



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**CINÉTICA DE SECAGEM DO FÍGO DA ÍNDIA (*Opuntia Ficus Indica*)  
PRODUZIDOS NO SERTÃO DA PARAÍBA**

ALINE ELIAS DOS SANTOS

POMBAL - PB

2014

**ALINE ELIAS DOS SANTOS**

**CINÉTICA DE SECAGEM DO FÍGO DA ÍNDIA (*Opuntia Ficus Indica*)  
PRODUZIDOS NO SERTÃO DA PARAÍBA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande na Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

**Orientadora:**  
**Prof<sup>ª</sup>. MSc. Georgiana Maria Vasconcelos Martins.**

POMBAL – PB

2014

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL  
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG**

MON  
S237c

Santos, Aline Elias dos.

Cinética de secagem do figo da Índia (*Opuntia ficus-indica*) produzidos no sertão da Paraíba / Aline Elias dos Santos. - Pombal, 2014.  
48---fls.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2014.

"Orientação: Profa. Ma. Georgiana Maria Vasconcelos Martins".

Referências.

1. Figo da Índia - *Opuntia ficus-indica*. 2. Palma - Fruto. I. Martins, Georgiana Maria Vasconcelos. II. Título.

UFCG/CCTA

CDU 633.39

## TERMO DE APROVAÇÃO

ALINE ELIAS DOS SANTOS

### CINÉTICA DE SECAGEM DO FÍGO DA ÍNDIA (*Opuntia Ficus Indica*) PRODUZIDOS NO SERTÃO DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos submetido à Banca Examinadora designada pela Universidade Federal de Campina Grande - Campus Pombal - PB, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em, 10 de Setembro de 2014.

#### Banca Examinadora:

Georgiana maria vasconcelos martins

Profa. MSc. Georgiana Maria Vasconcelos Martins - UFCG  
(Orientadora)

José Etimógenes Duarte Vieira Segundo

Prof. MSc. José Etimógenes Duarte Vieira Segundo - UFCG  
(Avaliador interno)

Morgana Fabíola Cunha Silva Canuto

Prof. Dra. Morgana Fabíola Cunha Silva Canuto - UFCG  
(Avaliadora interna)

Renata Duarte Almeida

MSc. Renata Duarte Almeida - Engenheira Agrícola UFCG  
(Avaliadora externa)

## DEDICATÓRIA

À **Deus** ofereço com gratidão pelo privilégio;  
Aos meus pais **José Elias** e **Maria de Fátima**, pelo apoio e confiança;  
Aos meus irmãos **Walisson** e **Adriele Elias**;  
À minha **família**.

## AGRADECIMENTOS

Será impossível listar o nome de tantas pessoas, as quais devo gratidão; esquecer de alguém seria uma grande falta, por isto deixo a todos aqueles com quem tive a oportunidade de conhecer e conviver, um grande abraço. No entanto, não posso deixar de agradecer pela presença de algumas pessoas em minha vida.

Primeiramente a Deus, por me fazer determinada e ter sempre me mantido firme na fé, por iluminar meus pensamentos, me dar discernimento na escolha de cada opção que tive e me abençoar nesse trajeto.

Aos meus pais, José Elias Sobrinho e Maria de Fátima dos Santos, pela educação e ensinamentos de perseverança, e pelo amor incondicional, fundamentais na construção do meu caráter. À minha mãe, pela dedicação que sempre teve comigo, por ter sido guerreira juntamente com meu pai, me mantendo nos estudos mesmo enfrentando dificuldades, por acreditarem em mim e na capacidade de realizar meus sonhos.

Ao meu “tio” Francisco de Assis Gomes (Assis), por me incentivar e acreditar em mim, muitas vezes mais do que eu mesma acreditei.

Aos meus irmãos Walisson Elias e Adriele Elias, por serem pacientes quando em mim faltou paciência, e por ajudar à distância, mesmo dizendo que “Queridinha faz a gente de escravo”.

Ao meu amigo Kaique, pela paciência sem fim que teve comigo nas dificuldades e na correria da graduação, pelo apoio e disponibilidade, por depositar em mim ânimo para enfrentar cada dia, um dia de cada vez.

À minha família Elias e Santos, em especial aos meus vovôs Vicente e Adão e à vovó Severina (in memoriam).

À madrinha Raimunda (in memoriam), pelas horas investidas na minha educação.

Aos amigos Emmanuel Moreira e Sayonara Lima, que me incentivaram a não desistir dos sonhos mesmo com tantas derrotas, dizendo sempre: tente mais uma vez.

Aos que acreditaram e se orgulham de mim, seu Chico (in memoriam), Albertina (in memoriam), dona Chiquinha (in memoriam), dona Júlia, dona Salete, Maria, Lilia, Zuíla, Bosco e Celma que apesar de não terem nenhum vínculo sanguíneo torciam e torcem pela minha vitória.

Aos amigos “Metais” e não metais, que tive o privilégio de conhecer durante a minha vida e na jornada UFCG, (incontáveis), em especial aos meus alexandrienses, engenheiros de alimentos 2009.2 e aos agregados, que compartilharam comigo alegrias e tristezas e muitas noites em claro.

Às meninas “lá de casa” Lizaiane, Thaysa, Marília, Dorinha, Maria, Bárbara, Jaqueline e Amanda, e aos “caras do prédio”, César, Luciano, Robson, Thiago, Arthur e Plínio pelo coleguismo e pelas risadas que me proporcionaram.

À Nei, Júlia, Jaque e Amanda, sempre prontos a prestar favores e tirar dúvidas.

A todas as pessoas que me acolheram quando precisei me deslocar do meu lar pra tentar mais uma prova, mais um concurso, Dr. Chagas e Margarida, Ivonete, Didi, Lúrya, tia Toinha, Emmanuel, Viviane, Josimária e Jaciara, Fabíola, Milena, Zélia, Lizaiane, Gustavo, Dany, Ingrid, Lulú, Betinha, Mazé, Georgiana, Maslova, Katiane (Liu), JP e Bela, Daniela, Jemima e Denise, fica aqui toda minha gratidão.

Aos que dividiram comigo aprendizado nos projetos acadêmicos.

Aos professores Mércia Melo, Maíra Felinto, Georgiana Martins, Etimógenes Duarte e Morgana Canuto por terem me dado oportunidade na carreira científica, à Estefânia e Osvaldo pela ajuda e a professora Mônica Tejo pela credibilidade.

Às professoras Márcia, Alfredina, Mônica Tejo, Mônica Correia e Adriana, e aos professores Franciscleudo e Kilson, por cederem os laboratórios para a realização dos meus experimentos.

Aos técnicos de laboratório, Evertinho, Tiago, Emanuel, Roberta, Jeanne, Fabíola, Wélida, Climene, seu Francisco e Joyce, que me auxiliaram em todas as etapas dos trabalhos que desenvolvi junto com meus colegas, pela paciência e a confiança em mim depositada.

À UEPB nas pessoas de professor Alcides e professor Valdeci, pela atenção e disponibilidade de matéria-prima para realização do meu estudo.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. MSc. Georgiana Maria Vasconcelos Martins, que me recebeu de braços abertos quando precisei, pela dedicação que teve na elaboração deste trabalho, os incentivos e todo cuidado; cuidando não somente do meu trabalho, mas também de mim, minha eterna gratidão pelo seu trabalho e amizade.

À coordenação de alimentos, em especial à Kennedy, sempre muito gentil e prestativo. Às bibliotecárias, que sempre traziam um sorriso junto de um elogio.

À Vitamassa, por proporcionar que eu aprenda cada vez mais.

Aos meus mestres e à família UFCG- campus Pombal.

Aos que me prejudicaram, vocês também me incentivaram a ter cada vez mais vontade de conseguir conquistar meus sonhos.

*MINHA ETERNA GRATIDÃO!*



## EPÍGRAFE

E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria. **1º Coríntios 13:2.**

## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar física e físico-química o fruto da palma (*Opuntia ficus indica* L. Miller). Além disso, estudar a secagem em camada fina do fruto (*Opuntia ficus indica* L. Miller) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em estufa com circulação forçada de ar. Para a representação foram empregados os modelos matemáticos de Aproximação da difusão, Logaritmico, Midilli e Kucuk e Page modificado. Como critério de avaliação utilizou-se o coeficiente de determinação e o desvio quadrático médio. Finalmente foi avaliado a farinha quanto aos teores de ácido ascórbico e açúcar total. Utilizou-se um planejamento experimental  $2^2$  com 3 pontos centrais para avaliar a influência das variáveis independentes temperatura e espessura sobre as respostas: ácido ascórbico e açúcar total. Mediante os resultados obtidos observou-se que o aumento da temperatura diminuiu o tempo de secagem da fruta. Dentre os modelos aplicados o Logarítmico apresentou os maiores valores de coeficiente de determinação  $R^2$  e os menores valores de DQM, no geral todos representam bem a secagem em questão. Com relação à análise estatística, verificou que para a variável ácido ascórbico houve influência estatisticamente significativa para as variáveis de entrada: temperatura e espessura da camada.

**Palavras-chave:** Fruta da palma, Temperatura de Secagem, Espessura da Camada, Caracterização física e físico-química.

## ABSTRACT

This work was developed with the aim of characterizing physical and physicochemical the palm fruit (*Opuntia ficus indica L. Miller*). Also, study the thin layer drying fruit (*Opuntia ficus indica L. Miller*) at temperatures of 122, 140 and 158 °Fahrenheit in an oven with forced air circulation. For representing mathematical models of the diffusion approximation, logarithmic, and Midilli Kucuk and modified Page were employed. As evaluation criterion we used the coefficient of determination and the mean square deviation. Finally the flour was evaluated for the levels of ascorbic acid, and total sugar. We used an experimental design with 3 central point's  $2^2$  to evaluate the influence of temperature and thickness independent variables on the responses: ascorbic acid, and total sugar. From the results obtained it was observed that increasing the temperature decreased drying time of the fruit. Among the models applied the logarithmic showed the highest coefficient of determination  $R^2$  and the lowest values of DQM, all represent well the overall drying in question. Regarding the statistical analysis, found that for ascorbic acid variable was statistically significant influence on the input variables: temperature and layer thickness.

**Keywords:** Palm Fruit, drying temperature, layer thickness, physical characterization and physical chemistry.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fruta da palma <i>Opuntia ficus indica</i> (L.) Miller.....	4
<b>Figura 2</b> - Velocidade de secagem versus teor de umidade.....	10
<b>Figura 3</b> - Recepção da fruta da palma no laboratório para o processamento.....	15
<b>Figura 4</b> - Seleção das frutas.....	16
<b>Figura 5</b> - Armazenamento das frutas.....	17
<b>Figura 6</b> - Frutas da caracterização Física e físico-química.....	18
<b>Figura 7</b> - Fruta da palma, determinação de medidas físicas.....	18
<b>Figura 8</b> - Rodelas do fruto da palma antes da secagem (a); Rodelas do fruto da palma desidratadas (b).....	20
<b>Figura 9</b> - Curvas de secagem para as diferentes condições de planejamento experimental.....	26
<b>Figura 10</b> - Curva de secagem para o ensaio 1 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.....	28
<b>Figura 11</b> - Curva de secagem para o ensaio 2 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.....	29
<b>Figura 12</b> - Curva de secagem para o ensaio 3 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.....	30
<b>Figura 13</b> - Curva de secagem para o ensaio 4 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.....	31
<b>Figura 14</b> - Curva de secagem para o ensaio 5 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.....	32
<b>Figura 15</b> - Curva de secagem para o ensaio 6 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.....	33

<b>Figura 16</b> - Curva de secagem para o ensaio 7 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.....	34
<b>Figura 17</b> - Superfície de resposta do ácido ascórbico (AA) em função de temperatura (T) e espessura (E).....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Valores médios (cm) de comprimento, diâmetro, perímetro, razão comprimento/diâmetro do fruto da palma <i>O. Ficus Indica (L.) Miller</i> .....	7
<b>Tabela 2</b> - Composição físico-química, química e nutricional do fruto da <i>O. Ficus-Indica (L.) Miller</i> .....	8
<b>Tabela 3</b> - Modelos matemáticos utilizados para predizer o fenômeno de secagem do fruto da palma ( <i>figo-da-índia</i> ) para obtenção da farinha. ....	12
<b>Tabela 4</b> - Níveis das variáveis independentes para Planejamento $2^2$ de secagem da fruta da palma.....	14
<b>Tabela 5</b> - Matriz do Planejamento completo $2^2+3$ para secagem convectiva da fruta da palma.....	14
<b>Tabela 6</b> - Valores médios e desvio padrão de comprimento, diâmetro, perímetro, razão comprimento/diâmetro, massa, volume e densidade dos frutos da palma.....	22
<b>Tabela 7</b> - Características físico-químicas do fruto da palma em base úmida ( <i>opuntia ficus indica L. Miller</i> ).....	23
<b>Tabela 8</b> - Parâmetros estatísticos, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio (DQM) dos modelos de secagem nas diversas temperaturas.....	38
<b>Tabela 9</b> - Matriz do planejamento experimental e as variáveis de resposta ácido ascórbico e açúcar total.....	38
<b>Tabela 10</b> - Análise de variância (ANOVA) do modelo completo da Tabela de regressão ( $p \leq 0,05$ ) para a análise de ácido ascórbico.....	38
<b>Tabela 11</b> - Estimativa dos efeitos para a variável de resposta açúcar total....	39

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1 Frutos da Palma (figo da índia).....	4
3.2 Características Físicas e Físico-Químicas da Fruta da Palma.....	6
3.3 Generalidades da Secagem.....	9
3.4 Modelos Matemáticos que Representam a Secagem.....	11
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
4.1 Material.....	13
4.2 Métodos.....	13
4.2.1 Planejamento experimental.....	13
4.2.2 Etapas de processamento.....	15
4.2.2.1 Procedimentos da colheita e pós-colheita.....	15
4.2.2.2 Seleção.....	15
4.2.2.3 Beneficiamento da Matéria-Prima.....	16
4.2.2.4 Armazenamento.....	16
4.2.2.5 Caracterização física.....	17
4.2.2.6 Caracterização físico-química.....	19
4.2.2.7 Secagem.....	19
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>

5.1 Análise da Caracterização Física e Físico-química do Fruto da Palma <i>in</i> <i>Natura</i> .....	22
5.2 Cinética de Secagem e Modelagem Matemática.....	25
5.3 Efeitos das Variáveis de Temperatura e Espessura sobre os Testes de Açúcar Total e Ácido Ascórbico.....	37
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	43



# 1. INTRODUÇÃO

A palma (*Opuntia ficus indica* L. Mill) pertence à família das cactáceas e tem sido utilizada tanto na alimentação humana como na alimentação animal. O fruto da palma é conhecido como figo-da-índia e produz praticamente durante o ano todo. O fruto é doce, suculento, comestível, com 5-10 cm de comprimento e 8-10 cm de largura, piriforme, ligeiramente curvada para o umbigo, amarelo-esverdeado, laranja, vermelho ou púrpuro com muita polpa e uma casca fina (LEUENBERGER, 1991), sua variação de peso é de 100-240g (PIMENTA, 1990). Rico em vitaminas (principalmente C e A), o figo-da-índia é muito valorizado na medicina natural, sendo recomendado na prevenção de asma, tosse, verme, problemas na próstata e dores reumáticas, entre outros (BRAVO, 1991).

