D65/10°, o mesmo foi calibrado com placa preta e branca padrão. Esse equipamento determina os parâmetros  $L^*$  que representa a luminosidade numa escala de preto (0) a branco (100);  $a^*$ , onde  $-a^*$  representa a intensidade de verde e o  $+a^*$  a intensidade de vermelho; o  $b^*$  representa a transição do azul ( $-b^*$ ) para o amarelo ( $+b^*$ ).

A atividade de água foi determinada através do higrômetro Aqualab 3TE da marca Decagon Devices a 25 °C.

### 3.4 - Formulações

A partir de testes preliminares observou-se que a polpa de noni quando submetida ao batimento é promotora de espuma, semelhante à polpa de abacaxi. Com isso elaborou-se formulações (Tabela 3.1) com as polpas de noni e umbu em diferentes concentrações

**Tabela 3.1** - Formulações elaboradas com as polpas de noni e umbu

Formulação	Composição
1	75% noni + 25% umbu
2	50% noni + 50% umbu
3	25% noni + 75% umbu

Para o preparo das formulações, inicialmente as polpas de noni e umbu foram descongeladas até atingir a temperatura ambiente, em seguida foram pesadas, homogeneizadas e submetidas ao batimento em batedeira doméstica (marca Arno planetaria deluxe, modelo SX80, com 8 velocidades) durante 20 min na terceira velocidade, a fim de se obter uma espuma consistente e com massa específica em torno de 0,5 g/cm<sup>3</sup>, considerada por BATES (1964) como adequada para a secagem em camada de espuma.

### 3.5 - Massa específica das espumas

Após obtenção das espumas das diferentes formulações, foi verificada a massa específica, em triplicata, das mesmas usando um picnômetro de alumínio de 100 mL.

### 3.6 - Caracterização química, física e físico-química das espumas

Foi realizada a caracterização química, física e físico-química das espumas das três formulações analisando-se os seguintes parâmetros: teor de água, açúcares totais, redutores e não redutores, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável, pH, cor, ácido ascórbico e cinzas. As análises foram realizadas, em triplicata, de acordo com as metodologias citadas no item 3.3.

A análise estatística das espumas foi feita utilizando-se o programa Assistat versão 7.7 Beta em delineamento inteiramente casualizado com a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.7 - Secagem em camada de espuma

Para a secagem em camada de espuma das diferentes formulações, as espumas preparadas foram espalhadas com auxílio de uma espátula em bandejas de aço inoxidável, formando uma camada com uma espessura de 0,5 cm. Em seguida, as bandejas foram levadas para secagem em secador de leito fixo, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e velocidades de ar de secagem de 1,0, 1,5 e 2,0 m/s.

Ao final das secagens, as bandejas foram retiradas do secador e o produto seco foi raspado das bandejas com o auxílio de uma espátula e acondicionado na forma de pó.

#### 3.7.1 - Cinética de secagem

Para avaliação da cinética de secagem das formulações durante o processo de secagem em camada de espuma nas diferentes temperaturas e velocidades do ar, foi feito o acompanhamento da perda de massa das amostras pesando-se as bandejas até atingirem massa constante. Com os valores obtidos nestas pesagens determinou-se a razão do teor de água (Equação 3.1) e traçou-se as curvas de cinética de secagem da razão do teor de água em função do tempo de secagem.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.1)$$

Em que:

RX - razão do teor de água (adimensional);

- X - teor de água (base seca);  
 X<sub>e</sub> - teor de água de equilíbrio (base seca);  
 X<sub>0</sub> - teor de água inicial (base seca).

Os modelos de secagem de Lewis, Henderson e Pabis e Page (Tabela 3.2) foram ajustados às cinéticas de secagem das formulações utilizando-se o programa Statistica.

**Tabela 3.2** - Modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem

Equação	Designação do Modelo	Referência
$RX = e^{kt}$	Lewis	KALETA e GÓRNICKI (2010)
$RX = ae^{-kt}$	Henderson e Pabis	DIAMANTE et al. (2010)
$RX = e^{-kt^n}$	Page	DIAMANTE et al. (2010)

Em que: RX- razão do teor de água; t - tempo (min); a e k- constantes dos modelos.

O desvio quadrático médio (Equação 3.2) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) foram os parâmetros utilizados para avaliar o ajuste dos modelos.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (3.2)$$

Em que:

- DQM – desvio quadrático médio  
 RX<sub>pred</sub> – razão do teor de água predito pelo modelo  
 RX<sub>exp</sub> – razão do teor de água experimental  
 n – número de observações

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

Os pós obtidos com a secagem em camada de espuma de cada formulação foram caracterizados, em triplicata, quanto aos seguintes parâmetros: atividade de água, cinzas, teor de água, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, açúcares totais, reductores e não reductores, cor e pH, de acordo com as metodologias citadas no item 3.3.

A análise estatística destes parâmetros foi realizada utilizando-se o programa Assistat versão 7.7 Beta em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3 x 3, com 4 temperaturas de secagem (40, 50, 60 e 70 °C), 3 velocidades do ar de secagem (1,0, 1,5 e 2,0 m/s) e 3 formulações (75% umbu e 25% noni; 50% umbu e 50%

noni; e 25% umbu e 75% noni) com a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização química, física e físico-química das polpas integrais de noni e umbu

Na Tabela 4.1, estão dispostos os valores médios e os desvios padrões da caracterização química, física e físico-química das polpas integrais de noni e umbu. Sabe-se que estas características dependem de vários fatores como variedade, estágio de maturação, local de cultivo, condições edafoclimáticas, tipo de solo, entre outros fatores.

**Tabela 4.1** - Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química das polpas de noni e umbu

<b>Parâmetros analisados</b>	<b>Polpa noni</b>	<b>Polpa umbu</b>
Teor de água (%)	92,07 ± 0,27	89,04 ± 1,00
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,00 ± 0,00	10,00 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,63 ± 0,03	1,02 ± 0,01
Relação SST/ATT	12,70 ± 0,00	9,80 ± 0,00
pH	4,07 ± 0,01	2,17 ± 0,01
Ácido ascórbico (mg/100 g)	8,90 ± 0,17	6,19 ± 0,14
Açúcares totais (% glicose)	23,18 ± 0,23	22,31 ± 0,11
Açúcares redutores (% glicose)	8,32 ± 0,08	5,58 ± 0,35
Açúcares não redutores (% sacarose)	14,12 ± 0,15	15,89 ± 0,12
Cinzas (%)	1,28 ± 0,05	1,71 ± 0,09
Atividade de água (25 °C)	0,992 ± 0,006	0,914 ± 0,001
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	1,01 ± 0,002	1,02 ± 0,001
Luminosidade (L*)	16,34 ± 0,14	33,47 ± 0,17
Intensidade de verde (-a*)	-4,36 ± 0,07	-2,62 ± 0,20
Intensidade de amarelo (+b*)	4,32 ± 0,08	19,18 ± 0,16

As polpas integrais de noni e umbu analisadas apresentaram elevado teor de água, com a polpa de noni apresentando o maior valor (92,07%) e a polpa de umbu com um valor um pouco menor (89,04%). Valor semelhante do teor de água foi quantificado por CORREIA et al. (2011) para a polpa do noni, de cerca de 91,91%; e por LIMA et al. (2012) para a cajarana de 89,52%, fruta do mesmo gênero (*Spondias*) e família

(*Anacardiaceae*) do umbu. PAULA (2011) verificou um teor de água de 89,48% para a polpa do umbu, indicando que tal valor se assemelha ao encontrado no presente estudo.

Os sólidos solúveis totais encontrados foram de 8 e 10 °Brix para as polpas de noni e umbu, respectivamente. Valores semelhantes aos encontrados por BARROS et al. (2008), para a polpa do noni, com um teor de 8,4 °Brix, e por LIMA et al. (2002) com teor variando de 9,10 a 11,25 °Brix para a polpa de umbu-cajá.

A acidez total titulável para a polpa do noni foi um pouco superior ao valor 0,46% encontrado por CUNHA et al. (2012) e inferior a 0,86% encontrados por BARROS (2009). Para a polpa de umbu valor semelhante da acidez foi verificado por LIMA et al. (2012) de 1,01% e acidez superior foi relatada por DIAS et al. (2007) de 1,96%, ambos para o umbu. Nota-se que a polpa de umbu é muito mais ácida do que a do noni.

A relação SST/ATT aqui expressa demonstra 12,70 e 9,80 para polpas de noni e umbu. Em estudos com a polpa de noni BARROS et al. (2009) verificaram valor uma relação com valor inferior a 10,00 e SILVA et al. (2012) encontraram valor de 26,69, ou seja, muito acima do valor obtido nesse estudo. Para o umbu o valor desta relação obtido no presente estudo ficou entre 8,20 e 9,90 obtidos por DIAS et al. (2007) e LIMA et al. (2012), respectivamente. De acordo com CORREIA et al. (2011), é de extrema importância calcular a relação SST/ATT, pois além de dá um maior respaldo aos resultados da análise, ainda fornece dados valiosos a respeito das características da fruta, como por exemplo, a avaliação do sabor.

Os valores de pH quando altos (indicando baixa acidez), são indicados e preferíveis para o consumo in natura, porém no que diz respeito a utilização em indústria esse fator pode se tornar preocupante, já que favorecem alterações enzimáticas e propiciam o desenvolvimento de microrganismos. No presente estudo, observa-se valores de pH para polpa de noni em torno de 4,07 e de 2,17 para a polpa de umbu. Valor superior a este foi obtido por SILVA et al. (2012) para polpa de noni de 4,66. Valores próximos ao da polpa de umbu foram quantificados por LIRA JUNIOR et al. (2005) e por CARVALHO et al. (2008) de 2,57 e 2,4, respectivamente.

De acordo com a classificação de BARUFFALDI e OLIVEIRA (1998) a polpa de noni é classificada como um alimento ácido (pH entre 3,7 e 4,5) e a polpa de umbu classificada como muito ácida (pH < 3,7).

O teor de ácido ascórbico é muito importante, pois trata-se de uma vitamina que o organismo humano necessita e não consegue sintetizar, necessitando de complementos para fortalecer os anticorpos do sistema imunológico. Para suprir essa carência nutricional,

é bem mais seguro recorrer à alimentos que contenha naturalmente esse elemento em sua composição. De acordo com as análises realizadas, observou-se a presença de ácido ascórbico num total de 8,90 mg/100g para a polpa do noni, enquanto que na polpa de umbu observou-se o valor de 6,19 mg/100g. Estes valores são inferiores aos relatados por COSTA (2011) e LIMA et al. (2002) de 23,1 e 13,20mg/100g para o noni e umbu, respectivamente.

Os açúcares totais para a polpa de noni foi de 23,18% e para a polpa de umbu de 22,31%.

Para os açúcares redutores observa-se valores de 8,32 e 5,58% glicose nas polpas de noni e umbu, respectivamente. Valor inferior de açúcares redutores foi determinado por CORREIA et al. (2011) para a polpa de noni de 5,32% glicose e por DIAS et al. (2007) de 4,30% glicose para o umbu.

Para os valores de açúcares não redutores, encontrou-se para a polpa de noni 14,12% sacarose e para o umbu de 15,89% sacarose. Esses resultados são elevados quando comparados aos valores de 5,61 e 6,12% encontrados por SANTOS (2010) e LIMA et al. (2012) para polpas de umbu-cajá e cajarana, respectivamente.

Para os valores de cinzas, verificou-se que a polpa do noni apresentou valor inferior ao teor de cinzas da polpa de umbu. Os valores determinados das cinzas foram superiores aos resultados encontrados por COSTA (2011) para polpa de noni com 0,93% e por TORRES et al. (2003) para polpa de umbu com 1,07%.

