

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE  
GUEROBA (*Syagrus oleracea*) E AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DA FARINHA**

Autora: Ana Paula Pereira Jorge

Orientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Coorientador: Dr. Osvaldo Resende

**RIO VERDE – GO  
Março- 2019**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE  
GUEROBA (*Syagrus oleracea*) E AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DA FARINHA**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração Tecnologia e Processamento de Alimentos.

Autora: Ana Paula Pereira Jorge  
Orientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira  
Coorientador: Dr. Osvaldo Resende

**RIO VERDE – GO  
Março - 2019**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

JJ82c JORGE, ANA PAULA PEREIRA  
CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE GUERUBA  
(*Syagrus oleracea*) E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA  
FARINHA / ANA PAULA PEREIRA JORGE; orientador DANIEL  
EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA; co-orientador OSVALDO  
RESENDE. -- Rio Verde, 2019.  
67 p.

Dissertação (Mestrado em MESTRADO EM TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2019.

1. Frutos do Cerrado. 2. Conservação. 3.  
Cinética. 4. Desidratação. 5. Resíduos. I. CABRAL DE  
OLIVEIRA, DANIEL EMANUEL, orient. II. RESENDE,  
OSVALDO, co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE  
GUEROBA (*Syagrus oleracea*) E AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DA FARINHA**


Autora: Ana Paula Pereira Jorge  
Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração  
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 22 de março de 2019.

  
Dr.ª Liliã Moreira-Costa  
Avaliadora externa  
Doutora em Ciências Agrárias-  
Agronomia

  
Dr.ª Geovana Rocha Plácido  
Avaliadora interna  
IF Goiano/Rio Verde

  
Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira  
Presidente da banca  
IF Goiano/Iporá

*Ao meu filho Joaquim Antonio, por me dar forças de  
levantar todos os dias e seguir em frente, a minha mãe  
Maria José e minhas irmãs Elisângela e Luciana.*

## AGRADECIMENTOS

Minha presente dissertação de mestrado não poderia chegar ao fim sem o apoio de várias pessoas. Em primeiro lugar, a DEUS por guiar meus passos nessa trajetória... VIDA! E não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho. Muito obrigada, por ter me corrigido quando necessário sem nunca desmotivar, e se vocês estiverem lendo esta página é porque eu consegui. E não foi fácil chegar até aqui. Do começo de tudo desde o processo seleção, passando pela aprovação até a defesa e conclusão do Mestrado, foi um longo caminho percorrido. Nada foi fácil. Só eu sei!

Agradecer aos meus familiares: Meu filho amado Joaquim Antonio, que fez com que minha vida tivesse sentido, faço tudo por você meu amor. A minha mãe, por ter sido meu braço direito em todo esse percurso, desde a espera no estacionamento para minha entrevista, aos dias e noites em que estive no Instituto para concluir tanto as disciplinas quanto as análises e cuidar sempre do meu maior bem.

As minhas irmãs Elisângela e Luciana, por todo apoio e amor que, mesmo à milhas de distância sempre estiveram comigo, mesmo que fosse por vídeo chamada nas noites de laboratório, estavam sempre preocupadas e incentivando a continuar, mesmo com o cansaço.

A Lorena Lima e família, pelo apoio nesta jornada, sou muito grata, que Deus os abençoe.

As minhas amigas e amigos de longa caminhada que torcem com as minhas vitórias, obrigada. As amigas que o mestrado me deu: Estefani, Danielly, obrigada meninas vocês estarão sempre em minhas orações.

Ao pessoal do laboratório de Pós-colheita que me ajudaram com as análises realizadas e ensinamentos.

E no fim:

“ E aprendi que se depende sempre

De tanta, muita, diferente gente

Toda pessoa sempre é as marcas

Das lições diárias de outras tantas pessoas.

É tão bonito quando a gente entende

Que a gente é tanta gente

Onde quer que a gente vá.

É tão bonito quando a gente sente

Que nunca está sozinho

Por mais que pense estar...” (Caminhos do coração – Gonzaguinha).

Meu muito obrigada!

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Ana Paula Pereira Jorge, nascida aos 11 dias do mês de junho de 1979. Filha de Maria José Pereira Jorge e Calil Jorge Filho, natural da cidade de Goiânia, Goiás. Graduada em Engenharia de Alimentos pela Unifeb *campus* Barretos – SP /2004. Em 2011, realizou MBA – Gestão Empresarial pela PUC – GO, docente no curso de Engenharia Agrícola da UEG *campus* Santa Helena de Goiás, desde 2010 e em 2017, ingressou no Mestrado em Tecnologia de Alimentos – *Campus* de Rio Verde-Go, com a linha de pesquisa em Pós-colheita e processamento de grãos e vegetais, sob a orientação do professor Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira e a coorientação do professor Dr. Osvaldo Resende.