A produção do fruto da palma nas regiões semiáridas nordestinas poderá ser uma nova alternativa de desenvolvimento econômico uma vez que sua produção dura o ano inteiro e, quando processados em forma de conservas e bem tampado, sua vida de prateleira dura cerca de seis meses na geladeira podendo assim ser utilizado, como alternativa para reduzir a fome e minimizar as deficiências nutricionais da população regional.

A secagem é o processo comercial bastante utilizado para a preservação da qualidade dos produtos agrícolas. Consiste na remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto logo após a maturidade fisiológica, para que promova longos períodos de armazenamento, sem que ocorram perdas significativas durante o processo (MARTINAZZO, 2010).

O estudo e a modelagem matemática tem despertado o interesse de vários pesquisadores para os mais diversos produtos (FARIA, 2012). Diante disto, é de fundamental importância o emprego de modelos matemáticos para representar o processo de secagem, haja vista que as informações geradas são de grande valor para o desenvolvimento de equipamentos e predição dos tempos de secagem (SILVA, 2009).

Diante das considerações torna-se válido essa pesquisa visando obter um produto desidratado em estufa com circulação forçada de ar diversificando seus

produtos, além de agregar valor comercial ao fruto, utilizando processo de baixo custo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da espessura e da temperatura, no processo de secagem em estufa com circulação forçada de ar.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar as características físicas da fruta da palma;
- Determinar a composição físico-química da fruta *in natura*;
- Estudar o processo de secagem mediante planejamento de experimento  $2^2 + 3$  para secagem convectiva e análise dos resultados, tendo como variáveis independentes: temperatura de secagem e espessura das rodela; e como variáveis dependentes: ácido ascórbico e açúcar total;
- Escolher a melhor condição de secagem com base nos parâmetros de qualidade (ácido ascórbico e açúcar total);
- Ajustar os dados experimentais aos modelos matemáticos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Frutos da Palma (figo da Índia)

O fruto de palma (*Opuntia ficus indica*), figo da Índia é originário do México e cresce em toda América, do sudeste do Canadá à Patagônia, devido a sua habilidade de adaptação a diversas condições climáticas, foi transportado por Grandes Navegações, a diferentes partes da Europa, África e Austrália, onde hoje se cultiva.

É uma importante fonte alimentar, pois fornece forragem durante todo o ano. O México é o principal produtor e comercializador de *Opuntia* (BRAVO, 1978) *apud* SEBRAE/PB (2001). Nesse país a utilização das espécies de *O. ficus indica* (Figura 1) é diversificada: fruto, verdura e forragem. Sua utilização na alimentação humana pode ser feita através do fruto *in natura*, doces e compotas; considerada uma iguaria típica do México e da Região Andina tem um mercado internacional, potencial nos Estados Unidos e Europa, onde são consideradas como produto exótico.



**Figura 1** - Fruta da palma *Opuntia ficus indica* (L.) Miller.  
**Fonte:** Própria (2014).

No Brasil a região Nordeste e estados de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais concentra a área cultivada de palma forrageira estimada em 500.000 hectares. Seu

cultivo para a produção de frutos é ainda emergente distribuídos nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte (LOPES, 2007) *apud* ALMEIDA et. al. 2013, onde são cultivadas exclusivamente como forragem para alimentação animal nos períodos de estiagem, seus frutos são importados principalmente para os Estados Unidos e Europa.

Das espécies do gênero *Opuntia* catalogadas, apenas duas são cultivadas no Brasil: a *Opuntia ficus-índica* (L.) Miller cultivar Gigante, também chamada de “Graúda”, “Azeda” “figo-da-índia” ou “Santa”, a cultivar Redonda também chamada de “Orelha de onça”, e a *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dick cultivar Doce, também chamada “Miúda” e “Língua de vaca”. No nosso país o fruto é conhecido como “Fruta da palma” e “Figo da Índia”, cujas cultivares produtoras são a Gigante e Redonda (LEDERMAN, 2005). Recentemente tem havido um intenso intercâmbio de informações e material genético com outros países produtores, como México e Itália, SEBRAE/PB (2001).

Na alimentação humana os brotos da palma ou raquetes jovens (cladódios), denominados de verdura são usados em preparações culinárias e os frutos, ao natural ou processados. No México era comum desde o período da colonização espanhola, após a conquista, o fruto manteve seu papel básico na dieta da população mexicana e, decorrido um século, já estava sendo consumida no Sul da Itália e na ilha da Sicília (VARVARA *apud* INGLESE, 2001). As sementes do fruto da palma forrageira são pequenas, duras e abundantes e sua presença reduz a aceitação da fruta pelo consumidor, particularmente pelas pessoas não familiarizadas com a fruta.

O povo asteca desenvolveu o fruto desidratado de palma forrageira (fruta passa), visando utilizá-la depois de colhida por mais tempo, o atual povo mexicano, animado pela mesma necessidade de ter à sua disposição uma oferta constante de alimentos durante todos os períodos do ano, desenvolveu a partir dessa mesma fruta-passa, uma enorme gama de produtos alimentícios artesanais, sendo os principais: o melaço; o doce em calda; e o doce de corte em barra (marmelada). Todos esses deliciosos produtos, que se conservam durante muito tempo, são originários dos pequenos estabelecimentos familiares situados nas regiões áridas de San Luis Potosí e Zacatecas, (SEBRAE/PB, 2001).

Diferentes parâmetros foram propostos para definir a melhor época da colheita: desde a profundidade do receptáculo ao teor de sólidos solúveis totais

(SST) e a cor da casca. A fruta requer cuidados na colheita e no manuseio pós-colheita, os teores de SST aumentam ligeiramente nas frutas completamente maduras, mas nessa fase elas já não se encontram em condições adequadas para armazenagem e são muito delicadas para o manuseio (SEBRAE/PB, 2001).

ALVES et al. (2007) trabalhando com caracterização física e físico-química de frutos de palma no Estado de Pernambuco e FONSECA et al. (2007) no Estado da Bahia, encontraram parâmetros importantes com referência a viabilidade para consumo de frutos ao natural e utilização dos mesmos na agroindústria. Dessa forma, a realização e divulgação de estudos poderão servir para pesquisas futuras e estímulo à produção e consumo do Figo da Índia ainda incipiente em nosso país.

### **3.2 Características Físicas e Físico-Químicas da Fruta da Palma**

Diversos fatores influenciam as características físicas e físico-químicas de frutos, dentre os quais se destacam a constituição genética, condições edafoclimáticas, tratos culturais e tratamento pós colheita (SANTOS, 1996; LOPES, 1997). Os caracteres físicos dos frutos referentes à aparência externa, tamanho, forma e cor da casca, e as características físico-químicas relacionadas ao sabor, odor, textura e valor nutritivo, apresentados nas Tabelas 1 e 2, constituem atributos de qualidade à comercialização e utilização da polpa na elaboração de produtos industrializados (CHITARRA e CHITARRA, 2005; OLIVEIRA et al., 1999).

O fruto da palma forrageira tem um valor nutritivo similar ao de outros frutos, embora seu teor de sólidos solúveis seja maior que o da ameixa, damasco, cereja, pêsego, maçã e melão (PIMIENTA, 1990; SCHMIDT-HEBBEL e PENNACCHIOTTI, 1985). A maioria dos açúcares é do tipo redutor, com cerca de 53 % de glicose e o resto de frutose (RUSSEL e FELKER, 1987; SAWAYA et al., 1983; SEPÚLVEDA e SÁENZ, 1990). A frutose contribui para um melhor sabor, devido à sua maior doçura (comparada com a da glicose e a da sacarose) e à sua fácil absorção (CHEFTEL et al., 1983). O poder calorífico de sua polpa é de aproximadamente 50 kcal/100g (SAWAYA et al., 1983; SCHMIDT-HEBBEL e PENNACCHIOTTI, 1985), isto é, comparável com o de outros frutos (maçã, pêra, laranja, cherimólia, damasco). Os teores de proteínas, gordura, fibras e cinzas são similares ao de outros frutos. O fruto da palma forrageira apresenta alto nível de ácido ascórbico: a concentração de vitamina C é mais alta que a encontrada na maçã, na pêra, na uva e na banana

(CHEFFEL et al., 1983; SÁENZ, 1985). Rica em cálcio e fósforo está entre as frutas que contribuem com grandes quantidades de cálcio para o corpo, sendo sua contribuição em fósforo similar à de cereja, damasco, melão e framboesa.

**Tabela 1** - Valores médios (cm) de comprimento, diâmetro, perímetro, razão comprimento/diâmetro do fruto da palma *O. Ficus Indica* (L.) Miller.

PARÂMETROS	VALORES
Comprimento (cm)	8,46
Diâmetro (cm)	5,65
Perímetro (cm)	17,85
Razão comprimento/diâmetro (adimensional)	1,49

**Fonte:** BRAGA, (1960).

**Tabela 2** - Composição físico-química, química e nutricional do fruto da *O. Ficus-Indica* (L.) Miller.

COMPONENTE	AUTORES						
	Medina et. al. (2007)	Coelho et. al. (2004)	Manica (2002)	FAO (2001)	Sepúlveda & Sáenz (1990)	Sawaya et. al. (1983)	Bicalho & Penteado (1981; 1982)
Valor Cal. (Kcal/100g)						47,30	
Proteína (%) N x 6,25	0,90		0,98	0,80	0,82	0,21	1,08
Lipídeos (%)	0,50		0,23	0,7		0,12	0,96
Açúcares Totais (%)			13,42		14,06	12,8	
Fibra (%)	5,37		2,79	0,10	0,23	0,02	0,02
Cálcio (mg/100g)	26,3				12,8±1,1	28,0	38,91
Sódio (mg/100g)	0,62				0,60	0,80	
Fósforo (mg/100g)					32,8	15,40	30,36
Ferro (mg/100g)					0,40	1,50	2,65
Potássio (mg/100g)	158,3				217,0±3,3	161,0	0,80
Vitamina C (mg/100g)	17,2						
Umidade(%)	82,27	87,27			83,77	85,60	84,83
Cinzas (%)	0,392		0,40		0,44	0,44	0,36
Acidez (% ác. cítrico)	0,078	0,124	0,18		0,059		0,06
SST (%)	14,58	12,26	19,66		14,06		13,65
pH	6,32	5,948			6,37		5,33

Fonte: ALVES, (2008).

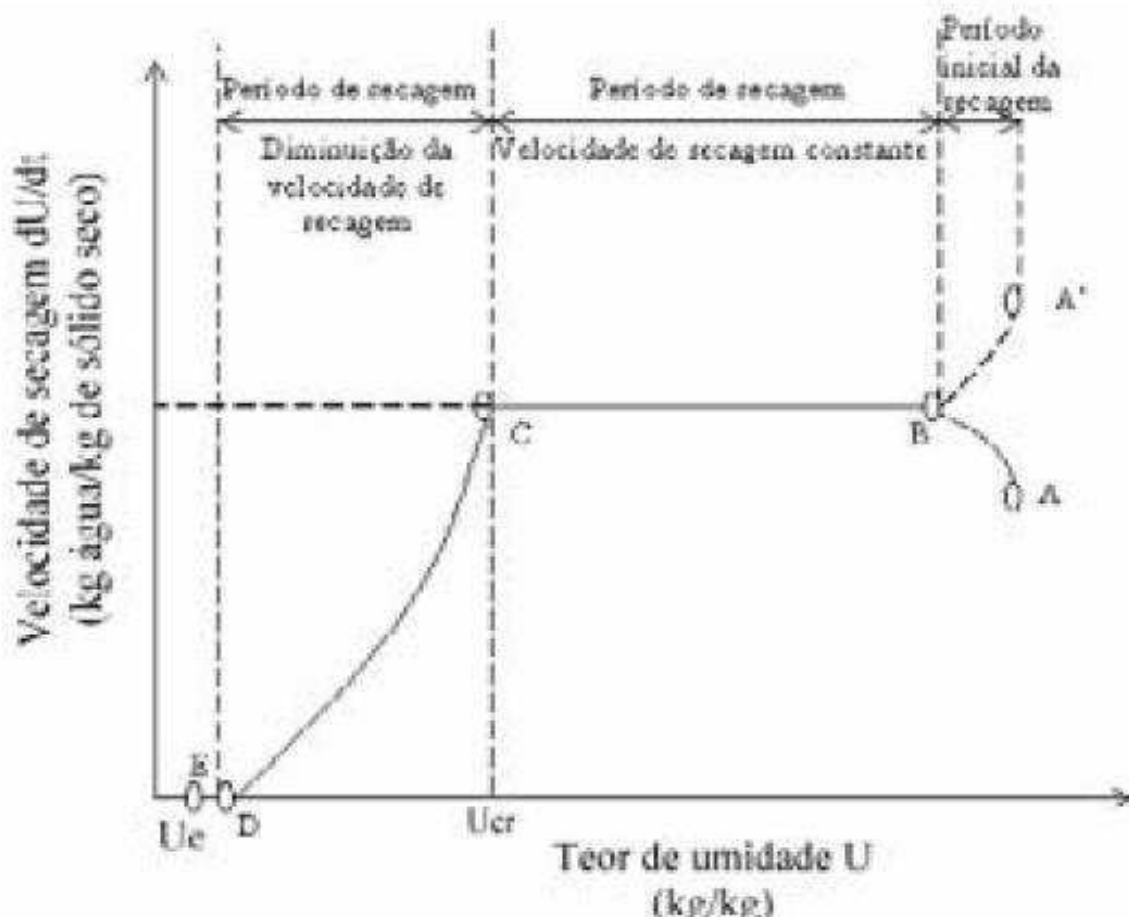


### 3.3 Generalidades da Secagem

Diversos são os tipos de secagem e sua escolha é ditada pela natureza do produto a ser desidratado, pela qualidade e forma que se deseja dar ao produto processado, pelo fator econômico e pelas condições de operação. Os equipamentos de secagem podem ser classificados de acordo com o fluxo de carga e descarga (contínuo e descontínuo); e com o sistema utilizado para fornecimento de calor (convecção, condução ou radiação) (MUJAMDAR, 1995).