A atividade de água é um fator determinante para um armazenamento seguro do alimento, principalmente quanto à proliferação de microrganismos, sendo que alimentos com grande atividade de água acometem-se do desenvolvimento desses microrganismos. Para os valores de atividade de água das polpas de noni e umbus analisados no presente estudo, verifica-se que a polpa de noni possui maior atividade de água com 0,992 do que a polpa de umbu com 0,914. Valor próximo foi quantificado por CORREIA et al. (2011) para a polpa de noni de 0,93.

A massa específica das polpas de umbu e noni foram semelhantes.

A cor é indicada como um dos principais fatores que influenciam na preferência do consumidor pelo alimento. Para os dados de luminosidade obtidos, verifica-se que a polpa de noni obteve valor de 16,34 que é mais próximo de zero (0), o que nos leva a entender que sua coloração é bem mais escura que a polpa do umbu que apresentou valor de 33,47.

Nota-se que tanto a polpa de noni quanto a de umbu demonstraram valores na escala da intensidade de verde (-a\*), de -4,36 e -2,62, respectivamente. Para a intensidade

de amarelo (+b\*) a polpa de noni apresentou valor de 4,32 e para a polpa de umbu de 19,18, o que explica o fato da polpa do umbu apresentar coloração mais amarela.

#### 4.2 - Caracterização química, física e físico-química das formulações

Na Tabela 4.2, estão dispostos os valores médios e os desvios padrões da caracterização química, física e físico-química das formulações.

**Tabela 4.2** - Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química das formulações obtidas a partir das polpas combinadas de noni e umbu

Parâmetros analisados	75% noni +	50% noni +	25% noni +
	25% umbu	50% umbu	75% umbu
Teor de água (%)	91,83 ± 0,01 <sup>a</sup>	90,02 ± 0,05 b	88,12 ± 0,18c
Sólidos solúveis totais (°Brix)	9,00 ± 0,00 a	9,00 ± 0,00 a	9,00 ± 0,00 a
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	0,96 ± 0,02 c	1,08 ± 0,02 b	1,14 ± 0,02 a
Relação SST/ATT	9,38 ± 0,01 a	8,33 ± 0,00 b	7,89 ± 0,001c
pH	3,44 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,05 ± 0,01b	2,63 ± 0,01c
Ácido ascórbico (mg/100 g)	14,73 ± 0,32 a	6,34 ± 0,18 b	5,94 ± 0,14 b
Açúcares totais (% glicose)	30,96 ± 0,22 a	30,65 ± 0,37 a	29,01 ± 0,21 b
Açúcares redutores (% glicose)	7,91 ± 0,07 a	7,81 ± 0,07 a	7,38 ± 0,06 b
Açúcares não redutores (% sacarose)	21,90 ± 0,28 a	22,11 ± 0,38 a	20,14 ± 0,24 b
Cinzas (%)	0,12 ± 0,00 c	0,29 ± 0,01 b	0,33 ± 01 a
Atividade de água (25 °C)	0,991 ± 0,001 a	0,988 ± 0,001 a	0,976 ± 001 b
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	0,53 ± 0,002 a	0,49 ± 0,004 b	0,54 ± 0,001 a
Luminosidade (L*)	68,76 ± 0,11 a	66,42 ± 0,08 b	64,43 ± 0,13 c
Intensidade de vermelho (+a*)	0,60 ± 0,03 b	0,60 ± 0,03 b	1,27 ± 0,07 a
Intensidade de amarelo (+b*)	18,51 ± 0,25 c	19,74 ± 0,02 b	28,75 ± 0,24 a

Comparando os resultados encontrados das polpas integrais de noni e umbu na Tabela 4.1 e os resultados obtidos para as três formulações na Tabela 4.2, nota-se que todas as características químicas, físicas e físico-químicas das polpas se alteraram com a mistura. Ocorreu redução nos teores de água, cinzas, pH e atividade de água, para os outros parâmetros, observa-se aumento de valores.

Observa-se que com o aumento da concentração da polpa de umbu o teor de água diminuiu significativamente. MEDEIROS (2007) ao trabalhar com polpa de mangaba

verificou um decréscimo do teor de água da polpa integral para a espuma formulada. As formulações analisadas apresentaram elevado teor de água, com a formulação com maior percentual de noni (75% noni + 25% umbu) apresentando o maior teor de água de 91,83%.

Constatou-se que o teor de sólidos solúveis totais foram iguais nas três formulações, com média de 9 °Brix

Verifica-se que com o aumento da concentração da polpa de umbu a acidez total titulável aumentou significativamente, em razão da polpa de umbu ter maior acidez do que a polpa de noni.

A relação SST/ATT diminuiu com o aumento da concentração da polpa de umbu, fato esperado em razão da acidez ter aumentado. De acordo com SANTOS (2010) ao caracterizarem polpa de umbu-cajá, a relação SST/ATT obtida foi de 7,48, sendo próxima a da formulação 25% noni + 75% umbu.

Da mesma forma, observa-se que o valor do pH diminuiu com o aumento da concentração da polpa de umbu. Todas as formulações foram classificadas de acordo com BARUFFALDI e OLIVEIRA (1998) como muito ácidos ( $\text{pH} < 3,7$ ).

Nota-se que houve uma tendência de redução do teor de ácido ascórbico com o aumento da concentração da polpa de umbu, isto se deve em razão da polpa de umbu ter menor teor de ácido ascórbico do que a polpa de noni. Os teores de ácido ascórbico das formulações variaram entre 5,94 e 14,73 mg/100 g sendo inferiores aos teores determinados por CORREIA et al. (2011) de 122,54 mg/100 g para polpa de noni e por PAULA (2011) de 24,97 mg/100 g para a polpa de umbu.

Observa-se que os açúcares totais, redutores e não redutores foram estatisticamente iguais entre as formulações 1 e 2 (75% noni + 25% umbu e 50% noni + 50% umbu), apresentando redução significativa com relação a formulação 3 com maior percentual de umbu (75% umbu + 25% noni).

Com o aumento da concentração da polpa de umbu as cinzas aumentaram que representa o conteúdo mineral das formulações, fato esperado em razão de que a polpa de umbu possui maior teor de cinzas.

Observa-se que com o aumento da concentração da polpa de umbu houve tendência de redução da atividade de água.

Para as coordenadas de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , nota-se que nas formulações a escala mudou do verde para o vermelho ( $+a^*$ ). Observa-se que ao elaborar as formulações, o aumento da concentração da polpa de umbu promoveu aumento da intensidade de vermelho e de amarelo, bem como o aumento da luminosidade. De acordo com BREDA

(2011) os valores nas espumas tendem a serem maiores devido a incorporação de bolhas de ar durante a sua produção elevando o nível de luminosidade.

#### 4.3 - Secagem em camada de espuma

Nas Tabelas 4.3 a 4.5 têm-se os valores dos parâmetros dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page ajustados às curvas de cinética de secagem das formulações em diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem. Verifica-se nestas tabelas que todos os modelos testados apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,91 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,1, indicando que todos os modelos podem ser utilizados na estimativa das cinéticas de secagem das diferentes formulações. Nota-se, de modo geral, que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando os maiores  $R^2$  e menores DQM. ALEXANDRE et al. (2009) ao avaliarem a secagem de abacaxi Pérola nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, encontraram para o modelo de Page  $R^2 > 0,97$ .

Na Tabela 4.3, pode-se observar para a formulação 75% noni + 25% umbu que o parâmetro  $a$  do modelo de Henderson e Pabis nas temperaturas de 40, 60 e 70 °C diminui com o aumento da velocidade do ar de secagem; a 50 °C os valores de  $a$  não apresentaram comportamento padrão e estão dispostos aleatoriamente. O parâmetro  $k$  do modelo de Henderson e Pabis na temperatura de 50 °C com o aumento da velocidade do ar tem seus valores dispostos de forma aleatória não seguindo nenhuma ordem; a 60 e 70 °C os valores aumentam com o aumento da velocidade enquanto a 40 °C os valores diminuem com o aumento da velocidade do ar.

Para o modelo de Lewis verifica-se, nas temperaturas de 60 e 70 °C, que os valores do parâmetro  $k$  aumentaram com o aumento da velocidade do ar de secagem, a 40 °C os valores diminuíram e na temperatura de 50 °C não houve uma tendência definida.

Constata-se para o modelo de Page que o parâmetro  $k$ , nas temperaturas de 40, 60 e 70 °C, aumentou quando a velocidade do ar aumentou, na temperatura de 50 °C os valores de  $k$  não apresentou tendência definida.

**Tabela 4.3** - Parâmetros dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page ajustados as cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu

Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetros		R <sup>2</sup>	DQM
			a	K		
Henderson e Pabis	40	1,0	1,095728	0,013282	0,9767	0,0496
		1,5	1,082094	0,013118	0,9822	0,0423
		2,0	1,076214	0,012742	0,9854	0,0381
	50	1,0	1,033751	0,013175	0,9758	0,0473
		1,5	1,094310	0,012375	0,9798	0,0455
		2,0	1,070018	0,013291	0,9781	0,0465
	60	1,0	1,014142	0,016005	0,9979	0,0130
		1,5	0,998322	0,017763	0,9960	0,0176
		2,0	0,995537	0,020611	0,9933	0,0219
	70	1,0	1,023100	0,016481	0,9921	0,0258
		1,5	1,002012	0,017535	0,9961	0,0175
		2,0	0,985640	0,019855	0,9946	0,0195
Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	DQM
			k	-		
Lewis	40	1,0	0,012025	-	0,9670	0,0590
		1,5	0,012021	-	0,9748	0,0503
		2,0	0,011733	-	0,9788	0,0548
	50	1,0	0,012704	-	0,9745	0,0487
		1,5	0,011180	-	0,9695	0,0559
		2,0	0,012342	-	0,9725	0,0521
	60	1,0	0,015761	-	0,9977	0,0137
		1,5	0,017795	-	0,9960	0,0176
		2,0	0,020712	-	0,9932	0,0219
	70	1,0	0,016088	-	0,9915	0,0267
		1,5	0,017497	-	0,9961	0,0176
		2,0	0,020174	-	0,9944	0,0199
Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetros		R <sup>2</sup>	DQM
			k	N		
Page	40	1,0	0,001736	1,437312	0,9961	0,0202
		1,5	0,002415	1,363717	0,9965	0,0189
		2,0	0,002772	1,325405	0,9973	0,0163
	50	1,0	0,004189	1,251374	0,9867	0,0351
		1,5	0,001726	1,418809	0,9976	0,0157
		2,0	0,002568	1,356300	0,9940	0,0242
	60	1,0	0,012834	1,048443	0,9983	0,0116
		1,5	0,015843	1,027926	0,9962	0,0171
		2,0	0,026314	0,940133	0,9943	0,0201
	70	1,0	0,009715	1,118977	0,9951	0,0204
		1,5	0,014605	1,043314	0,9966	0,0164
		2,0	0,027495	0,923162	0,9963	0,0161

Na Tabela 4.4, pode-se observar para a formulação 50% noni + 50% umbu que o parâmetro  $a$  do modelo de Henderson e Pabis nas temperaturas de 40 e 70 °C diminui com o aumento da velocidade do ar de secagem; a 50 °C os valores não apresentaram comportamento padrão e estão dispostos aleatoriamente; e na temperatura de 60 °C, os valores aumentam com o aumento da velocidade de ar. O parâmetro  $k$  do modelo de Henderson e Pabis nas temperaturas de 60 e 70°C com o aumento da velocidade do ar tem seus valores dispostos de forma aleatória não seguindo nenhuma ordem; a 40 °C os valores aumentam com o aumento da velocidade, enquanto a 50 °C os valores diminuem com o aumento da velocidade do ar.

Para o modelo de Lewis verifica-se, na temperatura de 40 °C, que os valores do parâmetro  $k$  aumentaram com o aumento da velocidade do ar de secagem, a 50 °C os valores diminuíram e nas temperaturas de 60 e 70 °C não houve uma tendência definida.