A secagem com ar aquecido e com baixa umidade relativa é a técnica mais utilizada em diversas regiões de clima úmido e chuvoso. O aquecimento do ar pode ser realizado em secadores ou estufas. O tempo de secagem nesses equipamentos é de poucas horas, originando um material de melhor qualidade. É recomendado para produções em grande escala. Os limites de temperatura do ar de secagem são determinados em função da sensibilidade dos compostos químicos presentes nas plantas e das estruturas armazenadoras. Os modelos de secadores comumente utilizados são os de bandeja, de túnel e com fita transportadora (ALONSO, 1998; MUÑOS, 2002).

As características específicas de cada produto, associados às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem. De acordo com PARK, YADO e BROD (2001), o processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser apresentado em três períodos, como mostra a figura 2.



**Figura 2** - Velocidade de secagem versus teor de umidade.  
**Fonte:** Silva (2008).

O primeiro período representa o início da secagem. Neste, ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão interna de vapor de água. Essas elevações prosseguem até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água).

O segundo período caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. São as transferências de calor e de massa na interface ar-produto que governam a secagem. Enquanto houver água suficiente na superfície do produto, para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante. Há um decréscimo no diâmetro dos poros e capilares e, conseqüentemente, um decréscimo de volume do produto, aproximadamente, igual ao volume da água evaporada.

No terceiro período, a taxa de secagem é decrescente. A temperatura do produto atinge valores superiores à temperatura de bulbo úmido. A quantidade de

água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de calor não é compensada pela transferência de massa. O fator limitante nesta fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio, em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (DAUDIN, 1983; SILVA, 1995; PARK; YADO; BROD, 2001).

Diversos estudos com diferentes tecnologias de secagem foram realizados com frutas da palma e outras cactáceas.

LIMA et. al. (2007) estudando a cinética de secagem da polpa de diferentes partes do facheiro, observou diferenças nos tempos da secagem das amostras, encontrando tempo intermediário para a polpa extraída do meio da planta, quanto que as da base tiveram tempos menores e a polpa do caule representou o maior tempo na cinética de secagem.

MADUREIRA et. al. (2012) estudaram a cinética de secagem da polpa do figo-da-índia com uso de três diferentes proporções de amido modificado como adjuvante de secagem, obtiveram tempos de secagem menores para as amostras submetidas a temperaturas mais elevadas, mas sem nenhuma influência da proporção do amido.

Os estudos realizados por VASCONCELOS (2010), com desidratação osmótica de figo da Índia para três agentes osmóticos estudados (sacarose, glicose e cloreto de sódio) o autor encontrou resultados que mostram a eficiência do processo, por reduzir a umidade do fruto, e conseqüentemente influenciando para o aumento da vida útil do mesmo.

A secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru, com a adição de 2% de albumina e 2% de Super Liga Neutra, com tempo de batimento de 5 min, desidratada em estufa com circulação forçada de a, a 70; 80, e 90 °C, com três diferentes espessuras de camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm), foi estudado por MELO (2013), os resultados mostraram que a temperatura mais elevada de secagem juntamente com a menor espessura da camada, diminuiram o tempo de secagem.

### **3.4 Modelos Matemáticos que Representam a Secagem**

Na Tabela 3 estão representados os modelos matemáticos utilizados para secagem em camada fina do fruto da palma:

**Tabela 3** - Modelos matemáticos utilizados para prever o fenômeno de secagem do fruto da palma (*figo-da-índia*) para obtenção da farinha.

Designação do Modelo matemático	Equação	Nº
Logarítmico	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	1
Aproximação da Difusão	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	2
Page Modificado	$RU = \exp(-(k \cdot t)^n)$	3
Midilli e Kucuk	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	4

**RU** - razão de umidade; **a**, **b**, **c** e **n**- coeficiente dos modelos; **k** constante de secagem (min<sup>-1</sup>); **t** - tempo (min).

Os modelos matemáticos de secagem das equações 1, 2, 3 e 4, podem ser utilizados para representar os dados da cinética de secagem das rodela da fruta da palma.

Pode-se usar critérios como o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) e o Desvio Quadrático Médio (DQM), calculado pela Equação 5, para determinar o modelo que melhor ajusta os dados experimentais.

$$DQM = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RU_{PRE} - RU_{exp})^2} \quad (5)$$

Em que:

DQM é o desvio médio;

$RU_{pre}$  é a razão de umidade predito;

$RU_{exp}$  é a razão de umidade experimental;

N é o número de dados experimentais.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Material**

As amostras de fruta da palma foram colhidas em Catolé do Rocha na Universidade Estadual da Paraíba – Campus IV. O experimento realizado neste trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de: Tecnologia de Produtos Hortícolas, Análise de Alimentos, Grãos e Cereais, Tecnologia de Leite e Derivados, e no Laboratório de Sementes do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), na Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos (UATA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - Campus Pomba; localizada na Microrregião do Sertão Paraibano.

### **4.2 Métodos**

#### **4.2.1 Planejamento experimental**

O processo de secagem convectiva das frutas foi estudado mediante planejamento experimental fatorial completo  $2^2$  com 3 pontos centrais, sendo duas variáveis independentes (temperatura e espessura), avaliadas em dois níveis (-1 e +1), totalizando 7 experimentos. As variáveis dependentes do planejamento foram: ácido ascórbico e açúcares totais.

A farinha obtida de cada secagem do planejamento de experimento (E1, E2, E3, E4, E5, E6 e E7) foi analisada quanto a: Ácido Ascórbico e Açúcar Total. Permitindo assim estudar o comportamento desses parâmetros diante das diferentes temperaturas de secagem sofrida.

Na Tabela 4 estão representados os níveis do planejamento do experimento para a secagem da fruta da palma.

**Tabela 4** - Níveis das variáveis independentes para Planejamento  $2^2$  de secagem da fruta da palma.

<b>Níveis</b>	<b>-1</b>	<b>0 (ponto central)</b>	<b>+1</b>
Temperatura (°C)	50	60	70
Espessura (mm)	4	5	6

A Tabela 5 representa a matriz do planejamento completo para a secagem convectiva do fruto da palma.

**Tabela 5** - Matriz do Planejamento completo  $2^2+3$  para secagem convectiva da fruta da palma.

<b>Ensaio</b>	<b>Temperatura (codificada)</b>	<b>Espessura (codificado)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Espessura (mm)</b>
1	-1	-1	50	4
2	+1	-1	70	4
3	-1	+1	50	6
4	+1	+1	70	6
5	0	0	60	5
6	0	0	60	5
7	0	0	60	5

As Tabelas 4 e 5 apresentadas anteriormente representam a planilha de planejamento que foi utilizada para o estudo.

Os parâmetros dos modelos matemáticos propostos, apresentados na Tabela 3; foram obtidos por análises de regressão não linear, utilizando o programa computacional STATISTICA, versão 7.0.

Através do estudo foi possível obter modelos estatísticos capazes de predizerem o comportamento das variáveis dependentes (respostas) em função das variáveis independentes, na faixa adotada para a análise das últimas.

## 4.2.2 Etapas de processamento

### 4.2.2.1 Procedimentos da colheita e pós-colheita

A colheita foi efetuada manualmente, com auxílio de luvas e faca, no período da manhã, conforme mostra a Figura 3. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Tecnologia de Produtos Hortícolas do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar; sendo o local higienizado, minimizando dessa forma os riscos de contaminação, onde o beneficiamento foi realizado.

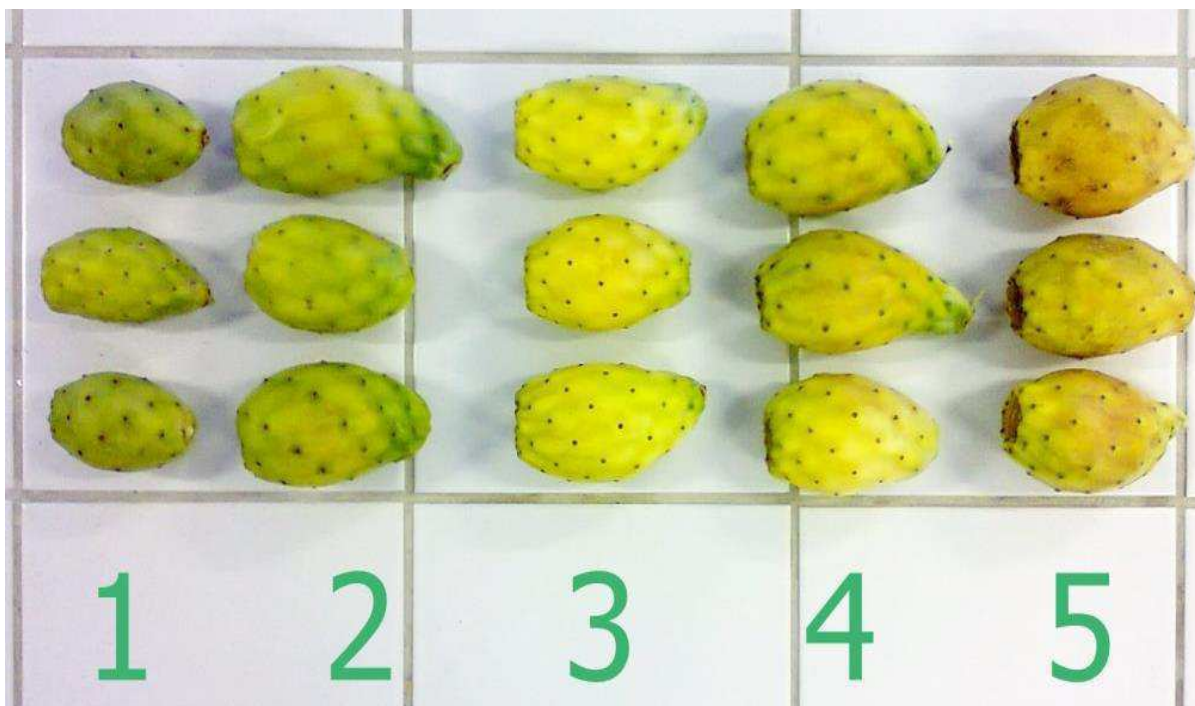


**Figura 3** - Recepção da fruta da palma no laboratório para o processamento.

**Fonte:** Própria (2014).

### 4.2.2.2 Seleção

Os frutos foram selecionados em tamanho uniforme e no estado de maturação 3, conforme ilustrado na figura 4.



**Figura 4** - Seleção das frutas.  
**Fonte:** Própria (2014).

#### 4.2.2.3 Beneficiamento da Matéria-Prima

Os frutos foram recepcionados e beneficiados de forma que sujidades, unidades defeituosas e partículas sólidas presentes (como espinhos e insetos) fossem removidos manualmente e posteriormente os frutos foram sanitizados em hipoclorito de sódio a 100 ppm durante 15 min, logo após foi retirado o excesso de cloro (enxágüe) e escorrido o excesso de água.

#### 4.2.2.4 Armazenamento

As frutas foram armazenadas em DBO (Estufas Incubadoras para demanda bioquímica de Oxigênio e outras aplicações laboratoriais onde se requer ambiente em baixas e médias temperaturas) à 10°C, temperatura para acondicionamento da *opuntia ficus indica*, durante a caracterização física e físico-química e enquanto ainda não passavam pela secagem. A figura 5 mostra o armazenamento.





**Figura 5** - Armazenamento das frutas.  
**Fonte:** Própria (2014).

#### 4.2.2.5 Caracterização física

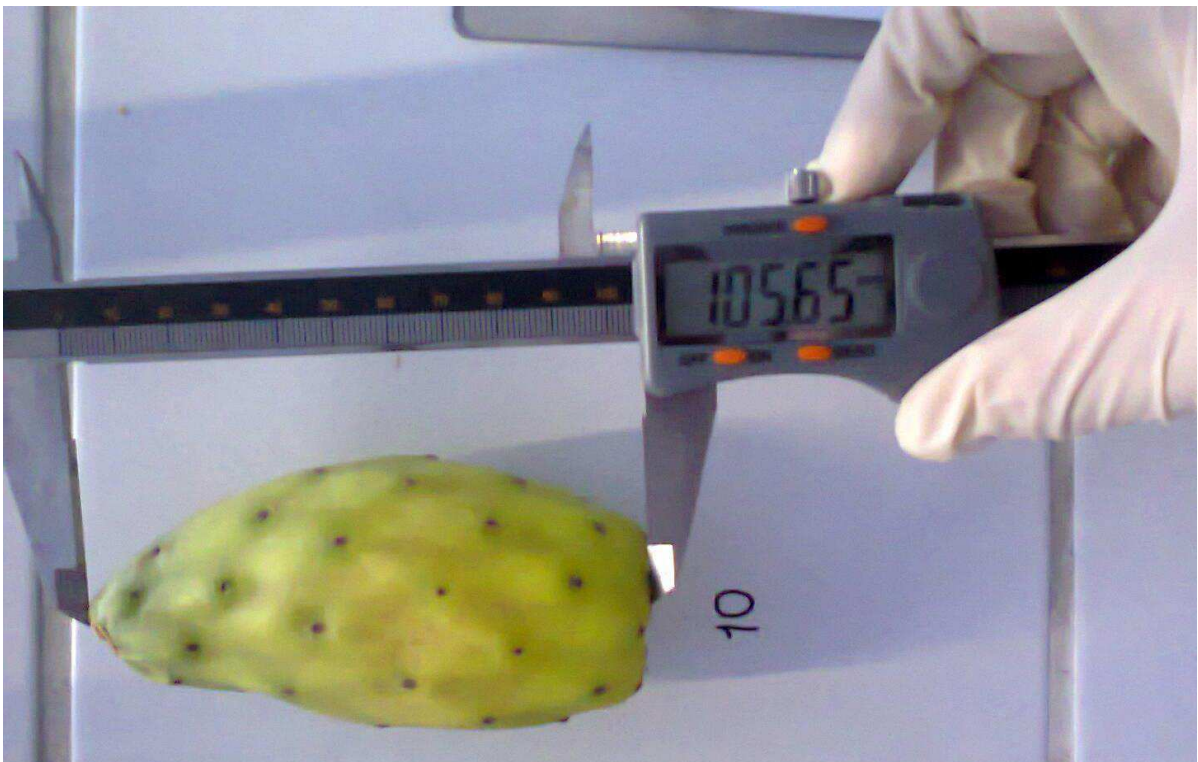
Do total dos frutos colhidos e pré-selecionados, foram retirados 10 unidades aleatoriamente, representados pela figura 6, para serem avaliados quanto os parâmetros físicos (fruto inteiro), conforme descrito a seguir:

- Massa dos frutos (g), realizado em balança analítica digital, marca Marte e modelo AY220;
- Volume do fruto (mL), por diferença do deslocamento do nível de água;
- Densidade ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ), encontrada a partir da fórmula:  $D = (\text{massa}/\text{volume}) * 1000$ ;
- Comprimento e Diâmetro (mm), medidos com paquímetro digital, representado na Figura 7;
- Razão Comprimento/Diâmetro;

Perímetro (mm), determinado indiretamente pela multiplicação do Diâmetro pela constante  $\pi$ , ( $P=D*\pi$ )



**Figura 6** - Frutas da caracterização Física e físico-química.  
**Fonte:** Própria (2014).



**Figura 7** - Fruta da palma, determinação de medidas físicas.  
**Fonte:** Própria (2014).

#### 4.2.2.6 Caracterização físico-química

As análises físico-químicas realizadas na fruta da palma *in natura* e processadas foram realizados de acordo com os procedimentos específicos e adaptados como descritos na literatura, sendo realizadas em triplicata a partir da escolha aleatória dos frutos mostrados na figura 6. As determinações realizadas foram:

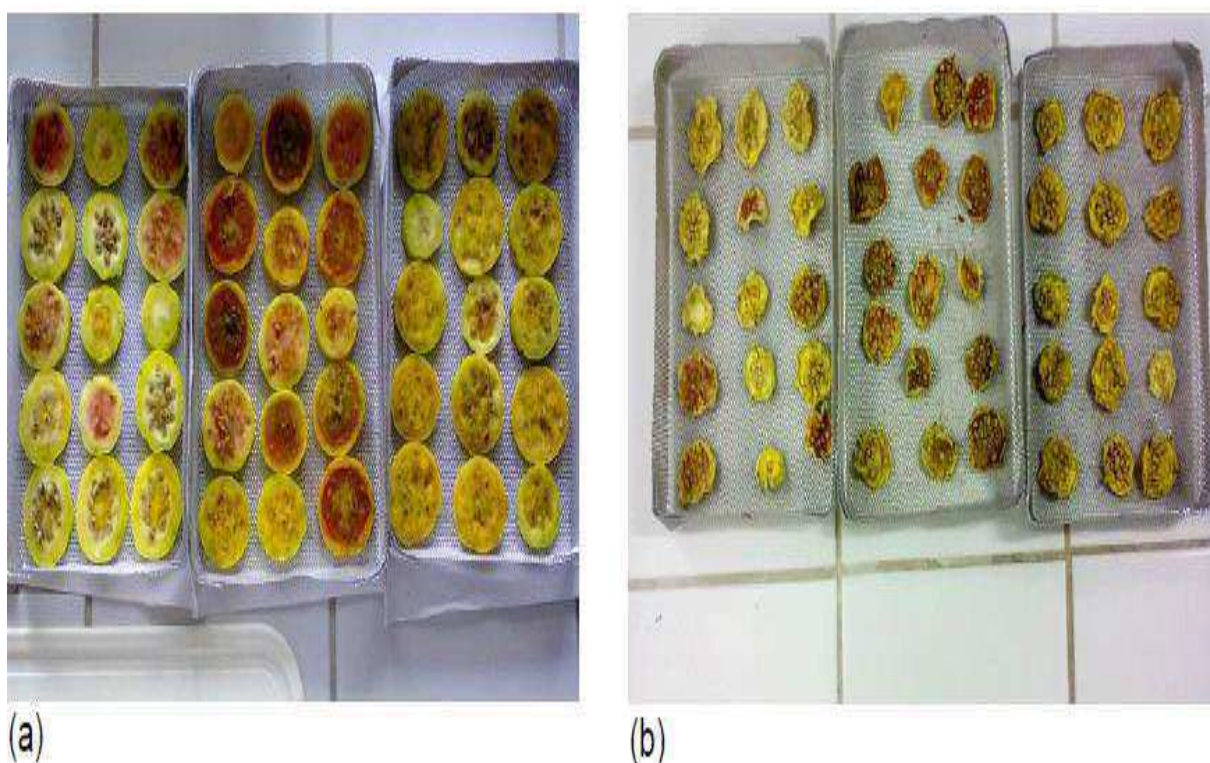
- Umidade (%) estabelecida antes e após a secagem, de acordo com a metodologia descrita por A.O.A.C (2000);
- Cinzas (%) foi obtido pelo método gravimétrico que consiste na incineração do material em mufla a 550 °C, descrito pelo método do IAL (2008);
- Proteína (g/100g) foi obtida segundo o método de Kjeldahl modificado, onde se determina o teor de nitrogênio total. A proteína total foi determinada multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator de 6,25, segundo CECCHI (2003);
- Acidez Total Titulável (g de ácido/100g), por titulometria com NaOH 0,1N, descrito por IAL (2008);
- Açúcares Solúveis Totais (mg/100g), seguindo a metodologia descrita por YEMM e WILLIS (1954), o princípio deste método baseia-se na determinação espectrofotométrica a 620 nm do composto colorido formado pela reação entre a antrona e a glicose proveniente da hidrólise;
- Ácido Ascórbico (Vitamina C) (mg/100g), determinado por IAL (1985);
- pH, analisado pelo método potenciométrico com pHmetro de bancada da marca Tecnopon modelo Mpa 210, que é calibrado através das soluções tampão (pH 4,0 e 7,0) à 20°C, e;
- Sólidos Solúveis Totais (°BRIX), por refratômetro de bancada.

#### 4.2.2.7 Secagem

Após a limpeza, as amostras foram cortadas manualmente em rodela com espessuras diferentes, com auxílio de paquímetro e faca de aço inoxidável, as fatias foram colocadas em bandejas de aço inoxidável, com quantidades de rodela iguais



3x5 (três colunas x cinco linhas) (Figura 8), seguindo o planejamento de experimento descrito nas Tabelas 5 e 6. Foram pesadas em uma balança analítica modelo SHIMADZU AY220, com máximo 500g e mínimo 0,0001g para determinação de peso inicial, as quais seguiram para secagem em estufa com circulação forçada de ar e simultâneo acompanhamento de pesagem.



**Figura 8** - Rodelas do fruto da palma antes da secagem (a); Rodelas do fruto da palma desidratadas (b).

**Fonte:** Própria (2014).

Antes do início da secagem foi determinado o teor de água inicial do fruto de palma. A equação 6 foi utilizada para determinação do teor de água inicial,

$$X_{BU} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \quad (6)$$

Em que:

$P_i$ : peso inicial, em gramas;

$P_f$ : peso final, em gramas.

O teor de água em base seca, foi determinada mediante equação 7.

$$X_{BS} = \frac{X_{BU}}{1 - X_{BU}} \quad (7)$$

Em que:

$X_{BS}$ : teor de água em base seca;

$X_{BU}$ : teor de água em base úmida.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise da Caracterização Física e Físico-química do Fruto da Palma *in Natura*

Os resultados apresentados, na Tabela 6, mostram os dados da caracterização física da fruta da palma (*Opuntia Ficus Indica L. Miller*) *in natura*. Os parâmetros determinados para os frutos foram, as medidas de dimensão e forma e a massa.

**Tabela 6** - Valores médios e desvio padrão de comprimento, diâmetro, perímetro, razão comprimento/diâmetro, massa, volume e densidade dos frutos da palma. Sendo dez amostras avaliadas.

PARÂMETROS	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO
Comprimento (cm)	8,47 ± 0,49
Diâmetro (cm)	5,43 ± 0,12
Perímetro (cm)	17,06 ± 0,39
Comprimento/Diâmetro	1,5627 ± 0,1159
Massa (g)	124,0906 ± 8,6399
Volume (mL)	119,2000 ± 9,1263
Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	1042,7854 ± 54,9843

Os valores de comprimento, diâmetro, massa e densidade são próximos aos valores encontrados por OLIVEIRA, JUNQUEIRA & MASCARENHAS (2011) no estudo na *Opuntia Ficus Indica L. Miller*; e os valores de perímetro, massa, comprimento e diâmetro são semelhantes aos encontrados por OLIVEIRA et. al. (1994) ao estudar o fruto da palma em comparação aos frutos do mandacaru.

A Tabela 7 ilustra os resultados médios e desvio padrão das análises físico-químicas realizadas com o fruto da palma *in natura*.

**Tabela 7** - Características físico-químicas do fruto da palma em base úmida (*Opuntia ficus indica* L. Miller).

PARÂMETROS	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO
Ph	5,4 ± 0,19
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	10,07 ± 0,06
Acidez Total Titulável (g Ácido/100g)	0,06 ± 0,007
SS/ATT	176,50 ± 23,94
Ácido Ascórbico (mg/100g)	4,76 ± 0,89
Proteína (%)	2,22 ± 0,49
Açúcares Totais (mg/100g)	2,76 ± 0,08
Umidade (%)	88,77 ± 1,02
Cinzas (%)	0,64 ± 0,15

Com base nos resultados expostos na Tabela 7, pode ser observado que o fruto palma analisado (*Opuntia Ficus Indica*) apresentou um valor de pH  $5,4 \pm 0,1908$ , este valor se assemelha ao encontrado por BICALHO & PENTEADO (1981; 1982) de 5,33 e 5,3 encontrado por OLIVEIRA et. al (1994). Esses valores mostram que o fruto da palma é um alimento pouco ácido, pois tem pH maior que 4,5, isso se dá ao baixo teor de ácidos orgânicos presentes neste fruto, o valor de pH determina que o fruto da palma está incluso no grande grupo da maioria dos alimentos, são os mais sujeitos a multiplicação microbiana tanto de espécies patogênicas quanto de espécies deteriorantes.

Os Sólidos Solúveis (°BRIX) encontrados foram de  $10,06 \pm 0,0577$ . Esses valores estão abaixo dos encontrados por OLIVEIRA, JUNQUEIRA & MASCARENHAS (2011); mas de acordo com (MANICA, 2002; SEPULVEDA & SAENZ, 1990; SAWAYA et al., 1983; PIMENTA, 1990) está dentro dos valores encontrados cujos autores revelam valores que variam de 10,0 a 17,0%.

Com relação à acidez total titulável (g de ácido/100 g) os valores encontrados foram de  $0,0577 \pm 0,0071$ , valores estes inferiores aos encontrados por COELHO et. al. (2004), MANICA (2002) e semelhante aos encontrados por SEPÚLVEDA e SAEZ (1990) e SILVA JÚNIOR et. al. (2007) que obtiveram 0,059 e 0,056, respectivamente. Embora este valor seja inferior ao encontrado em outras frutas como a goiaba (0,08 g de ácido/ 100g); baixos valores de acidez são desejáveis para frutos destinados ao consumo *in natura* (PAIVA et. al. 1997) *apud* ALVES

(2008); porém frutos com baixa acidez tem menor diluição por consequência menor rendimento na industrialização do suco ANDRADE et. al. (1993) *apud* ALMEIDA et. al. (2013).

A razão SS/ATT encontrada foi de  $176,5046 \pm 23,9457$ , superior ao encontrado por ALMEIDA et. al. (2013), que ao estudar as Características dos frutos de palma gigante da região semiárida do estado da Bahia encontrou valores médios de 162,49, enquanto que essa razão foi inferior ao encontrado por ALVES (2008) com valores de 210 a 297, no estudo da Caracterização e Aspectos Pós-Colheita dos Frutos de *Opuntia Ficus-indica* (L.) Miller oriundos de Arcoverde – Pernambuco. A relação sólidos solúveis/acidez total titulável (SS/ATT), juntamente com o conteúdo de sólidos solúveis é usualmente empregada para avaliar o grau de maturação para colheita, por ser resultado do balanço entre açúcares e ácidos, constitui uma boa expressão para definir o sabor dos frutos.

Em relação ao ácido ascórbico o valor encontrado (mg/100g)  $4,7616 \pm 0,8972$  foi muito abaixo dos valores dos seguintes autores: SUASSUNA (2004) de 30,0 mg/100g, e SAWAYA *et al.*, 1983 (modificado) encontrando 22,00 mg/100g com base no peso fresco na fruta da palma. Tal diferença pode ser explicada pela temperatura do ambiente de colheita e no momento do transporte, pois altas temperaturas causam a degradação do ácido ascórbico.

O valor proteico (%) da fruta da palma analisada  $2,2231 \pm 0,4963$  apresentou-se maior que os valores encontrados por: ASKAR e EL-SAMAHY (1981) 0,8%; PAREDES e ROJO (1973) 0,8%; PIMIENTA (1990) 1,4%; SAWAYA et al. (1983) 0,21%; SEPÚLVEDA e SÁENZ (1990) com 0,82%, esse aumento pode ser causado pelo fato do fruto ter sido analisada com a casca.

O teor de umidade encontrado ( $88,77 \pm 1,0246$  %), esta de acordo com os resultados obtidos por SUASSUNA (2004), SAWAYA et. al., 1983 (MODIFICADO) e CANUTO et. al. (2006), mostrando que o fruto é de fácil deterioração.

Quanto ao teor de cinzas (%), o valor encontrado de  $0,6457 \pm 0,1520$ , revelando que está de acordo com os valores encontrados por: MANICA (2002); SAÉNZ (2000); SEPÚLVIDA e SAÉNZ (1990); SAWAYA et. at. (1983); BICALHO (1981) e PENTEADO (1982); PIMENTA (1990) que encontraram valores variando entre 0,40- 1,0%; o baixo valor de cinzas revela não só a baixa concentração de minerais, mas também a eficiência na remoção das sujidades de terra e transporte.

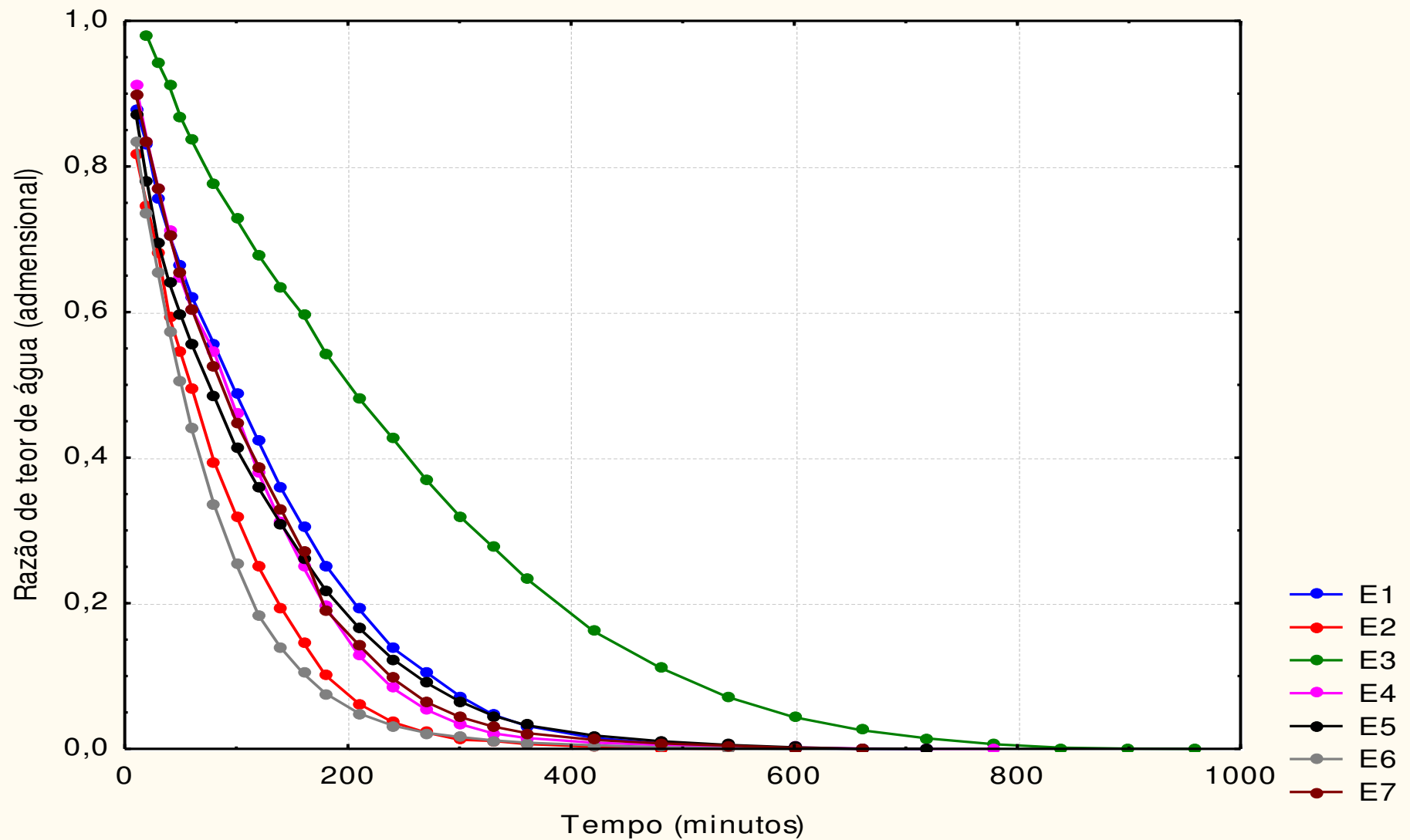


O resultado do teor de açúcares totais (mg/100g) corresponde a  $2,7572 \pm 0,0870$ , e está bem abaixo dos valores encontrados na literatura, cujos autores revelam que variam de 12,8 g/100g SAWAYA et. al. (1983) *apud* ALVES (2008) e 13,42 g/100g MANICA(2002) *apud* ALVES (2008), ao fazerem o estudo da caracterização da fruta da palma inteira. Tais valores podem ser resultado da não completa maturação do fruto.

A caracterização dos aspectos físico-químicos do fruto da palma (Tabela 7), evidência o elevado pH (5,4) e baixa acidez (0,0577%) que associados ao teor de umidade alto (88,77%), aumentam o risco de alterações por microrganismos, uma vez que a faixa de pH entre 5,4 e 7,0 propicia o desenvolvimento de diversas espécies microbianas.

## **5.2 - Cinética de Secagem e Modelagem Matemática**

As curvas de secagem do fruto da palma, para as diferentes temperaturas e espessuras estudadas, conforme citado no planejamento experimental, estão representadas na Figura 9. Os valores apresentados no gráfico estão na forma adimensional de umidade (razão de teor de água) em função do tempo de secagem.



**Figura 9** - Curvas de secagem para as diferentes condições de planejamento experimental. E1: T = 50°C, E = 4mm; E2: T = 70°C, E = 4mm; E3: T = 50°C, E = 6mm; E4: T = 70°C, E = 6mm; E5: T = 60°C, E = 5mm; E6: T = 60°C, E = 5mm; E7: T = 60°C, E = 5mm.

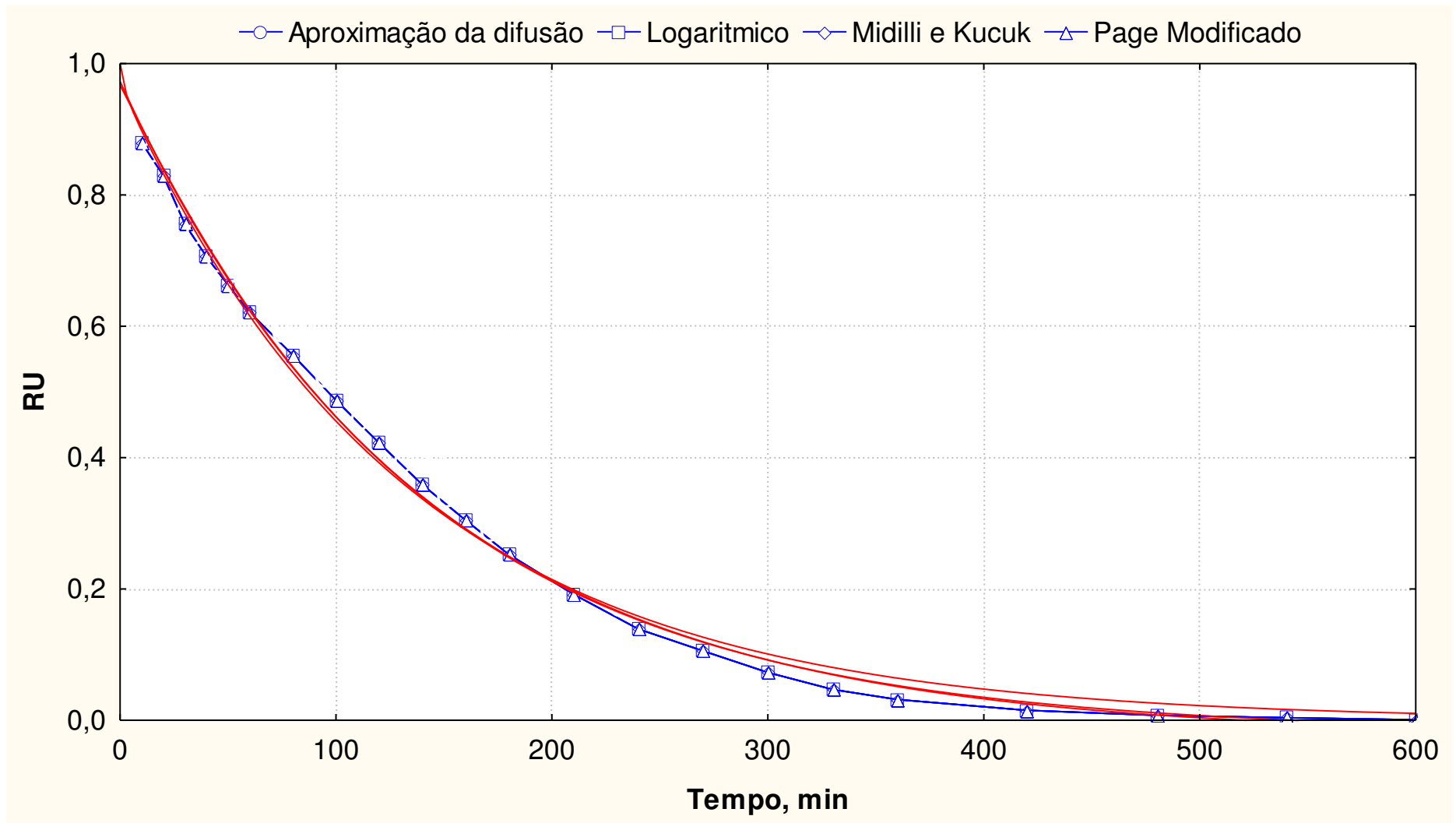
Conforme representado na Figura 9 o processo de secagem foi, em todas as amostras, mais rápido para as espessuras das camadas menores. Observa-se que todas as curvas foram influenciadas pela espessura da camada. Este comportamento também foi observado por MELO et. al. (2013) ao estudarem a cinética de secagem da polpa do fruto de mandacaru, com três diferentes espessuras de camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm).

A partir da Figura 9, analisando a influência da temperatura sobre o tempo de secagem pode-se observar que, para a espessura de 4 mm a variação da temperatura de 50°C para 70°C, reduziu o tempo de secagem de 720 minutos para 540 minutos. Semelhante ao observado por MADUREIRA et. al.(2012) ao estudar a polpa do figo da Índia em camada de espuma, e LIMA et. al.(2007) no estudo da polpa de diferentes partes do facheiro. Com isso pode-se observar correlação entre a temperatura e a velocidade de secagem, onde as maiores velocidades de remoção de água foram apresentadas nas amostras desidratadas para temperaturas maiores, fato normalmente observado em outros produtos agrícolas (BABALIS; BELESSIOTIS, 2004; MOHAPATRA; RAO, 2005; ANDRADE et al., 2006; SACILIK, 2007; COSTA et al., 2011; SANTOS et al., 2013).

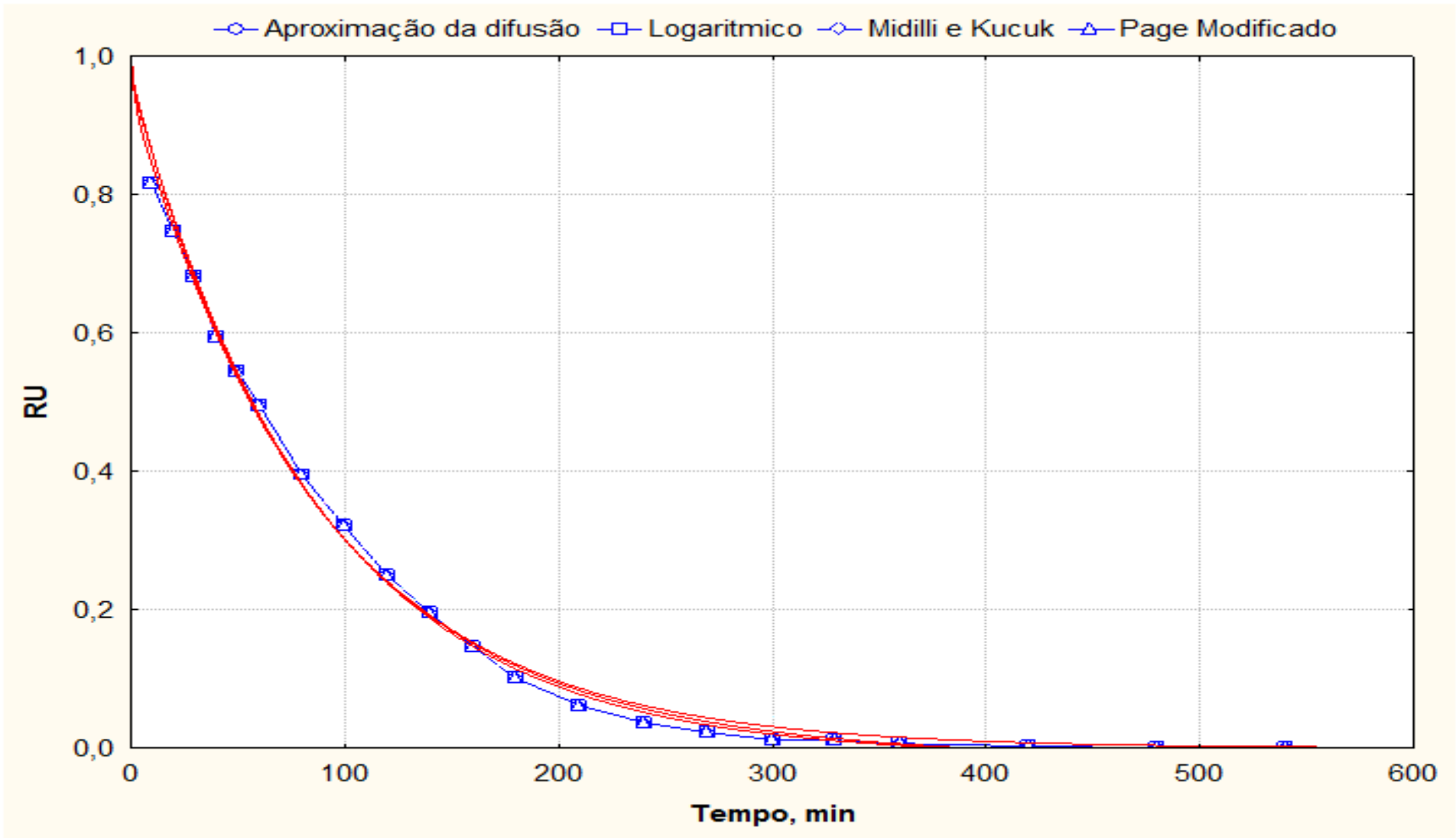
A secagem do fruto da palma ocorre no período de taxa decrescente, o que indica a difusão como mecanismo físico mais provável a governar o movimento da umidade, através da estrutura da amostra.

A ausência do período de secagem à taxa constante pode ter ocorrido por causa da natureza da umidade, pois mesmo havendo umidade superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas), apresentando uma pressão de vapor abaixo da pressão de vapor da água pura, fato também observado em estudos de secagem em camada de espuma de tamarindo (SILVA et. al., 2008).