Constata-se para o modelo de Page que o parâmetro  $k$  nas temperaturas de 40 e 70 °C, aumentou quando a velocidade do ar aumentou, na temperatura de 60 °C os valores de  $k$  diminuíram e na temperatura de 50 °C não apresentou tendência definida.

**Tabela 4.4** - Parâmetros dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page ajustados às cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu

Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetros		R <sup>2</sup>	DQM
			a	K		
<b>Henderson e Pabis</b>	40	1,0	1,069657	0,012215	0,9830	0,0408
		1,5	1,053464	0,012373	0,9834	0,0396
		2,0	0,998269	0,023625	0,9977	0,0126
	50	1,0	0,992660	0,021498	0,9977	0,0130
		1,5	0,985390	0,020491	0,9977	0,0131
		2,0	1,006705	0,017072	0,9946	0,0209
	60	1,0	1,031335	0,028334	0,9966	0,0156
		1,5	1,032186	0,028111	0,9968	0,0152
		2,0	1,048056	0,031134	0,9935	0,0217
	70	1,0	0,971578	0,024708	0,9954	0,0174
		1,5	0,971374	0,026527	0,9962	0,0158
		2,0	0,967468	0,025729	0,9960	0,0160
Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	DQM
<b>Lewis</b>	40	1,0	k		0,9775	0,0469
		1,5	0,011305		0,9801	0,0434
		2,0	0,011655		0,9977	0,0126
	50	1,0	0,023667		0,9977	0,0131
		1,5	0,021662		0,9975	0,0137
		2,0	0,020808		0,9946	0,0210
	60	1,0	0,016951		0,9958	0,0174
		1,5	0,027478		0,9960	0,0172
		2,0	0,027244		0,9916	0,0246
	70	1,0	0,029745		0,9946	0,0189
		1,5	0,025481		0,9954	0,0174
		2,0	0,027353		0,9950	0,0180
0,026650						
	Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetros		R <sup>2</sup>
<b>Page</b>	40	1,0	k	N	0,9939	0,0245
		1,5	0,002810	1,313226	0,9928	0,0261
		2,0	0,003537	1,269281	0,9978	0,0125
	50	1,0	0,024737	0,988738	0,9977	0,0131
		1,5	0,021795	0,998468	0,9976	0,0134
		2,0	0,022399	0,981797	0,9954	0,0193
	60	1,0	0,013332	1,057146	0,9972	0,0143
		1,5	0,020216	1,081521	0,9977	0,0131
		2,0	0,019381	1,090076	0,9954	0,0182
	70	1,0	0,017261	1,148009	0,9976	0,0126
		1,5	0,036999	0,903351	0,9980	0,0116
		2,0	0,038602	0,909417	0,9983	0,0105
0,039286						

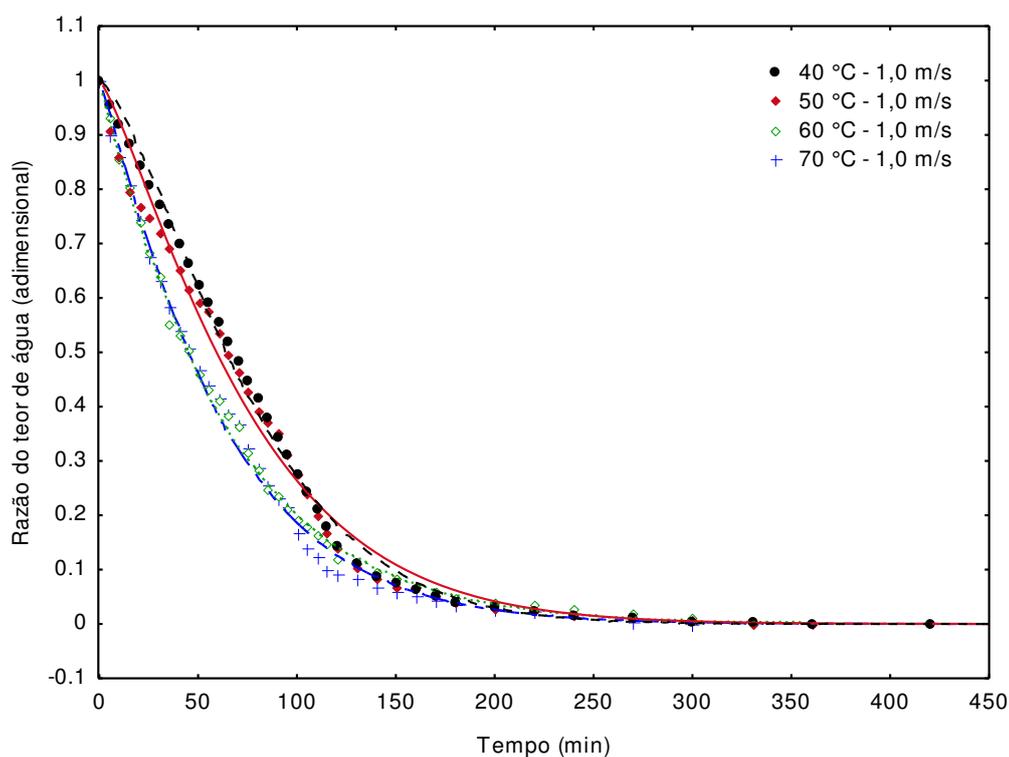
Na Tabela 4.5, referente à formulação 25% noni + 75% umbu, verifica-se para o modelo de Henderson e Pabis que os parâmetros  $a$  e  $k$  não apresentaram uma tendência de acréscimo ou decréscimo dos valores com o aumento da velocidade do ar, exceto para  $k$  a 60 °C em que houve aumento com o aumento da velocidade do ar. Para o modelo de Page, verificou-se que o parâmetro  $k$ , na temperatura de 40 °C aumentou com o aumento da velocidade de ar.

**Tabela 4.5** - Parâmetros dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page ajustados as cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu

Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetros		R <sup>2</sup>	DQM
			a	K		
Henderson e Pabis	40	1,0	1,152969	0,013615	0,9511	0,0496
		1,5	1,114117	0,012334	0,9744	0,0423
		2,0	1,149780	0,016931	0,9534	0,0381
	50	1,0	1,145301	0,015846	0,9620	0,0473
		1,5	1,095080	0,012612	0,9703	0,0455
		2,0	1,114670	0,014031	0,9618	0,0465
	60	1,0	1,102779	0,013237	0,9661	0,0130
		1,5	1,135140	0,013414	0,9579	0,0176
		2,0	1,116536	0,014010	0,9651	0,0219
	70	1,0	1,104487	0,014163	0,9662	0,0258
		1,5	1,122743	0,013199	0,9657	0,0175
		2,0	1,099050	0,013467	0,9682	0,0195
Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	DQM
Lewis	40	1,0	k	-	0,9291	0,0918
		1,5	0,011693		0,9604	0,0661
		2,0	0,010938		0,9334	0,0887
	50	1,0	0,014783		0,9426	0,0824
		1,5	0,013821		0,9592	0,0638
		2,0	0,011371		0,9482	0,0768
	60	1,0	0,012525		0,9539	0,0699
		1,5	0,011913		0,9383	0,0840
		2,0	0,011726		0,9505	0,0736
	70	1,0	0,012476		0,9538	0,0699
		1,5	0,012756		0,9481	0,0749
		2,0	0,011646		0,9570	0,0682
0,012170						
	Modelo	Temp. (°C)	Veloc. (m/s)	Parâmetros		R <sup>2</sup>
Page	40	1,0	k	N	0,9890	0,0164
		1,5	0,000538	1,699369	0,9932	0,0361
		2,0	0,000638	1,734515	0,9976	0,0281
	50	1,0	0,001137	1,504462	0,9963	0,0286
		1,5	0,000836	1,651044	0,9941	0,0208
		2,0	0,001423	1,469390	0,9927	0,0240
	60	1,0	0,001101	1,552218	0,9933	0,0242
		1,5	0,001337	1,492455	0,9951	0,0263
		2,0	0,000671	1,643203	0,9945	0,0234
	70	1,0	0,001327	1,505269	0,9923	0,0282
		1,5	0,001491	1,487536	0,9963	0,0196
		2,0	0,000957	1,561833	0,9936	0,0259
		0,001459	1,478540			

Nas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 estão graficados os dados da cinética de secagem das diferentes formulações (75% noni + 25% umbu; 50% noni + 50% umbu; e 25% noni + 75% umbu) e temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) e com velocidade do ar de 1,0 m/s, ajustadas com o modelo de Page. Percebe-se em todas as formulações que o aumento da temperatura influencia diretamente na redução do tempo de secagem. Tal comportamento assemelha-se ao observado por SILVA et al. (2008) para a secagem em camada de espuma da polpa de tamarindo.

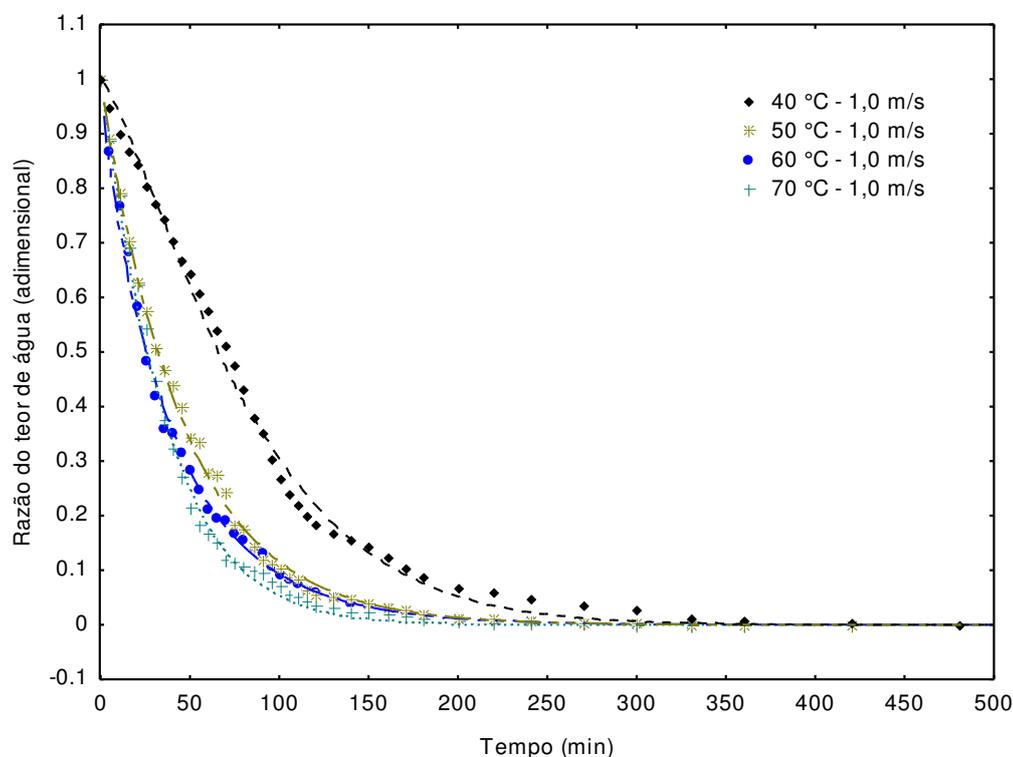
Na Figura 4.1 nota-se para a formulação 75% noni + 25% umbu que as curvas nas temperaturas de 40 e 50 °C foram muito próximas e as de 60 e 70 °C também tiveram o mesmo comportamento. Os tempos de secagem variaram de 7 h (420 min) para a temperatura de 40 °C a 5 h (300 min) para a temperatura de 70 °C, indicando que o tempo de secagem diminuiu com o aumento da temperatura.