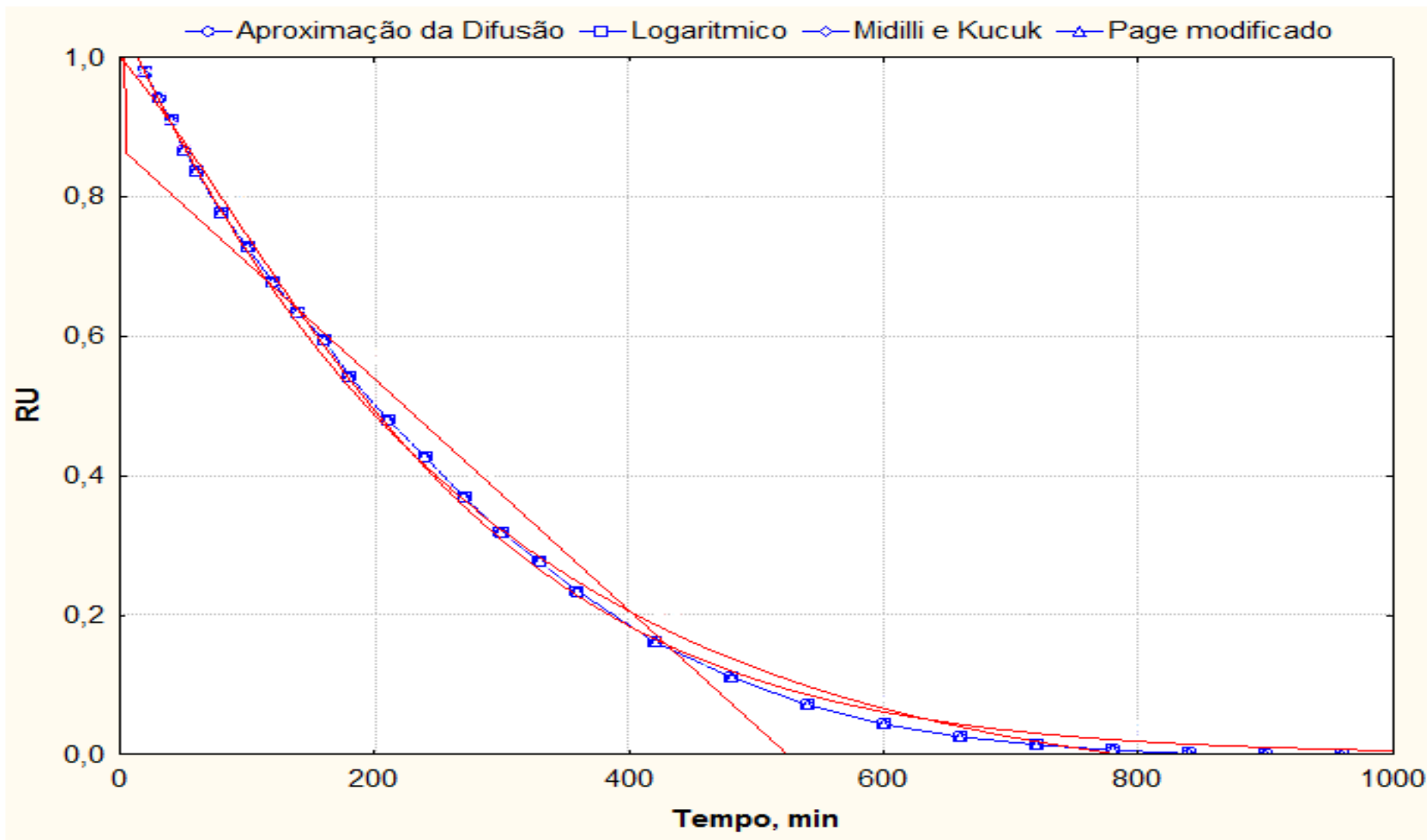
Nas Figuras 10 a 16, estão apresentadas as curvas de secagem do *figo da Índia* nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, confrontados com os modelos da aproximação da difusão, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.



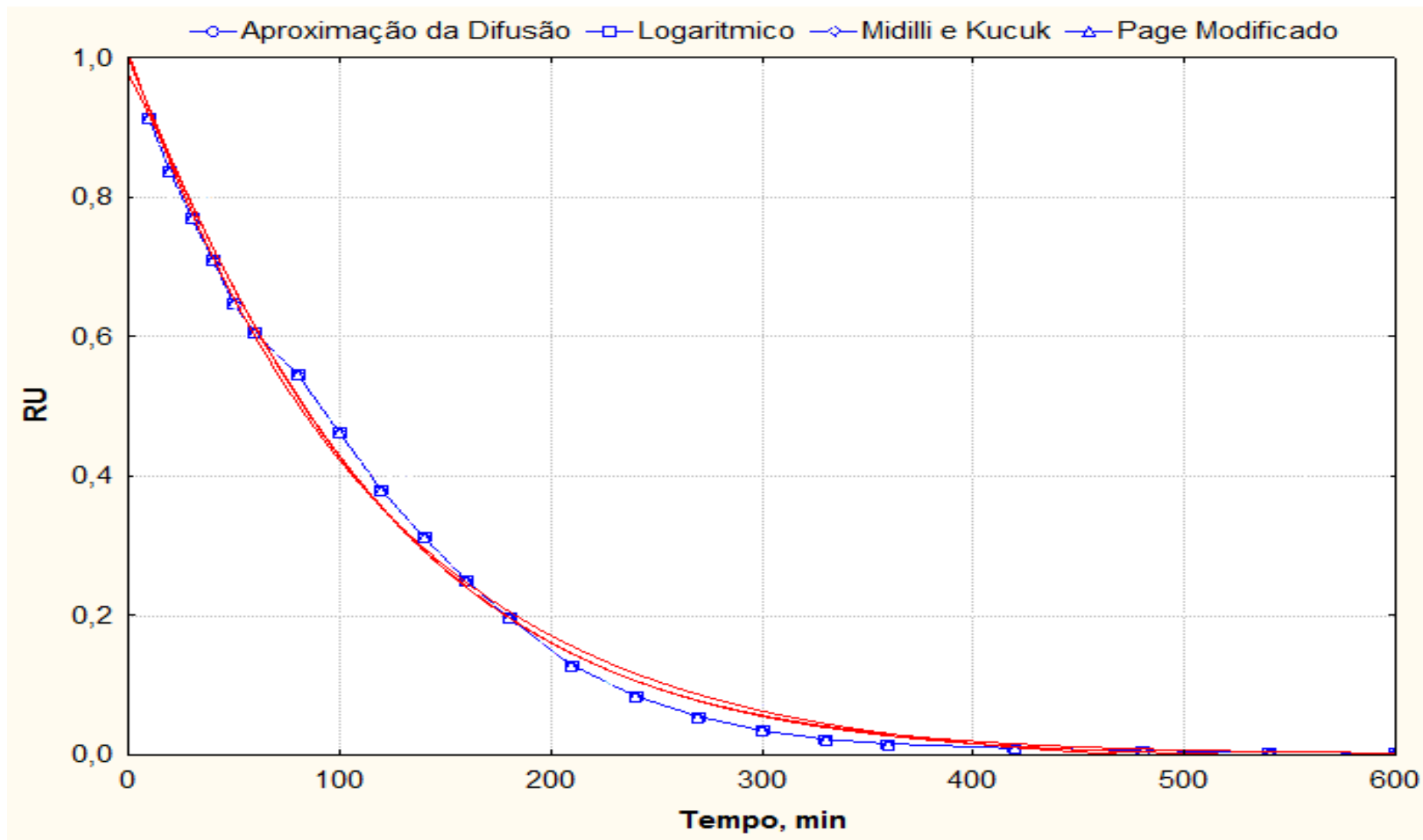
**Figura 10** - Curva de secagem para o ensaio 1 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logaritmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.



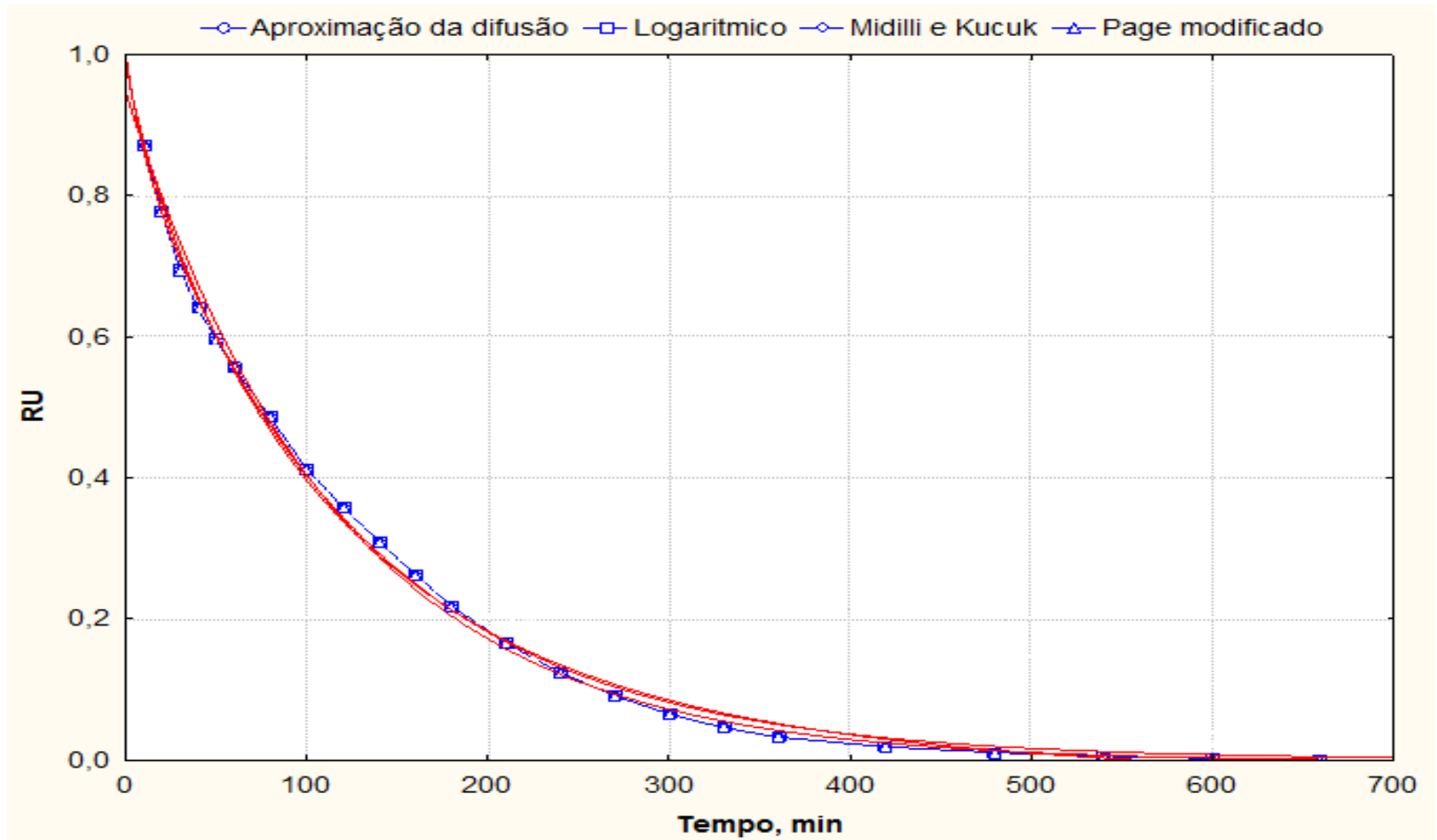
**Figura 11** - Curva de secagem para o ensaio 2 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logaritmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.



**Figura 12** - Curva de secagem para o ensaio 3 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.

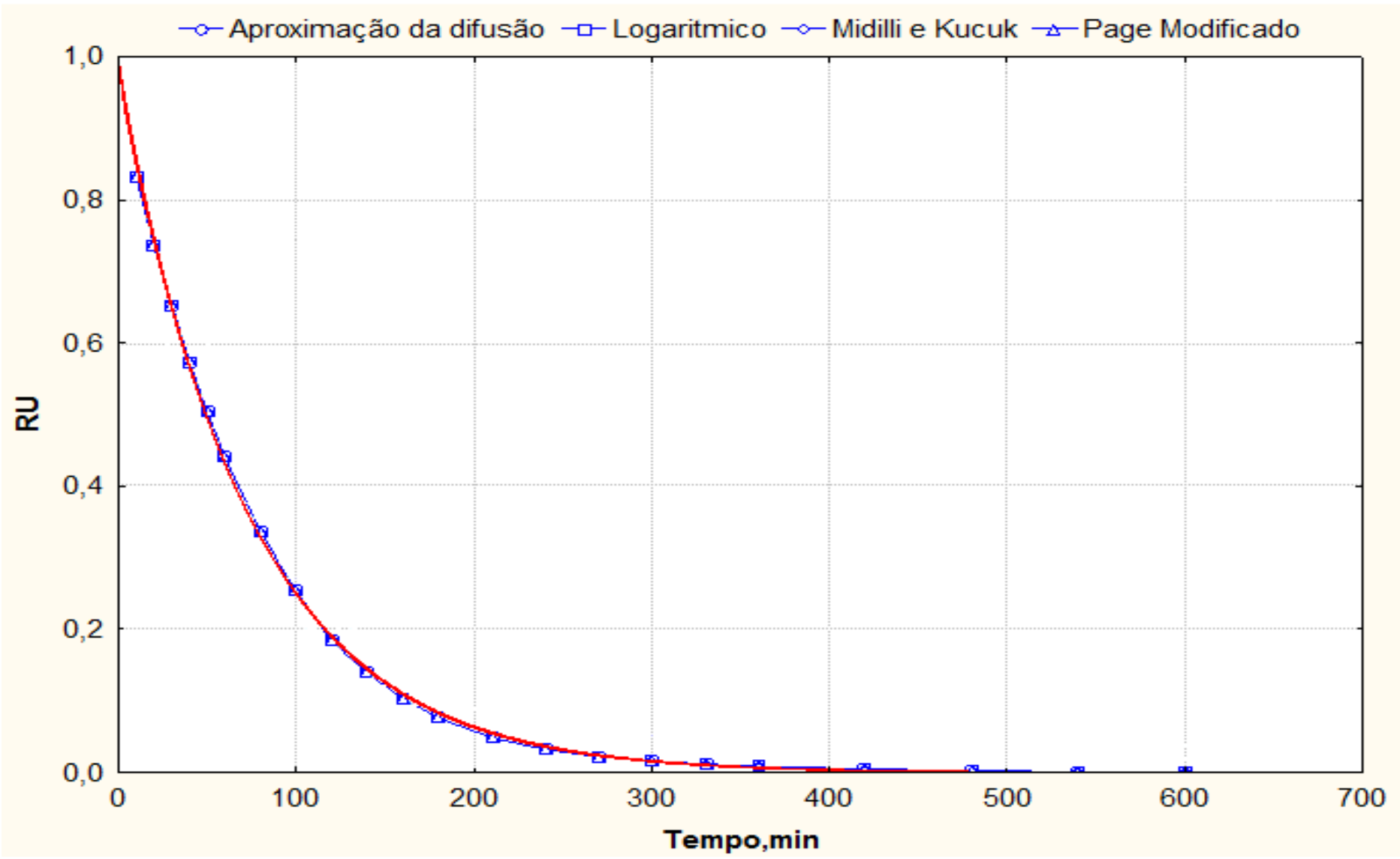


**Figura 13** - Curva de secagem para o ensaio 4 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.

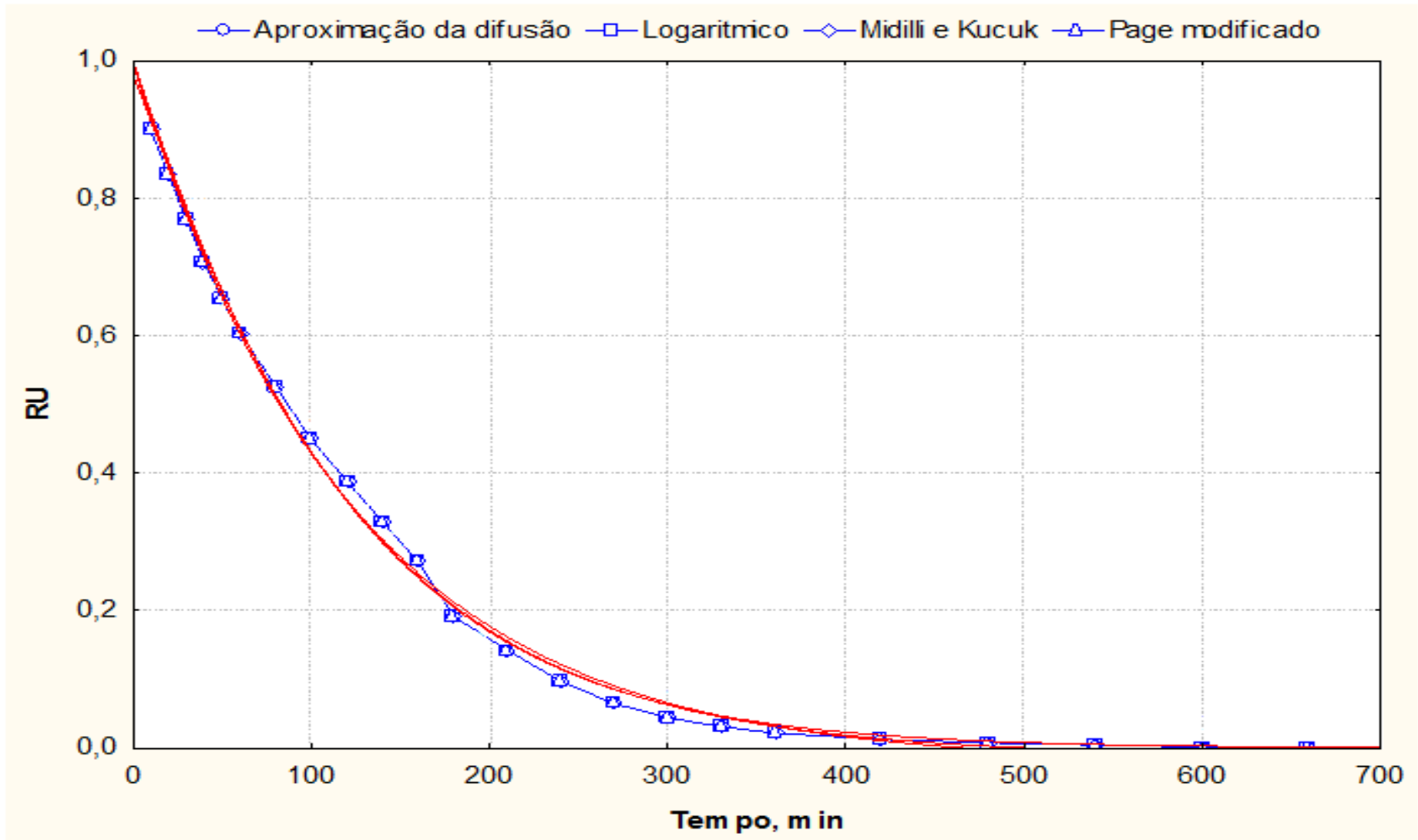


**Figura 14** - Curva de secagem para o ensaio 5 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.





**Figura 15** - Curva de secagem para o ensaio 6 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logarítmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.



**Figura 16** - Curva de secagem para o ensaio 7 do planejamento experimental, confrontados com os modelos da aproximação, logaritmico, Midilli e Kucuk e Page Modificado.

Pode-se observar que todos os modelos ajustam bem os dados experimentais, sendo que para o ensaio 3 há uma grande variação na aproximação, podendo ter sido causado pelo longo tempo da análise e sua possível interferência; assim Logarítmico é o modelo que melhor representa a cinética de secagem do fruto em estudo, tendo em vista sua excelente aproximação em todos os ensaios, podendo ser observado pelas curvas geradas a partir do modelo, verificados, portanto a partir dos coeficientes de determinação e DQM, confirmados pelos dados da Tabela 8.

Na Tabela 8 encontram-se os coeficientes de determinação dos modelos matemáticos de Logarítmico, Aproximação da Difusão, Page Modificado e Midilli, respectivamente, para os ensaios de 1 a 7 do planejamento experimental referenciado na metodologia, obtidos por regressão não linear, estimados utilizando o programa computacional STATISTICA 7.0.

**Tabela 8** - Parâmetros estatísticos, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio (DQM) dos modelos de secagem nas diversas temperaturas.

Modelos	Ensaio	Parâmetros					$R^2\%$	DQM
		A	B	B	K	N		
<b>Logarítmico</b>	1	0,9964	-	-0,0236	0,0072	-	99,70%	0,0175
	2	0,9773	-	-0,0124	0,0113	-	99,69%	0,0173
	3	1,1252	-	-0,0717	0,0035	-	99,77%	0,0173
	4	1,0281	-	-0,0198	0,0084	-	99,64%	0,0200
	5	0,9498	-	-0,0031	0,0085	-	99,59%	0,0196
	6	0,9888	-	-0,0009	0,0138	-	99,92%	0,0089
	7	1,0198	-	-0,0228	0,0081	-	99,73%	0,0170
<b>Aproximação da Difusão</b>	1	0,0319	0,0139	-	0,5414	-	99,64%	0,0182
	2	0,0571	0,0156	-	0,7274	-	99,77%	0,0173
	3	-31,3940	0,9781	-	0,0070	-	99,81%	0,2546
	4	-71,8660	0,9942	-	0,0129	-	99,72%	0,0178
	5	0,1030	0,0774	-	0,1032	-	99,87%	0,0144
	6	0,0300	0,0152	-	0,8887	-	99,95%	0,0088
	7	-31,8077	0,9893	-	0,0120	-	99,74%	0,0166
<b>Page Modificado</b>	1	-	-	-	0,0079	0,9932	99,55%	0,0216
	2	-	-	-	0,0123	0,9528	99,60%	0,0195
	3	-	-	-	0,0000	0,0337	15,93%	0,0197
	4	-	-	-	0,0087	1,0877	99,66%	0,0192
	5	-	-	-	0,0092	0,8794	99,71%	0,0166
	6	-	-	-	0,0140	0,9765	99,91%	0,0090
	7	-	-	-	0,0086	1,0519	99,69%	0,0183
<b>Midilli</b>	1	0,9672	0,0000	-	0,0064	1,0295	99,68%	0,0182
	2	0,9766	0,0000	-	0,0135	0,9676	99,69%	0,0173
	3	1,4428	-0,0017	-	0,5047	0,0000	50,33%	0,2546
	4	0,9752	0,0000	-	0,0045	1,1284	99,71%	0,0178
	5	0,9911	0,0000	-	0,0167	0,8679	99,78%	0,0144
	6	0,9926	0,0000	-	0,0148	0,9851	99,92%	0,0088
	7	0,9782	0,0000	-	0,0057	1,0779	99,74%	0,0166

Dos modelos matemáticos avaliados apresentados na Tabela 8, os de Logarítmico e da Aproximação da Difusão são os que melhores se ajustaram aos dados experimentais. Esses resultados mostram-se semelhantes aos encontrados

por MADUREIRA et. al. (2012), que trabalhando com a desidratação das amostras de polpa do figo-da-índia em estufa de circulação de ar em camada fina verificaram que, os modelos de Lewis, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page se ajustaram bem aos dados experimentais da secagem, podendo ser utilizados na predição das cinéticas de secagem, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, para as concentrações de amido de 20; 25 e 30%. Embora o modelo de Page tenha apresentado os melhores ajustes para o conjunto de condições estudadas. PRATES et. al. (2012), estudando a cinética de secagem de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (fruta-de-lobo), verificaram também que os melhores ajustes matemáticos foram os modelos de Logarítmico e Midilli.

Pode-se observar dos dados da Tabela 8 que o comportamento dos modelos Logarítmico, Aproximação da Difusão e Midilli, a temperatura é referencia para a variação do valor do parâmetro k. Verifica-se que o parâmetro k; que representa a constante da taxa de secagem e segundo CORRÊA et. al. (2007) representa as condições externas de secagem, onde é possível observar seu aumento quando há aumento da temperatura e sua diminuição quando há aumento da espessura; de acordo com GONELI et al. (2009) k tende a aumentar com a elevação da temperatura do ar de secagem.

### **5.3 Efeitos das Variáveis de Temperatura e Espessura sobre os Testes de Açúcar Total e Ácido Ascórbico**

Na Tabela 9 estão apresentadas as médias dos resultados do planejamento experimental obtidas dos testes de ácido ascórbico e açúcar total. A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas (Tabela 9), estabeleceram-se os coeficientes de regressão a 5% de significância para o teste de ácido ascórbico.

**Tabela 9** - Matriz do planejamento experimental e as variáveis de resposta ácido ascórbico e açúcar total.

N° ensaio (tratamento)	Níveis das variáveis independentes codificados e reais		Variáveis de respostas	
	T - Temperatura (°C)	E - Espessura (mm)	Ácido ascórbico (g/100g)	Açúcar Total (mg/100g)
01	(-1) 50	(-1) 4	106,28	33,68
02	(+1) 70	(-1) 4	133,80	44,90
03	(-1) 50	(+1) 6	33,90	49,01
04	(+1) 70	(+1) 6	76,80	46,00
05	( 0 ) 60	( 0 ) 5	75,91	61,92
06	( 0 ) 60	( 0 ) 5	68,90	63,50
07	( 0 ) 60	( 0 ) 5	74,69	59,12

T = temperatura de secagem (°C); E = espessura da camada (mm); ±1 (pontos máximos e mínimos das variáveis independentes); e 0 (zero) ponto central.

A Tabela 10 apresenta-se a análise de variância para o ácido ascórbico.

**Tabela 10** - Análise de variância (ANOVA) do modelo completo da Tabela de regressão ( $p \leq 0,05$ ) para a análise de ácido ascórbico.

Fonte de Variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	F <sub>calculado</sub> ( $p \leq 0,05$ )	F <sub>Tabelado</sub> ( $p \leq 0,05$ )
Regressão	4997,21	1	4997,21	28,51	6,940
Resíduos	876,53	5	175,31		
Falta de Ajuste	848,50	3	282,83	20,18	19,00
Erro Puro	28,03	2	14,02		
Total	5873,74	6	5469,37		

$R^2 = 85,077 \%$

Como o  $F_{\text{calculado}}$  para regressão (95%) é significativo e a porcentagem de variação ( $R^2$ ) explicada pelo modelo foi considerada boa, 85,077%, pode concluir que o modelo se ajustou bem aos dados experimentais. O valor de F obtido pelo

modelo foi 4,107 vezes maior que o  $F_{\text{tabelado}}$  no nível de confiança de 95%. De acordo com RODRIGUES & IEMMA (2009), o modelo pode ser considerado estatisticamente significativo quando o valor de  $F_{\text{calculado}}$  for superior a duas vezes o valor de  $F_{\text{tabelado}}$ , conforme ocorreu neste processo, em que o valor de  $F_{\text{calculado}} / F_{\text{tabelado}}$  para regressão, foi 4,107 e o valor de  $F_{\text{calculado}} / F_{\text{tabelado}}$  para a falta de ajuste foi 1,06, indicando um modelo estatisticamente significativo e preditivo.

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da análise dos efeitos da temperatura e espessura no processo de secagem da fruta palma com ar circulante para o teste de açúcar total a um nível de confiança de 95%.

**Tabela 11** - Estimativa dos efeitos para a variável de resposta açúcar total.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro puro</b>	<b>Teste T</b>	<b>p</b>
Média	48,7212	0,9963	48,9037	0,0004
Temperatura (T)	-6,3337	2,0018	-3,1640	0,0870
Espessura (E)	-2,2237	2,0018	-1,1109	0,3823
T x E	3,1190	2,0106	1,5513	0,2610
$R^2 = 15,601\%$				

Pela análise dos efeitos da Tabela 11 pode-se constatar que as variáveis independentes (temperatura e espessura) não apresentaram efeitos estatisticamente significativos sobre a resposta açúcar total. Observa-se ainda que o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é muito baixo, igual a 15,601%, não podendo desta forma, estabelecer um modelo codificado e a superfície de resposta que represente o comportamento da resposta estudada, pois não seriam confiáveis. Isto sugere que o planejamento experimental deve sofrer uma expansão, ou seja, aumentar o número de ensaios, acrescentando os pontos axiais (-1,41 e +1,41) na matriz do planejamento para se estabelecer modelos codificados estatisticamente significativos.

Pelo teste T aplicado (Tabela 10), o coeficiente de regressão significativo a 95% foi considerado o modelo matemático proposto representado pela Equação 8 em que (AA – ácido ascórbico) em função da temperatura (T) e espessura (E):

$$AA = 80,8854 + 48,5621 \cdot T - 51,3379 \cdot E \quad (8)$$

Observando a superfície de resposta apresentada na Figura 13 concluiu-se que o ácido ascórbico apresentou um efeito de sinal positivo sobre a temperatura, ou seja, aumenta com o aumento da temperatura de secagem. Verifica-se ainda que para as temperaturas estudadas, a tendência é obter maior concentração de vitamina C para as temperaturas maiores, conforme constatado para a temperatura de 70 °C. Dessa forma o menor valor observado para o conteúdo dessa vitamina, na temperatura de 50 °C pode ser atribuído ao maior tempo de exposição do produto ao ar de secagem e à elevada atividade de água e teor de umidade presentes na amostra. Esse mesmo comportamento foi observado por SILVA et al. (2008) ao estudarem a secagem do tomarindo em camada de espuma (foam-mat).

GABAS et al. (2003) relacionaram temperatura e conteúdo de água com a degradação do ácido ascórbico, e constataram que a baixas temperaturas e elevados conteúdos de água a degradação dessa vitamina é mais acentuada. Corroborando com esses resultados pode-se observar na Figura 17, o comportamento negativo da espessura da fruta palma sobre a vitamina C, observa-se que o aumento da espessura, diminui o valor de vitamina C.