**Figuras 4.1** - Cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page

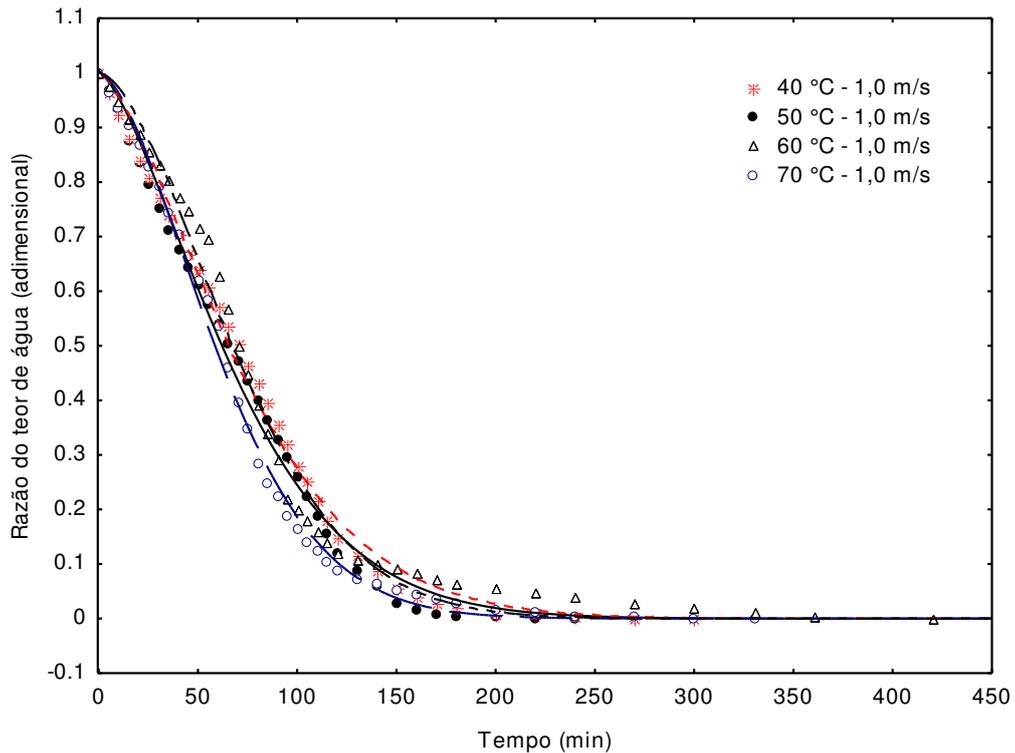
Na Figura 4.2 observa-se para a formulação 50% noni + 50% umbu que as curvas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C ficaram muito próximas e a curva a 40 °C ficou mais distante das demais. Foram constatados redução do tempo de secagem com o aumento da

temperatura, com tempos variando de 8 h (480 min) para a temperatura de 40 °C a 5,5 h (330 min) na temperatura de 70 °C.



**Figura 4.2** - Cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page

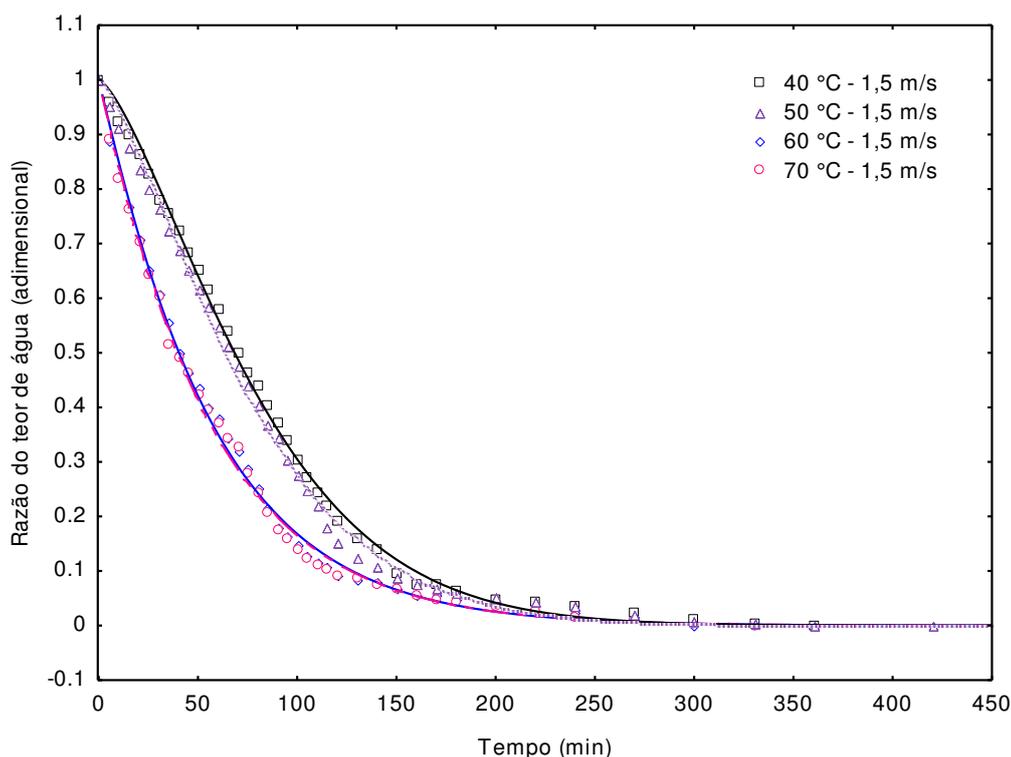
Na Figura 4.3 observa-se o maior tempo de secagem foi de 7 h (420 min) para a curva a 40 °C e o menor tempo para a curva de 70 °C, 4,5 h (270 min). Esse comportamento de redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura, também foi observado por SANTOS et al. (2013) quando secaram grãos residuais de urucum.



**Figuras 4.3** - Cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page

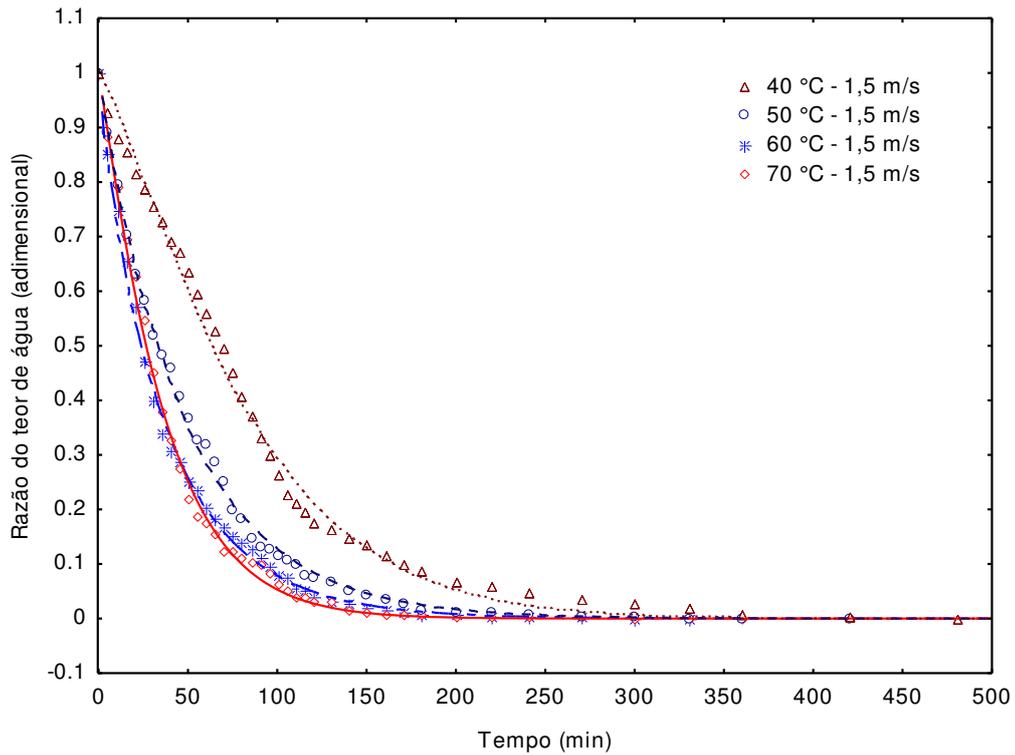
Nas Figuras 4.4, 4.5 e 4.6, estão graficados os dados experimentais das cinéticas de secagem das diferentes formulações e temperaturas avaliadas, com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s com as curvas ajustadas com o modelo de Page.

Observa-se na Figura 4.4 para formulação 75% noni + 25% umbu na velocidade do ar de 1,5 m/s o mesmo comportamento da Figura 4.1 (velocidade do ar de 1,0 m/s) em que nota-se dois conjuntos de curvas próximas; as curvas a 40 e 50 °C e as curvas a 60 e 70 °C. Os tempos de secagem a 1,5 m/s foram: 40 °C com 7 h (420 min); 50 °C com 6 h (360 min); 60 °C com 5,5 h (330 min); e 70 °C com 5 h (300 min). Verifica-se também tendência de redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura.



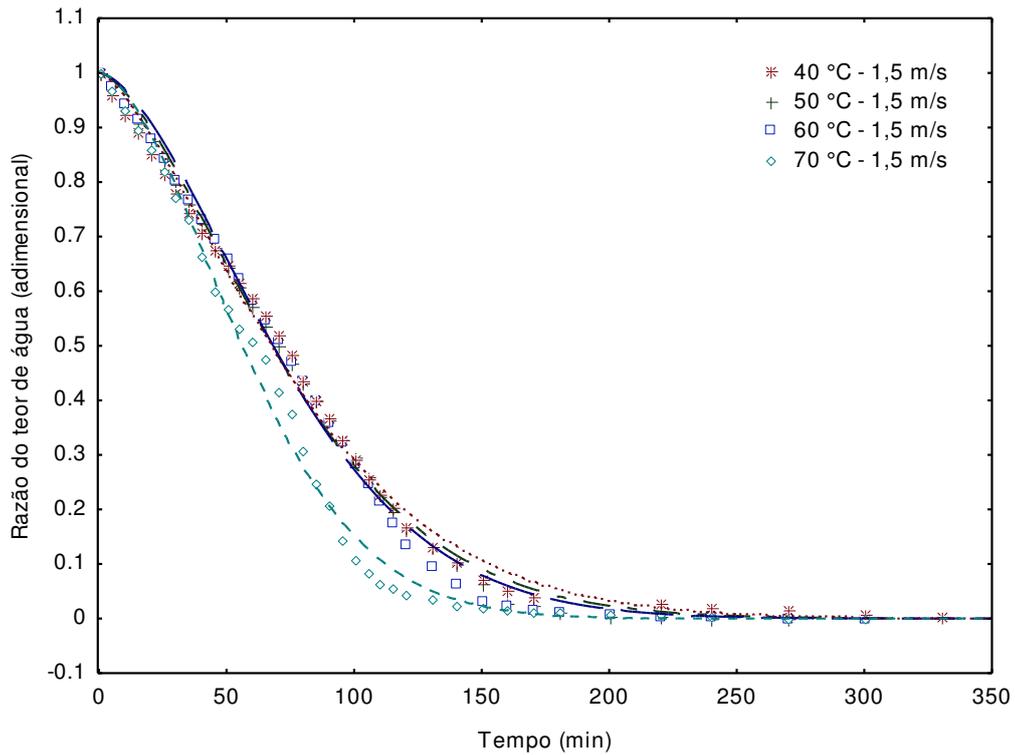
**Figura 4.4** - Cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,5 m/s, com ajustes com o modelo de Page

Na Figura 4.5 para a formulação 50% noni + 50% umbu na velocidade do ar de 1,5 m/s nota-se que as curvas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C ficaram muito próximas, o destaque se dá na temperatura de 40 °C onde a curva se afasta das demais, com o maior tempo de secagem. Os tempos de secagem desta formulação variaram conforme a temperatura, sendo que o maior tempo foi em 40 °C com 8 h (480 min) e o menor tempo em 70 °C com 5,5 h (330 min). Tal comportamento também foi observado por MENEZES et al. (2013) para a cinética de secagem do bagaço do maracujá-amarelo, em diferentes velocidades de ar e temperaturas, observando que a curva da maior temperatura foi a primeira a atingir razão do teor de água constante.