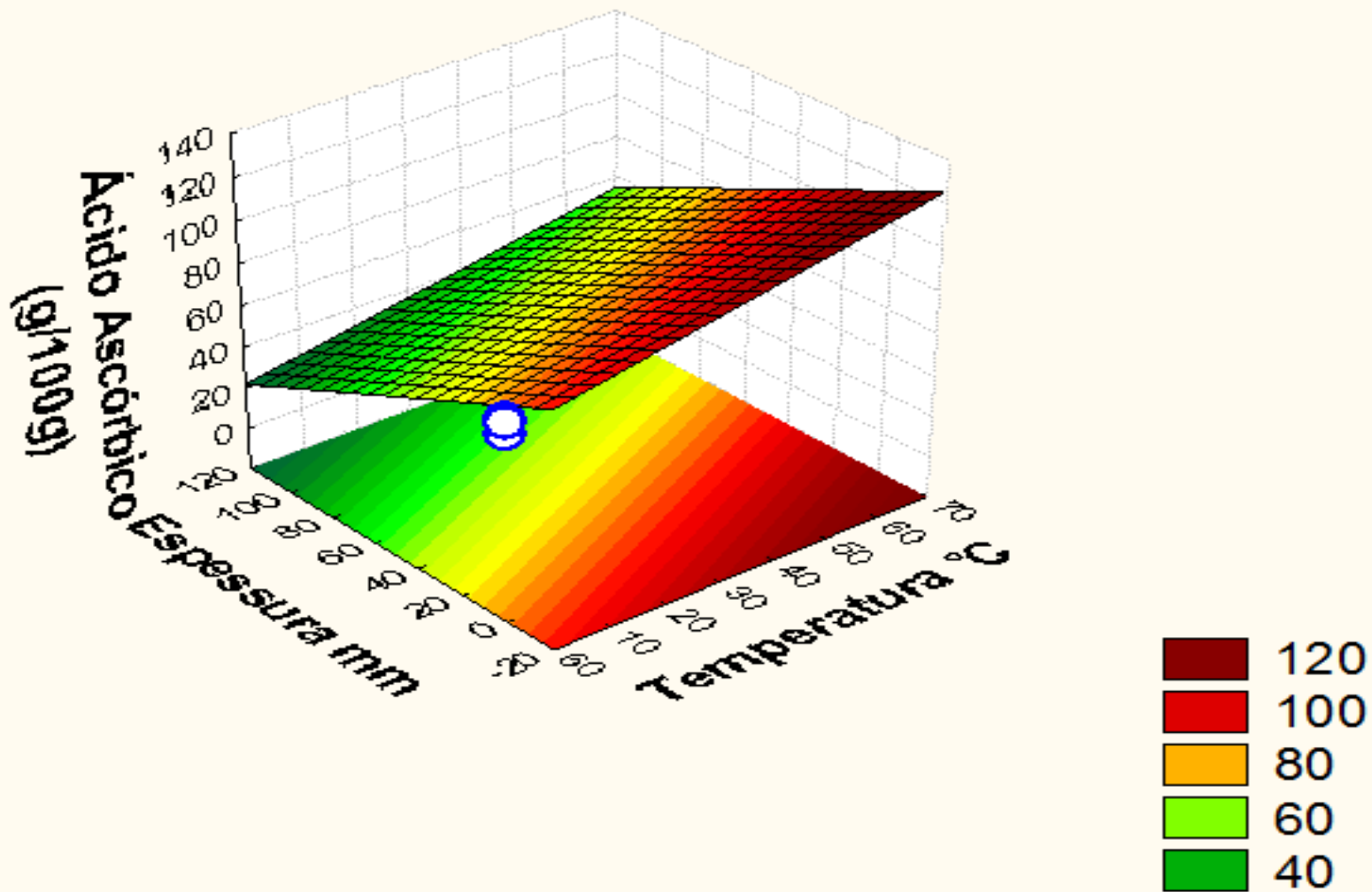


Figura 17 - Superfície de resposta do ácido ascórbico (AA) em função de temperatura (T) e espessura (E).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que:

- A fruta palma in natura quanto aos aspectos físico-químicos evidência elevado pH, baixa acidez, baixo teor de sólidos solúveis totais, baixo, elevada razão de SS/AATT, elevado teor de umidade, baixo teor de açúcares totais, elevado valor proteico e baixo teor de ácido ascórbico;
- O modelo matemático Logarítmico representa satisfatoriamente os dados experimentais para a descrição da cinética de secagem da fruta da palma (*Figo da Índia*), tendo como padrão para referida escolha as suas médias de Coeficiente de Determinação e Desvio Quadrático Médio;
- A melhor combinação de variáveis obtida pelo planejamento fatorial para a secagem em estufa com circulação forçada de ar da fruta da palma foi temperatura de 70°C e espessura da fruta palma de 4 mm;
- A resposta obtida para açúcar total não foi significativa;
- A resposta obtida para ácido ascórbico foi significativa.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- A.O.A.C. **Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis**. 17 ed. Washington, 2000.
- ALMEIDA, Jorge; et. al.; **Características dos frutos de palma gigante da região semiárida do estado da Bahia**, *Magistra, Cruz das Almas-BA*, v. 25, n. 1, p. 73-79, ISSN 2236-4420, 2013.
- ALONSO, J. R. **Tratado de fitomedicamento** – bases clínicas y farmacológicos. Buenos Aires: Isis Ediciones. S. R. L., 1998. 1040 P.
- ALVES, M. A.; **Fruto de palma (opuntia fícus-indica (L.) Miller, cactaceae): morfologia, composição química, fisiologia, índices de colheita e fisiologia pós-colheita**; Rev. 16 Iber. Tecnología Postcosecha Vol 9:16-25p, 2007.
- ALVES, Marta Assunção; **Frutos de Opuntia Ficus-Indica (L.) Miller oriundos de Arcoverde – Pernambuco**, Tese apresentada ao programa de pós graduação da UFPE, 2008.
- ANDRADE, E. T. et al. **Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão**. Engevista, Niterói, v. 8, n. 2, p. 83-95, 2006.
- ASKAR, A. e S.K. EL-SAMAHY, 1981. **Chemical composition of prickly pear fruits**. Dtsch. Lebensm. Rdsch. 77: 279-281pp.
- BABALIS, S.J.; BELESSIOTISs, V.G. **Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs**. Journal of Food Engineering, v.65, n.3, p. 449-458, 2004.
- BICALHO, U. O.; PENTEADO, M. V. C. **Estudo do fruto e do artículo da *Opuntia fícus-indica* (L.) Miller cultivada em Valinhos-SP: I- Características bromatológicas**. Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo. V. 17, n.1, 93-101, jan./jun. 1981.
- BRAGA, R.; **Plantas do Nordeste Especialmente do Ceará.**; 2.ed., 540P. Fortaleza: ESAM, 1960.
- BRAVO, H. H.; **Lás cactáceas de México**; Univers. Nac. Autônoma de México, 1991.

- CANUTO T. M., et. al. **Avaliação da composição físico-química da polpa do fruto da palma, 2006.**
- CHEFTEL, J.C.; **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos.** la ed. Vol. 11. Ed. Acribia, Zaragoza, España; 1983.
- CHITARRA, M. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e Hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2ª Ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- COELHO, R. R. P.; FERREIRA-NETO, C. J.; FIGUÊIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. **Características físicas e físico-químicas do fruto da palma cultivadas na região do Curimataú paraibano.** In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 19, 2004, Recife. Anais Eletrônicos... Recife, 2004. 1 CD-ROM.
- CORRÊA, P. C. et al.; **Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.
- COSTA, L. M. et al. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1089-1096, 2011.
- DAUDIN, J. D.; **Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides;** Sciences des Aliments, Cachan, França, v. 3, p. 1-36, 1983.
- FARIA, R. Q. et al.. **Cinética de secagem de sementes de crambe.** **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 573-583, 2012.
- FONSECA, A. A. O. et al. **Physical and physicalchemical characterization of derivatives of cactus pear fruit (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) of four cities in Bahia.** In. VI International Congress on Cactus pear and Cochineal VI General Meeting of FAOACTUSNET, 2007, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: 2007. 1 CD.
- GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. **Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 23, p. 66-70, 2003. Suplemento.
- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; JÚNIOR, P. C. A.; OLIVEIRA, G. H. H. **Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada.** Revista Brasileira de Armazenamento. v. Especial Café, n. 11, p. 74-80, 2009.

- INGLESE, P., BASILE, F., AND M. SCHIRRA. **Cactus pear fruit production. In Cacti: Biology and Uses**; P.S. Nobel, Ed.; University of California Press: Berkley and LA, CA; London, England, pp 163-183. 2001.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos.** São Paulo: 3a ed. Vol. 1. 1985.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p. 2008.
- LEDERMAN, I. Produção de frutos de palma. In. MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A. e SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** Recife: UFPE, 2005. p. 177-197.
- LEUENBERGER, B. Interpretation and tipification of cactus ficus--indica L. and Opuntia ficus-- indica (L.) Miller (Cactaceae). Taxon., 1991.
- LIMA, E. E.; et. al., **Cinética de secagem de polpa de facheiro**; (Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.9, n.1, p.17-28, 2007 17 ISSN 1517-8595).
- LIMA, E. E.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.. **Cinética de Secagem de Polpa de Facheiro** (Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.9, n.1, p.17-28, 2007 (ISSN 1517-8595).
- LOPES, W.F. **Propagação Assexuada de Cajá (*Spondias mombim* L.) e Cajá-umbu (*Spondias spp*) através de Estacas.** 1997. 40 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia. PB.1997.
- MADUREIRA, I. A.; **Cinética de secagem da polpa do figo-da-Índia**; Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.14, n. Especial, p.525-534, ISSN 1517-8595, 2012.
- MANICA, I.; **Frutas nativas, silvestres e exóticas. 2: técnica de produção e mercado de feijão, figo-da-india, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba.**, 2002. P. 141-245.
- MARTINAZZO, A. P.; et. al.; **Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf)**; Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.12. n.4, 2010.

- MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T. **SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA DA POLPA DO FRUTO DO MANDACARU: EXPERIMENTAÇÃO E AJUSTES DE MODELOS MATEMÁTICOS** (ISSN 0100-316X (impresso) ISSN 1983-2125 (online)) (Universidade Federal Rural do Semi-Árido Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema> (Revista Caatinga, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, abr.-jun., 2013).
- MELO, K. S.; **Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos**; ISSN 1983-2125 (online); UFRSA Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação; Revista Caatinga, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.
- MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. **A thin layer drying model of parboiled wheat.** Journal of Food Engineering, v.66, n.4, p.513-8, 2005.
- MUJAMDAR, A. S.; **Handbook of industrial drying**, 2.ed. New York: Marcel Dekker Inc., 1995.1150p.
- MUÑOS, F. **Plantas medicinas y aromáticas: estudio, cultivo y procesado.** Madrid: Mundi - Prensa, 2002. 365 p.
- OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F.; MASCARENHAS, R. J.; **Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (opuntia fícus indica L. miller) cultivada no sertão do sub-médio São Francisco**; HOLOS, Ano 27, Vol 3; 2011.
- OLIVEIRA, M. R. T., et. al., **Caracterização física e físico-química dos frutos de palma (Opuntia manacantha, How) e mandacará (Cereus peruvianus, Mill)**; Agropecuária Técnica – Areia, vol. 13, nº ½ - 1994.
- OLIVEIRA, M.E.B. et al. **Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 19, n. 3, set./dez., p. 326-332, 1999.
- PARETES, O. e R. ROJO, 1973. **Estudio para el enlatado de jugo de tuna.** Technol. Aliment. 8: 237-240 pp.
- 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, Campinas, SP, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.
- PIMIENTA, B. E. **El nopal tunero.** Univ. de Guadalajara, México., 1990.

- PRATES, M.F.O. et. al; **Cinética de secagem de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (fruta-de-lobo)**; Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.14, n.3, p.514-521, 2012.
- PRATES, M.F.O.; REIS, R.C.; DEVILLA, I.A.; FARIA, R.Q.; LIMA JUNIOR, A.F..**Cinética de secagem de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (fruta-de-lobo)**. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.14, n.3, p.514-521, 2012.
- RODRIGUES, M. I e IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos - uma estratégia sequencial de planejamentos**. São Paulo: Casa do Pão, 2009.
- Russel, C.E. e P. Felker, 1987. **The Prickly Pears (*Opuntia* spp. Cactaceae): a source of human and animal food in semiarid regions**. Econ. Bot. 41: 433-445 pp.
- SACILIK, K. Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 23-30, 2007.
- SÀENZ, C. **Processing Technologies: na alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.)fruits and cladodes**. Journal of arid environments, v. 46, p. 209-225, 2000.
- SANTOS, D. C. et. al. **Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 223-231, 2013.
- SANTOS, G. M. **Caracterização de Frutos de Cajá (*Spondias mombim* L.) e Cajá-umbu (*Spondias* spp.) e Teores de NPK em Folhas e Frutos**. 1996. 68p. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia. PB. 1996.
- SAWAYA, W.N., et. Al.; **Nutritive value of prickly pear seeds, *Opuntia ficus-indica***, Qual. Plant. Foods Hum. Nutr. 33: 91-97 pp, 1983.
- Schmidt-Hebbel, H. e I. Pennacchiotti, 1985. **Tabla de composición química de alimentos chilenos**. 7 ed. Editoreal Universitaria. Santiago, Chile.
- SEBRAE/PB, 2001, **Agroecologia, cultivos e uso da palma forrageira**. Versão em língua Portuguesa. ISBN 85-7333-327-8.
- SEPÚLVEDA, E. e C. SÁENZ; **Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp**. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 30: 551-555 pp; 1990.

- SILVA JÚNIOR, J.J. et al. **Caracterização física e físico-química de figo-da-índia (*Opuntia ficus-indica* Mill) oriundos do município de Ourolândia-BA.** In. I SIMPÓSIO BAIANO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 9., 2007, Cruz das Almas – BA. **Anais...**CD, Cruz das Almas:BA, 2007.
- SILVA, Andréia Souto. **Avaliação da secagem do bagaço de cajá usando planejamento fatorial composto central/** Andréia Souto da Silva, - Natal, RN, 2008. 70f.
- SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; GUIMARÃES, A.C. Estudos dos métodos de secagem. In: SILVA, J.S. **Préprocessamento de produtos agrícolas.** Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p.105-43.
- SILVA, L. R. da; ALVES, R. E. **Caracterização físico-química de frutos de “mandacaru”.** *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 199-205, 2009.
- SUASSUNA, P. **O Projeto Palma no trópico brasileiro.** In: Seminário de Tropicologia. Anais do Seminário de Tropicologia, Recife: 2004.
- VASCONCELOS, J.L.L. A. **DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE FIGO DA ÍNDIA (*Opuntia ficus indica*),** (Recife, 2010). Dissertação.