**Figura 4.5** - Cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,5 m/s, com ajustes com o modelo de Page

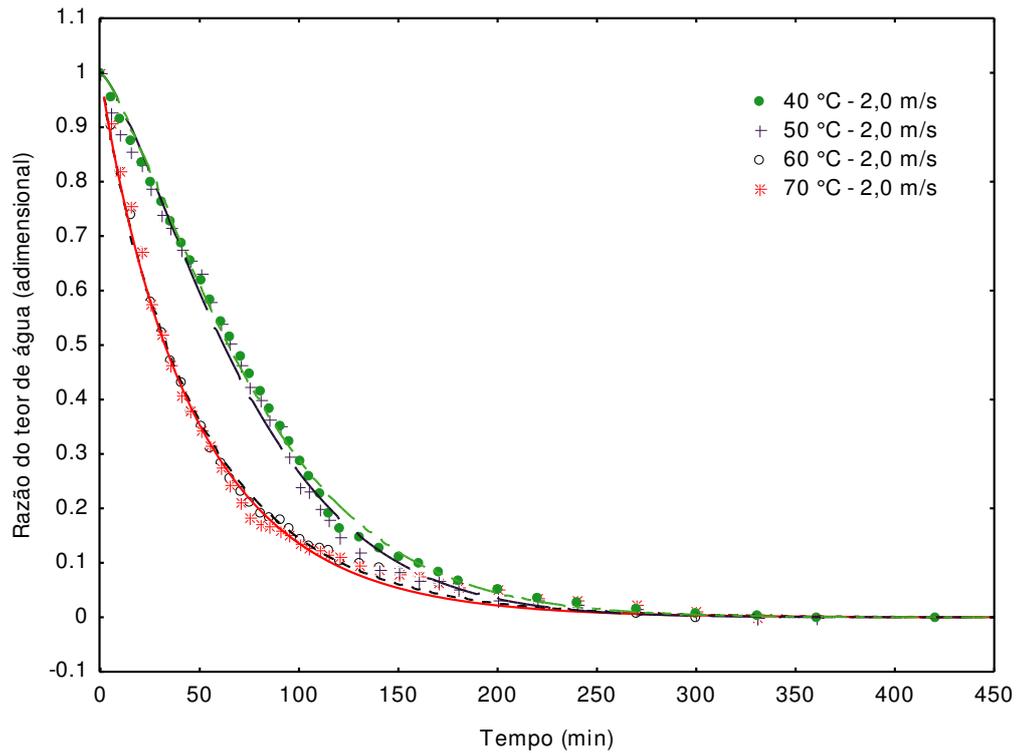
Na Figura 4.6, tem-se o comportamento da secagem da formulação 50% noni + 50% umbu, nota-se maior tempo de secagem para a temperatura de 40 °C com 5,5 h (330 min), 50 °C com 5 h (300 min), 60 °C com 5 h (330 min) e 70 °C com o menor tempo de 4,5 h (270 min).



**Figura 4.6** - Cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 1,5 m/s, com ajustes com o modelo de Page

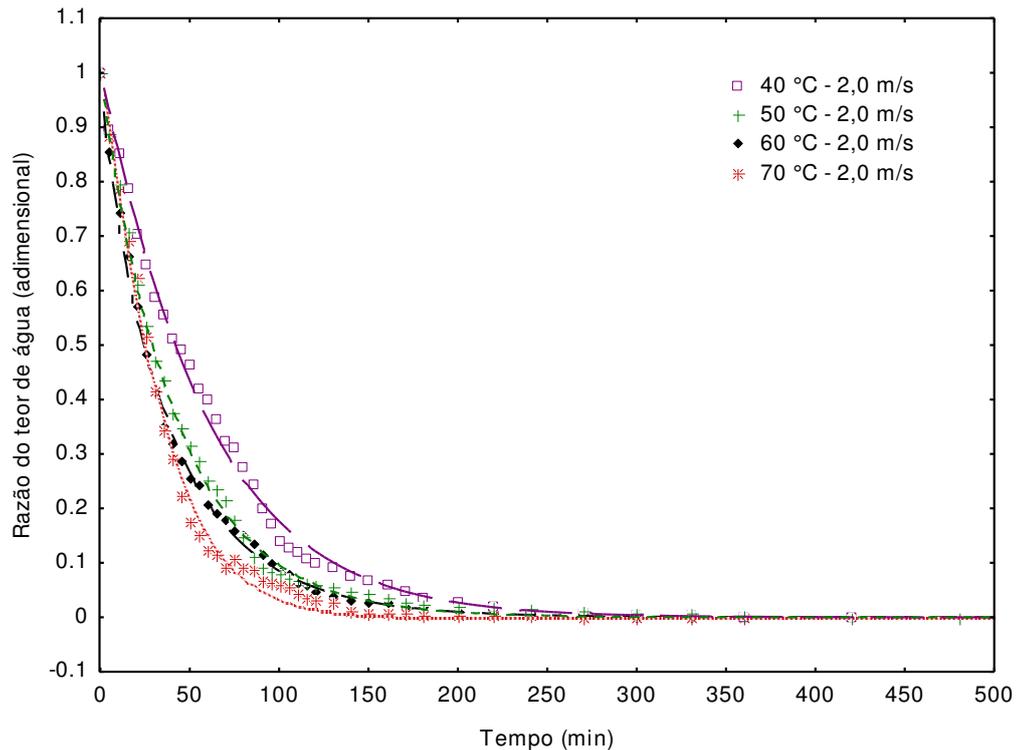
Tem-se nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9 as cinéticas de secagem das diferentes formulações em diferentes temperaturas e com velocidade do ar de 2,0 m/s, com ajustes pelo modelo de Page.

Na Figura 4.7 para a formulação 75% noni + 25% umbu com velocidade do ar de 2,0 m/s, constata-se que as curvas das temperaturas de 40 e 50 °C foram muito próximas e as de 60 e 70 °C também tiveram comportamento semelhante, nota-se também que com o aumento da temperatura o tempo de secagem foi reduzido. O maior tempo de secagem foi para a temperatura de 40 °C com 7 h (420 min) e o menor tempo para 70 °C com 5 h (300 min).



**Figura 4.7** - Cinéticas de secagem da formulação 75% noni + 25% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 2,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page

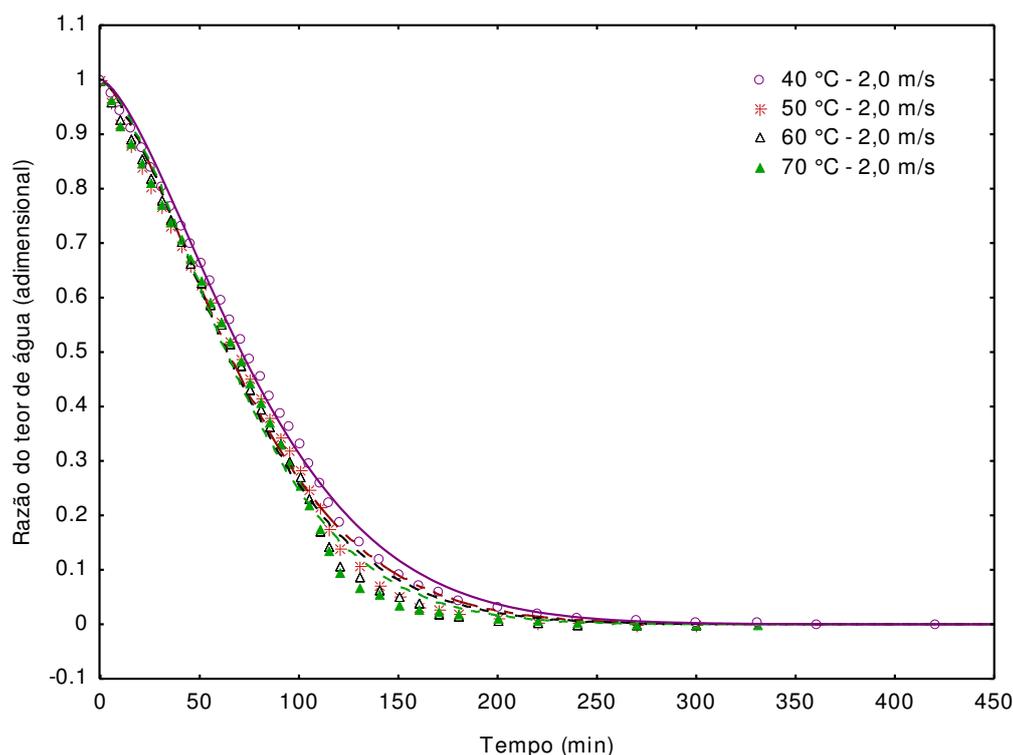
Na Figura 4.8 para a formulação 50% noni + 50% umbu na velocidade do ar de 2,0 m/s observa-se que as curvas das temperaturas de 50, 60 e 70 °C ficaram mais próximas e a curva a 40 °C ficou mais distante. Os tempos de secagem foram de 8 h (480 min), 7 h (420 min), 6 h (360 min) e 5,5 h (330 min) para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente.



**Figura 4.8** - Cinéticas de secagem da formulação 50% noni + 50% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 2,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page

Constata-se para a formulação 50% noni + 50% umbu, que em todas as velocidades do ar testadas (1,0; 1,5 e 2,0 m/s) para uma mesma temperatura de secagem não houve variação dos tempos de secagem com o aumento da velocidade do ar. Nota-se apenas que houve redução do tempo com o aumento da temperatura.

Na Figura 4.9 para a formulação 25% noni + 75% umbu na velocidade do ar de 2,0 m/s observa-se uma proximidade das curvas, apresentando os mesmos tempos de secagem nas temperaturas de 60 e 70 °C com 5 h (300 min), na temperatura de 50 °C com 5,5 h (330 min) e a 40 °C com 7 h (420 min). Este comportamento pode ser equiparado ao da secagem da polpa de oiti estudada por SOUSA et al. (2011).



**Figura 4.9** - Cinéticas de secagem da formulação 25% noni + 75% umbu em diferentes temperaturas e velocidade do ar de 2,0 m/s, com ajustes com o modelo de Page

#### 4.4 - Caracterização química, física e físico-química dos pós

##### 4.4.1 - Teor de água

Na Tabela 4.6 tem-se os valores médios do teor de água, para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para cada amostra distinta. Ao analisar os valores médios, verifica-se que com o aumento da temperatura assim como com o aumento da velocidade de ar de secagem o teor de água da amostra tende a diminuir.

A faixa de teor de água das amostras em pó variou entre 4,36 e 4,54%, resultados inferiores ao do pó de goiaba que foi de 4,71% determinado por CRUZ (2013) e superiores ao do pó da amora-preta que foi de 3,05% observado por FERRARI et al. (2012). Outros autores como BARRETO (2011) e SILVA FILHO (2012) encontraram teores de água de 3,19 e 7,28% para pó de pitanga roxa e pó de manga Haden, respectivamente, demonstrando que valores bem distintos são encontrados em pós obtidos com a secagem de polpa de frutas. O teor de água é um dos principais fatores que afetam a vida de prateleira de um produto desidratado (ENDO et al., 2007), sendo que uma embalagem

eficiente pode ser a grande responsável por manter o teor de água de um produto em níveis seguros que não comprometa a qualidade físico-química e microbiológica do mesmo.

**Tabela 4.6** - Valores médios do teor de água (%) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	4,54 aA	4,53 aB	4,52 aC
	50	4,50 bA	4,49 bB	4,48 bB
	60	4,45 cA	4,44 cB	4,44 cB
	70	4,39 dA	4,38 dB	4,38 dB
F2	40	4,51 aA	4,51 aB	4,50 aB
	50	4,48 bA	4,47 bB	4,46 bB
	60	4,43 cA	4,42 cA	4,42 cA
	70	4,37 dA	4,37 dA	4,36 dB
F3	40	4,52 aA	4,52 aA	4,51 aB
	50	4,48 bA	4,48 bA	4,47 bB
	60	4,44 cA	4,43 cB	4,43 cB
	70	4,38 dA	4,37 dB	4,37 dB

DMS (F1) para colunas = 0,004; DMS (F1) para linhas = 0,007; MG (F1) = 4,44; CV (F1) = 0,08%; DMS (F2) para colunas = 0,008; DMS (F2) para linhas = 0,007; MG (F2) = 4,44; CV (F2) = 0,08%; DMS (F3) para colunas = 0,005; DMS (F3) para linhas = 0,005; MG (F3) = 4,45; CV (F3) = 0,05%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

#### 4.4.2 - Atividade de água

Na Tabela 4.7 tem-se os valores médios da atividade de água, para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para cada amostra distinta. Assim como o teor de água, a baixa atividade de água é um dos fatores essenciais para dificultar a proliferação de micro-organismos.

Percebe-se que houve uma redução significativa da atividade de água ( $a_w$ ) com o aumento da temperatura e da velocidade do ar de secagem em todas as formulações. Verifica-se que os maiores valores de  $a_w$  para uma mesma temperatura e velocidade do ar foram da formulação F1 (75% noni + 25% umbu), os valores intermediários em F2 e os menores valores em F3. A faixa de  $a_w$  variou entre 0,245 e 0,407, valor dentro desta faixa

foi determinado por EL-BACHÁ e KIM (2014) para o açaí liofilizado com  $a_w = 0,251$  e superior para o pó de polpa de manga da variedade Tommy Atkins com 0,625, quantificado por MARTIM (2006).

**Tabela 4.7** - Valores médios de atividade de água das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	0,407 aA	0,389 aB	0,351 aC
	50	0,365 bA	0,347 bB	0,322 bC
	60	0,354 cA	0,330 cB	0,319 cC
	70	0,339 dA	0,310 dB	0,287 dC
	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F2	40	0,375 aA	0,351 aB	0,320 aC
	50	0,334 bA	0,319 bB	0,294 bC
	60	0,316 cA	0,302 cB	0,282 cC
	70	0,307 dA	0,298 dB	0,269 dC
	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F3	40	0,305 aA	0,293 aB	0,286 aC
	50	0,285 bA	0,275 bB	0,261 bC
	60	0,273 cA	0,261 cB	0,251 cC
	70	0,265 dA	0,250 dB	0,245 dC

DMS (F1) para colunas = 0,002; DMS (F1) para linhas = 0,002; MG (F1) = 0,34; CV (F1) = 0,26%; DMS (F2) para colunas = 0,002; DMS (F2) para linhas = 0,002; MG (F2) = 0,31; CV (F2) = 0,35%; DMS (F3) para colunas = 0,002; DMS (F3) para linhas = 0,002; MG (F3) = 0,27; CV (F3) = 0,39%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

#### 4.4.3 - Açúcares não redutores

Na Tabela 4.8 tem-se os valores médios dos açúcares não redutores para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para cada amostra distinta. Observa-se que existe uma tendência de diminuição dos açúcares não redutores com o aumento da temperatura e da velocidade do ar.

Constata-se que para uma mesma temperatura e velocidade do ar os maiores valores dos açúcares não redutores foram da formulação F1 (75% noni + 25% umbu), os valores intermediários em F2 que contem 50% de proporção de cada fruta e os menores valores em F3 que estão associados a uma maior participação do umbu. Assim, fica visível verificar

que os maiores resultados se fazem presentes quando o noni predomina na formulação. A faixa dos açúcares não redutores variou entre 20,80 e 48,30% de sacarose.

**Tabela 4.8** - Valores médios dos Açúcares não redutores (% sacarose) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	48,30 aA	44,15 aB	38,82 aC
	50	45,81 bA	40,44 bB	35,21 bC
	60	42,78 cA	38,29 cB	34,72 bcC
	70	39,75 dA	36,79 dB	33,80 cC
F2	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F2	40	25,99 aA	24,99 aB	23,71 aC
	50	25,61 aA	24,89 aB	22,96 bC
	60	24,57 bA	24,31 bA	22,65 cB
	70	24,29 bA	23,81 cB	22,38 cC
F3	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F3	40	27,66 aA	23,33 aB	23,34 aB
	50	24,77 bA	22,22 bB	21,68 bB
	60	24,39 bA	21,69 cB	21,18 cB
	70	23,04 cA	21,02 cB	20,80 cB

DMS (F1) para colunas = 1,29; DMS (F1) para linhas = 1,17; MG (F1) = 39,90; CV (F1) = 1,44%; DMS (F2) para colunas = 0,45; DMS (F2) para linhas = 0,40; MG (F2) = 24,18; CV(F2) = 0,82%; DMS (F3) para colunas = 0,72; DMS (F3) para linhas = 0,66; MG (F3) = 22,93; CV (F3) = 1,40%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em estudo realizado com o pó do cupuaçu obtido através da secagem em leito de espuma, SOUZA (2011) verificou um teor de açúcares não redutores de 38,42% sacarose, sendo próximo aos valores de F1.

#### 4.4.4 - Açúcares redutores

Na Tabela 4.9 tem-se os valores médios dos açúcares redutores para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para cada amostra distinta. De modo geral, verifica-se que existe uma tendência de decréscimo dos açúcares redutores com o aumento da temperatura e da velocidade do ar.

**Tabela 4.9** - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	23,54 aA	21,23 aB	18,62 aC
	50	21,35 bA	18,99 bB	17,06 bC
	60	19,77 cA	16,19 cB	14,78 cC
	70	18,65 dA	15,60 cB	13,72 dC
F2	40	12,65 aA	12,16 aB	11,64 aC
	50	11,03 bB	11,80 bA	10,97 bB
	60	10,32 cB	9,88 cC	10,98 bA
	70	10,81 bA	9,91 cB	9,14 cC
F3	40	13,47 aA	11,90 aB	10,78 aC
	50	12,70 bA	10,55 bB	9,66 bC
	60	11,27 cA	10,00 cB	8,92 cC
	70	10,75 dA	9,05 dB	8,02 dC

DMS (F1) para colunas = 0,88; DMS (F1) para linhas = 0,80; MG (F1) = 18,29; CV (F1) = 2,15%; DMS (F2) para colunas = 0,30; DMS (F2) para linhas = 0,27; MG (F2) = 10,94; CV(F2) = 1,23%; DMS (F3) para colunas = 0,35; DMS (F3) para linhas = 0,32; MG (F3) = 10,59; CV (F3) = 1,46%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores dos açúcares redutores encontram-se entre 8,02 e 23,54% glicose sendo que a formulação que contém maior proporção de noni (F1) apresentou os maiores valores. Nota-se que a proporção dos açúcares redutores foi inferior aos açúcares não redutores, para cada amostra em particular e para uma condição de secagem específica. Comportamento semelhante foi observado por OLIVEIRA (2009) em jaca seca, onde os valores obtidos para glicose e frutose foram menores do que os da sacarose: com 33,99-52,43% de sacarose; 17,70-21,54% de glicose; e 17,25-20,20% de frutose. Valor inferior foi observado por BARRETO (2011) de 5,30% glicose em pó de pitanga roxa; e teor superior em pó de cajá-manga com 38,77% relatado por BREDA et al. (2013).

#### 4.4.5 - Açúcares totais

Na Tabela 4.10 estão expressos os valores médios dos açúcares totais para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para cada amostra distinta. Da

mesma forma que os açúcares não redutores e redutores, os açúcares totais apresentaram uma tendência de decréscimo com o aumento da temperatura e da velocidade do ar. Também se verifica que na formulação contendo maior proporção de noni (F1) predominaram os maiores valores.

**Tabela 4.10** - Valores médios dos açúcares totais (% glicose) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	74,39 aA	67,70 aB	59,49 aC
	50	69,57 bA	61,55 bB	54,12 bC
	60	64,80 cA	56,50 cB	51,33 cC
	70	60,49 dA	54,33 dB	49,29 dC
F2	40	40,01 aA	38,11 aB	35,94 aC
	50	39,11 bA	37,17 bB	35,31 aC
	60	37,50 cA	35,90 cB	33,75 bC
	70	36,09 dA	35,45 cA	32,69 cB
F3	40	42,58 aA	36,46 aB	35,34 aC
	50	38,77 bA	33,94 bB	32,48 bC
	60	36,95 cA	32,83 cB	31,21 cC
	70	35,00 dA	30,94 dB	30,14 dC

DMS (F1) para colunas = 1,88; DMS (F1) para linhas = 1,77; MG (F1) = 60,30; CV (F1) = 1,38%; DMS (F2) para colunas = 0,85; DMS (F2) para linhas = 0,77; MG (F2) = 36,42; CV(F2) = 1,03%; DMS (F3) para colunas = 0,62; DMS (F3) para linhas = 0,56; MG (F3) = 34,72; CV (F3) = 0,79%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O menor valor para açúcares totais foi de 30,14% glicose e o maior de 74,39% glicose. Dado inferior foi citado por OLIVEIRA et al. (2014) para o pó da polpa de cajá liofilizada com teor em torno de 27,55% glicose; valores dentro desta faixa foram citados por SANTOS et al. (2014) de 34,64% em pó de goiaba e por ALEXANDRE et al. (2014) com um valor de 47,60% para pitanga em pó; e valor superior foi observado por BREDA et al. (2013) de 77,76% glicose no pó de cajá-manga.

#### 4.4.6 - Acidez total titulável

Na Tabela 4.11 estão expressos os valores médios da acidez total titulável para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para cada amostra distinta. Observe-se que os valores tendem a diminuir com o aumento da temperatura.

**Tabela 4.11** - Valores médios de acidez total titulável (% ác. cítrico) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	7,23 aA	7,22 aB	7,20 aC
	50	6,90 cC	7,21 aA	6,96 bB
	60	6,88 dC	6,89 bB	6,91 cA
	70	6,94 bA	6,53 cB	6,41 dC
F2	40	8,23 aA	8,13 aB	8,03 aC
	50	7,95 bC	8,12 aA	8,02 aB
	60	7,50 cB	7,37 bC	7,78 bA
	70	7,42 dA	7,22 cB	7,13 cC
F3	40	8,51 aA	8,36 aB	8,10 aC
	50	7,94 bC	8,30 bA	8,03 bB
	60	7,64 cB	7,44 cC	7,94 cA
	70	7,53 dA	7,44 cB	7,28 dC

DMS (F1) para colunas = 0,01; DMS (F1) para linhas = 0,01; MG (F1) = 6,94; CV (F1) = 0,05%; DMS (F2) para colunas = 0,01; DMS (F2) para linhas = 0,01; MG (F2) = 7,74; CV (F2) = 0,08%; DMS (F3) para colunas = 0,01; DMS (F3) para linhas = 0,01; MG (F3) = 7,88; CV (F3) = 0,07%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A acidez total titulável variou entre 6,41 e 8,51% ac. cítrico. Valores inferiores foram verificados para o pó de mandacaru com 1,46% (OLIVEIRA et al., 2015) e para o pó de cajá com 3,18% (OLIVEIRA et al., 2014); e superior com teor de 14,88% para o pó de cupuaçu (SOUZA, 2011). Porém essa diferença de resultados está associada ao uso de emulsificantes e estabilizantes incorporados as formulações, influenciando na redução da acidez das mesmas. Este efeito foi observado por SOARES (2009), como também por OLIVEIRA et al. (2006).

#### 4.4.7 - pH

Na Tabela 4.12 estão expressos os valores médios do pH para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para as diferentes formulações. Observa-se que os valores do pH tendem a aumentar com o aumento da temperatura.

**Tabela 4.12** - Valores médios do pH das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	3,39 dC	3,45 cB	3,49 cA
	50	3,54 cA	3,46 cC	3,51 cB
	60	3,60 bA	3,66 bA	3,60 bB
	70	3,66 aC	3,70 aB	3,77 aA
F2	40	3,10 dC	3,17 dB	3,18 dA
	50	3,21 cA	3,18 cB	3,21 cA
	60	3,24 bB	3,28 bA	3,23 bC
	70	3,26 aC	3,30 aB	3,35 aA
F3	40	2,51 cC	2,58 bB	2,66 bA
	50	2,70 aA	2,52 cC	2,60 cB
	60	2,66 bB	2,74 aA	2,56 dC
	70	2,69 aC	2,75 aB	2,78 aA

DMS (F1) para colunas = 0,01; DMS (F1) para linhas = 0,01; MG (F1) = 3,57; CV (F1) = 0,17%; DMS (F2) para colunas = 0,01; DMS (F2) para linhas = 0,01; MG (F2) = 3,23; CV (F2) = 0,18%; DMS (F3) para colunas = 0,02; DMS (F3) para linhas = 0,02; MG (F3) = 2,65; CV (F3) = 0,34%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O pH é um fator de suma importância, já que quanto menor o seu valor, maior a proteção contra micro-organismos oportunistas. Todos os valores apresentaram tendência de aumento com o aumento da temperatura, como já era de se esperar, correspondendo ao inverso da acidez total titulável que diminuiu com o aumento da temperatura.

O pH afeta o sabor dos produtos e é desejável ter, em geral, um pH abaixo de 4,5 para evitar a proliferação de micro-organismos no produto final (PEREIRA et al., 2006). Pode-se observar que todos os valores de todas as formulações encontram-se em um nível

considerado seguro quanto ao desenvolvimento de microrganismo, em que o maior valor foi de 3,77 para F1 (70 °C e 2,0 m/s) e o menor valor de 2,51 para F3 (40 °C e 1,0 m/s).

Comparando-se com os resultados obtidos por FERNANDES et al. (2014) e por GALDINO et al. (2003), que obtiveram um valor de pH de 4,11 para pós de polpas de tomate e 3,03 para polpa de umbu em pó, respectivamente, verifica-se que os resultados do presente trabalho são inferiores ao pó de polpa de tomate e próximo ao da polpa de umbu.

#### 4.4.8 - Intensidade de vermelho (+a\*)

Na Tabela 4.13 estão expressos os valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para as diferentes formulações. Observa-se que os valores da intensidade de vermelho (+a\*) tendem a aumentar com o aumento da temperatura e da velocidade do ar. O maior valor observado foi de 25,47 em F3 (70 °C e 2,0 m/s) e o menor valor de 12,70 em F1 (40 °C e 1,0 m/s).

**Tabela 4.13** - Valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	12,70 dC	16,74 dB	18,77 dA
	50	14,73 cC	17,77 cB	20,80 cA
	60	16,25 bC	20,35 bB	23,38 bA
	70	18,28 aC	21,30 aB	25,34 aA
F2	40	13,25 dC	15,38 cB	16,41 cA
	50	14,30 cC	17,35 bB	19,36 bA
	60	15,31 bC	17,38 bB	19,38 bA
	70	17,37 aC	19,41 aB	20,44 aA
F3	40	13,33 dC	15,36 dB	19,38 dA
	50	15,36 cC	17,38 cB	21,40 cA
	60	17,38 bC	19,41 bB	23,44 bA
	70	19,40 aC	21,44 aB	25,47 aA

DMS (F1) para colunas = 0,08; DMS (F1) para linhas = 0,07; MG (F1) = 18,87; CV (F1) = 0,18%; DMS (F2) para colunas = 0,10; DMS (F2) para linhas = 0,09; MG (F2) = 17,11; CV (F2) = 0,25%; DMS (F3) para colunas = 0,22; DMS (F3) para linhas = 0,20; MG (F3) = 19,06; CV (F3) = 0,52%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras

minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

#### 4.4.9 - Intensidade de amarelo (+b\*)

Na Tabela 4.14 estão expressos os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*), para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para as diferentes formulações. Observa-se que os valores da intensidade de amarelo (+b\*) tendem a diminuir com o aumento da temperatura e a aumentar com o aumento da velocidade do ar.

O maior valor observado foi de 31,77 em F3 (40 °C e 2,0 m/s) e o menor valor foi de 20,60 em F1 (70 °C e 1,0 m/s). Esses valores foram superiores a 19,20 obtido por MOREIRA et al. (2013) quando estudaram o pó liofilizado de polpa de manga.

**Tabela 4.14** - Valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	25,83 aC	28,74 aB	30,72 aA
	50	23,56 bC	25,46 bB	27,43 bA
	60	21,80 cC	23,74 cB	25,71 cA
	70	20,60 dC	22,65 dB	24,66 dA
F2	40	26,83 aC	29,69 aB	30,67 aA
	50	26,65 aC	28,79 bB	30,59 aA
	60	25,41 bC	28,32 cB	29,29 bA
	70	24,58 cC	27,51 dB	28,47 cA
F3	40	27,88 aC	29,82 aB	31,77 aA
	50	25,85 bC	26,78 bB	28,73 bA
	60	23,81 cC	24,67 cB	26,64 cA
	70	21,77 dC	22,64 dB	24,56 dA

DMS (F1) para colunas = 0,08; DMS (F1) para linhas = 0,07; MG (F1) = 25,07; CV (F1) = 0,13%; DMS (F2) para colunas = 0,36; DMS (F2) para linhas = 0,33; MG (F2) = 28,06; CV (F2) = 0,57%; DMS (F3) para colunas = 0,09; DMS (F3) para linhas = 0,08; MG (F3) = 26,24; CV (F3) = 0,15%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Ao contrário do que se observou na polpa in natura e nas espumas, caracterizadas com baixa intensidade de amarelo, após o processo de secagem, a intensidade de amarelo elevou-se, porém fica claro que a temperatura de secagem influencia diretamente quando é aumentada. De forma geral, percebe-se que os valores com maior proporção de umbu apresentam maior intensidade de amarelo, o que se reduz quando a temperatura é aumentada, mas ainda sim, com predomínio em relação a polpa e espuma.

#### 4.4.10 - Luminosidade (L\*)

Na Tabela 4.15 estão expressos os valores médios da luminosidade (L\*), para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para as diferentes formulações. Observa-se que os valores da luminosidade (L\*) tendem a diminuir com o aumento da temperatura, indicando escurecimento, e tendem a aumentar com o aumento da velocidade do ar, indicando amostras mais claras.

**Tabela 4.15** - Valores médios da luminosidade (L\*) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	35,26 aC	37,23 aB	39,25 aA
	50	34,09 bC	36,07 bB	38,03 bA
	60	33,16 cC	35,14 cB	36,11 cA
	70	32,25 dC	33,23 dB	34,13 dA
F2	40	41,67 aC	43,52 aB	45,40 aA
	50	35,13 bC	36,20 bB	38,09 bA
	60	34,23 cC	36,08 bB	38,06 bA
	70	33,76 dC	35,70 cB	37,62 cA
F3	40	37,58 aC	40,54 aB	43,37 aA
	50	36,45 bC	39,42 bB	41,38 bA
	60	35,37 cC	37,37 cB	39,34 cA
	70	34,23 dC	36,33 dB	38,29 dA

DMS (F1) para colunas = 0,09; DMS (F1) para linhas = 0,08; MG (F1) = 35,32; CV (F1) = 0,12%; DMS (F2) para colunas = 0,18; DMS (F2) para linhas = 0,17; MG (F2) = 37,95; CV (F2) = 0,22%; DMS (F3) para colunas = 0,41; DMS (F3) para linhas = 0,37; MG (F3) = 38,31; CV (F3) = 0,47%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras

minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O maior valor obtido foi 45,40 em F2 (40 °C e 2,0 m/s) e o menor valor 32,25 em F1 (70 °C e 1,0 m/s). Estes valores são inferiores quando comparados aos valores obtidos nas espumas antes da secagem. KARIN e WAI (1999) relataram que os pós obtidos das espumas e da polpa sem adição de agentes, adquiriram coloração marrom, essa característica pode ser atribuída ao escurecimento não enzimático ou à caramelização dos açúcares presentes na polpa durante a secagem.

A diferença de luminosidade relaciona-se com o processo de secagem, a qual favorece o escurecimento da amostra que contem mais açúcar, o que explicaria o fato da formulação que contém maior proporção de noni apresentar menor luminosidade, pois a mesma apresentou maior percentual de açúcares. O maior valor aqui encontrado foi inferior ao observado por ROCHA et al. (2014), que obtiveram uma luminosidade de 57,09 para o pó de polpa de caju, e por JULIANO et al. (2014) que obtiveram L = 53,37 para o pó de camu-camu liofilizado.

#### **4.4.11 - Ácido ascórbico**

Na Tabela 4.16 estão expressos os valores médios do teor de ácido ascórbico, para a interação Temperatura x Velocidade do ar de secagem para as diferentes formulações. Observa-se que os valores do teor de ácido ascórbico reduzem com o aumento da temperatura, e tendem a aumentar com o aumento da velocidade do ar.

Os resultados demonstram que o teor de ácido ascórbico permaneceu elevado em todas as formulações analisadas, em especial aquela que possui maior proporção de noni.

A vitamina C compõe naturalmente os alimentos, podendo-se apresentar em maior ou menor proporção, visto que a mesma é um composto hidrossolúvel e atua em diversas funções do organismo, contudo, a vitamina C também desempenha um papel fundamental na absorção do ferro, já que apresenta capacidade de reduzir a forma férrica, facilitando sua absorção pelo organismo.

O maior valor encontrado foi de 352,92 mg/100 g em F1 (40 °C e 2,0 m/s) e o menor valor observado foi 138,23 mg/100 g em F3 (70 °C e 1,0 m/s). Os valores decrescem de acordo com a elevação da temperatura, porém quanto maior a velocidade do ar, menor o índice de perda. Comparando os resultados obtidos com o encontrado por BARROS et al. (2009) que foi de 748,90 mg/100 g para polpa de noni liofilizada, conclui-se que apesar das amostras terem passado por processo de aquecimento, a retenção de

ácido ascórbico pode ser considerada satisfatória, tendo em vista que manteve teores superiores a 100 mg/100 g.

**Tabela 4.16** - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100 g) das amostras em pó das diferentes formulações em função da temperatura e velocidade do ar de secagem

Formulação	Temp. (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
		1,0	1,5	2,0
F1	40	338,25 aC	342,32 aB	352,92 aA
	50	311,07 bC	324,21 bB	333,11 bA
	60	299,06 cC	315,69 cB	322,16 cA
	70	242,30 dC	257,93 dB	269,80 dA
F2	40	294,22 aC	319,66 aB	327,24 aA
	50	277,87 bC	281,46 bB	299,53 bA
	60	244,01 cC	255,59 cB	293,44 cA
	70	165,81 dC	171,05 dB	180,71 dA
F3	40	260,28 aC	277,63 aB	286,47 aA
	50	239,77 bC	251,20 bB	264,04 bA
	60	208,75 cC	219,43 cB	231,50 cA
	70	138,23 dC	146,76 dB	157,59 dA

DMS (F1) para colunas = 1,16; DMS (F1) para linhas = 1,05; MG (F1) = 309,07; CV (F1) = 0,17%; DMS (F2) para colunas = 1,31; DMS (F2) para linhas = 1,19; MG (F2) = 259,21; CV (F2) = 0,22%; DMS (F3) para colunas = 0,96; DMS (F3) para linhas = 0,87; MG (F3) = 223,47; CV (F3) = 0,19%; DMS – Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Apesar desta vitamina em questão ser muito sensível ao calor, de acordo com FURTADO et al. (2010) alguns processos de secagem como a secagem por aspersão colabora com a inativação de algumas enzimas oxidativas, evitando a degradação do ácido ascórbico.

## 5 – CONCLUSÕES

- A polpa integral do umbu apresentou pH e teor de ácido ascórbico inferior a polpa do noni;
- A polpa do noni apresentou grande capacidade espumante, não necessitando de agentes aditivos espumantes para obter-se a espuma desejada nas formulações elaboradas;
- As cinéticas de secagem das polpas de noni e umbu combinadas apresentaram redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura do ar;
- A partir dos parâmetros estatísticos avaliados ( $R^2$  e DQM) verifica-se que os três modelos testados (Henderson e Pabis, Lewis e Page) apresentaram bons ajustes aos dados experimentais, com o modelo de Page apresentando os melhores ajustes;
- Com o processo de secagem foi possível obter-se pós de ótima qualidade, sem o emprego de agentes espumantes;
- Apesar do odor desagradável do noni, o aroma do umbu foi capaz de se sobressair, não possibilitando a percepção de aroma desagradável nos pós obtidos;
- Os teores de água e atividades de água dos pós apresentaram níveis baixos, indicando serem adequados quando submetidos a um armazenamento seguro;
- Para todos os pós obtidos foi notório observar que com o aumento da temperatura de secagem houve uma elevação nos valores de pH, enquanto que a acidez total titulável e a luminosidade diminuíram;
- Apesar das temperaturas empregadas, os pós apresentaram altos teores de vitamina C, principalmente para a formulação que continha maior proporção de polpa de noni.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, H. V; FIGUEIRÊDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. M; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p. 83-91 2014.

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

BARRETO, I. M. A. **Caracterização de polpa de pitanga roxa (*Eugenia uniflora*) desidratada em leito de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetininga, 2011.

BARROS, S. P. N.; MAIA, G. A; BRITO, E. S; NETO, M. A. S; SOUSA, J. A. Caracterização físico-química da polpa de noni (*Morinda citrifolia L.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008. **Anais...** Vitória, 2008.

BARROS, S. P. N. **Caracterização química e bioquímica da polpa e produtos de noni (*Morinda citrifolia L.*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, v. 3, p. 13-25, 1998

BATES, R. P. Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit products. **Food technology**, v. 8, n. 1, p. 93-96, 1964.

BREDA, C. A: **Desidratação da polpa do fruto de guavira (*Campomanesia adamantium*) pelo processo de camada de espuma**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). UFGD, Dourados, 2011.

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Efeito da desidratação foam mat na retenção da vitamina C da polpa de cajá-manga. **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 2, p. 189-193, 2013.

BUI, A. K. T.; BACIC, A.; PETTOLINO, F. Polysaccharide composition of the fruit juice of *Morinda citrifolia* (Noni). **Phytochemistry**, v. 67, p. 1271-1275, 2006.

CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, R.; FILHO, W. S. S.; LEDO, C. A. S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, 2008.

CASTRO, M. S.; BARRETO, L. S.; LEAL, S. M. **Polinização do umbuzeiro no território indígena Pankararé: Manual para manejo e conservação dos polinizadores**. PROBIO/MMA, 2007. 43 p.

CHAN-BLANCO, Y.; VAILLAN, F.; PEREZ, A. M.; BRILLOUET, J. M.; BRAI, P. The noni fruit ( *Morinda citrifolia* L.): a review of agricultural research and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 645-654, 2006.

CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; MAIA, G. A. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.

COSTA, A. B. **Atividade antioxidante in vitro e antifúngica do noni (*Morinda citrifolia* L.)**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

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

CUNHA, F. S. X. S.; NASCIMENTO, P. N.; SOUZA, J. P. C.; SOUZA, M. R.; SOUZA, M. R.; SOUZA, P. A. Caracterização nutricional de frutos de noni (*Morinda citrifolia* L.),

cultivados em Limoeiro do Norte-CE. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012. **Anais...** Palmas - TO, 2012.

DIAMANTE, L. M. R.; SAVAGE, G. P.; VANHANEN, L. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 9, p. 1956–1962, 2010.

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; BARBOSA, A. S.; CAVALCANTI, M. B. D.; CANUTO, T.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. **Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro**. UEPB (Universidade Estadual da Paraíba), Campina Grande, 2007.

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; CAVALCANTI, M. B. D'A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O; Avaliação das características físicas e físico-químicas do fruto do umbuzeiro. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 1., 2007, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2007. v. 1, p. 77-79.

DIXON, A. R.; MC MILLEN, H.; ETKIN, N. L. Ferment this: the transformation of noni, a traditional polynesian medicine (*Morinda citrifolia*, *rubiaceae*). **Economic Botany**, v. 53, n. 1, p. 51-68, 1999.

EL-BACHÁ, A.; KIM, A. **Estudo do processo de secagem da polpa de açaí por liofilização e atomização**. Trabalho de Conclusão de Curso PQI2000, Universidade de São Paulo - USP, 2014.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **ABC da agricultura familiar-umbuzeiro: Valorize o que é seu!** Embrapa informação tecnológica, Embrapa Semi-árido, Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento, 2004. 34 p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Circular técnica 73, Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento, Londrina-PR, jan 2007.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 382-386, 2007.

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F.; BROTEL, D. A.; ROCHA, V. V.; SOUZA, V. R.; LIMA, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1267-1278, 2014.

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

FRANCIS, F. J, **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2000. v. 1, 2907 p.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS P. secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, p 9-14, 2010.

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

GURIB-FAKIM, A. Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 27, p. 1-93, 2006.

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

JULIANO, F. F; SILVA, P. P. M; CASEMIRO, R. C; COSTA, H. C; SPOTO, M. H. I. Polpa de camu-camu liofilizada e armazenada em diferentes embalagens. **Revista brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, 2014.

KALETA, A.; GÓRNICKI, K. Evaluation of drying models of apple (var. McIntosh) dried in a convective dryer. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 5, p. 891– 898, 2010.

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

KLAFKE, R. S. **Administrador de Empresas**. 2015.

LAVAUT, N. E. G.; LAVAUT, J. A. G. *Morinda citrifolia* Lin.: potencialidades para su utilización em la salud humana. **Revista Cubana de Farmácia**, v. 37, n. 3, p. 1, 2003.

LIMA, E. D. P. A; LIMA, C. A. A; ALDRIGUE, M. L; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos de umbu cajazeira (*Spondia Spp*) Em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.

LIMA, F. S; LIMA, E. Q; OLIVEIRA, E; NETO, J. T. F. Caracterização físico-química e bromatológica da polpa de *Spondias Sp* (cajarana). **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 7, n. 1, 2012.

LIRA JUNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I.; SANTOS, V. F.; Caracterização físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias Spp* ). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, 2005.

MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F. O.; FIGUEIREDO, R.W. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpa tropicais: matérias-primas**. Brasília: ABEAS, 1998. v. 2, 224 p.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

MARTIM, N. S. P. P. **Estudos das características de processamento da manga ( *Mangifera indica*) variedade Tommy Atkins desidratada.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MEDEIROS, J. **Secagem e armazenamento de polpa de mangaba.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

MENEZES, M. L; STRÖHER, A. P; PEREIRA, N. C; BARROS, S. T. D. Análise da cinética e ajuste de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engevista**, v. 15, n. 2, p. 176-186, 2013.

MERRILL, E. D: **Emergency food plants and poisonous plants of the Islands of the pacific.** US government printing Office, Washington, DC, USA, pages 149, 1943.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó de polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1093-1098, 2013.

MULLER, J. C. **Toxicidade reprodutiva da *Morinda citrifolia* Lin.** 2007. 103 F. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

OLIVEIRA, A. S; FIGUEIRÊDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. M; BRITO, J. G. Estabilidade de polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 147-153, 2015.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de Pitanga Integral, Formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, p. 25-33, 2006.

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

OLIVEIRA, L. F: **Efeito dos parâmetros do processo de desidratação de jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam).** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

PARK, K. J.; VOHNIKOVA, Z.; BROD, F. P. R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 3, p. 193-199, 2006.

PAULA, B. **Produção de fermentado de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.).** Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

PRAXEDES, W. D. S.; SILVA, L. F.; SILVA, M. M.; SILVA, J. C.; SILVA, J. M.; SENA, A. R. Avaliação das características físico-químicas de frutos do noni (*Morinda citrifolia* L.). In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012. **Anais...** Palmas, 2012.

RAHMAN, M. S; PEREIRA, C. O. Drying and food preservation. In: **Handbook of food preservation**. 2. ed. CRC press-Taylor & Francis Group, 2007.

RAZAFIMANDIMBISON, S. G.; McDOWELL, T. D.; HALFORD, D. A.; BREMER, B. Origin of the pantropical and nutraceutical *Morinda citrifolia* L, (Rubiaceae): coments on its distribution range and circumscription. **Journal of Biogeography**, n. 37, p. 520-529, 2010.

ROCHA, E. M. F. F.; SOUSA, S. L.; COSTA, J. P.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 646-651, 2014.

SANTOS, D. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, E. N. A. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 223-231, 2013.

SANTOS, L. A. **Caracterização de frutos e molecular de umbu-cajazeiras (*Spondias Sp*) no semiárido da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO, M. N.; Caracterização e qualidade dos frutos de umbu e cajá (*Spondias tuberosa* x *Spondias mombim*) provenientes do recôncavo do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2014.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, 2008.

SILVA FILHO, E. D; **Obtenção e avaliação da qualidade da manga c. v Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para conservação**. Universidade Federal de Pernambuco, 2004. 382 p.

SILVA, R.; MEDEIROS, P. V. Q.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA, V.; SILVA, G. G. Caracterização do fruto de *Morinda citrifolia* L. (noni). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 17, n. 1, p. 93-100, 2012.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*eugenia stipitata mc vough*) em leito de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetininga, 2009.

SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; SILVA, L. M. M.; MARTINS, J. J. A.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem da polpa de oiti. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 26, n. 2, p. 108-112, 2011.

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

TEO, E. Noni fruit (*Morinda citrifolia* L). **Food Science**, 2009

TORRES, L. B. V.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidade aparente da polpa de umbu-cajá concentrada a 10°C. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 2, p. 161-168, 2003.

VEIGA, R. F. A.; BARBOSA, W; HIROCE, R.; MENDACOLLI, S. L.; TOMBOLATO, A. F. C.; COSTA, A. A. Noni: frutífera medicinal em aclimação no Brasil. **O Agrônômico**, v. 57, n. 1, p. 20-21, 2005.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; GONÇALVES, A. C. A. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: açai (*Euterpe oleracea* Mart.), camu-camu (*Myrciaria dubia*), cajá (*Spondias lutea* L.) and umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). **Food Research International**, v.44, p.1988-1996, 2010.

VISHWANATHAN, K. H.; HEBBAR, H. U.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Hot air assisted infrared of vegetables and its quality. **Food Science and Technology Research**, v. 16, n. 5, p. 381-388, 2010.

WANG, M. Y.; WEST, B. J.; JENSEN, C. J.; NOWICKI, D.; SU, C.; PALU, A. K.; ANDERSON, G. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in Noni research. **Acta Pharmacologica Sinica**, v. 23, n. 12, p. 1127–1141, 2002.