## ÍNDICE

CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE GUEROBA ( <i>Syagrus oleracea</i> ) E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FARINHA.....	i
LISTA DE TABELAS .....	11
ÍNDICE DE FIGURAS .....	13
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES .....	xiv
RESUMO GERAL .....	17
ABSTRACT .....	19
1.INTRODUÇÃO .....	21
1.1.REVISÃO DA LITERATURA.....	22
1.1.1 Gueroba do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> ).....	22
1.1.2.Secagem .....	25
1.1.3 Liofilização.....	27
1.2 REFERÊNCIAS .....	28
2.OBJETIVOS.....	31
2.1. Objetivo Geral .....	31
2.2. Objetivos Específicos .....	31
CAPÍTULO I CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE GUEROBA ( <i>Syagrus oleracea</i> ) .....	32
1.1. INTRODUÇÃO .....	34
1.2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
1.4 CONCLUSÃO .....	45
1.5. REFERÊNCIAS .....	46
CAPÍTULO II. PROPRIEDADES FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA FARINHA PRODUZIDAS A PARTIR DA POLPA DE GUEROBA .....	49
1.1 INTRODUÇÃO .....	51

1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	52
1.2.1. Elaboração da farinha.....	52
1.2.2. Determinação de cor.....	53
1.2.3. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	54
1.2.4 Cinzas (resíduo mineral fixo).....	54
1.2.5. Lipídeos.....	54
1.2.6. Atividade antioxidante Ensaio com DPPH .....	55
1.2.7. Fenólicos totais.....	56
1.2.8. Atividade antioxidante Ensaio com ABTS .....	56
1.2.9. Formação de espuma.....	57
1.2.10. Índices de absorção (IA) e Índices de solubilidade (IS).....	59
1.2.11. Análise estatística .....	60
1.3 .RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	60
1.4 CONCLUSÃO .....	66
1.5. REFERÊNCIAS .....	66
CONCLUSÃO GERAL .....	70

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I. CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE GUEROBA (*Syagrus oleracea*)

**Tabela 1** - Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos agrícolas.....35

**Tabela 2.** Parâmetros estatísticos para os modelos de secagem da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) .....39

**Tabela 3.** Valores para o teste de *Qui*-quadrado ( $\chi^2$ , decimal) durante a secagem do epicarpo de gueroba (*Syagrus oleracea*) em diferentes temperaturas.....41

**Tabela 4.** Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC) para os modelos que melhor se ajustaram aos dados da secagem do epicarpo de gueroba (*Syagrus oleracea*) em diferentes temperaturas.....41

**Tabela 5** - Parâmetros do modelo Midilli ajustados para as diferentes condições de secagem da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) em diferentes temperaturas.....42

### CAPÍTULO II. PROPRIEDADES FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS PRODUZIDA A PARTIR DA POLPA DOS FRUTOS DE GUEROBA (*Syagrus oleracea*)

**Tabela 1.** Informações sobre os tratamentos para a produção das farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) desidratado sobre diferentes condições.....53

**Tabela 2.** Coordenadas de L, a\* e b\*, ângulo hue, croma da farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*).....59

**Tabela 3.** Potencial Hidrogeniônico (pH), acidez titulável, sólidos solúveis (SS) e massa específica aparente (MEA) da farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*).....61

**Tabela 4.** Índice de absorção em água (IAA), índice de absorção em leite (IAL), índice de absorção em óleo (IAO), índice de solubilidade em água (ISA), e índice de solubilidade em leite (ISL) da farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*).....62

**Tabela 5.** Atividade emulsificante (AE), estabilidade da emulsão (EE), capacidade espumante (CE), estabilidade da espuma (EEsp) das farinhas da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*).....63

**Tabela 6.** Lipídios, Cinzas e Proteínas da farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*), expressos em ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ).....64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - <i>Syagrus oleracea</i> , Gueroba.....	21
<b>Figura 2</b> – Teor de água da polpa de gueroba ( <i>Syagrus oleracea</i> ) durante o período de secagem em diferentes temperaturas.	
<b>Figura 3</b> - Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo do Midilli para a secagem da polpa de gueroba ( <i>Syagrus oleracea</i> ) durante o período de secagem em diferentes temperaturas.	
<b>Figura 4</b> - Coeficiente de difusão efetivo obtido para a secagem da polpa dos frutos de gueroba ( <i>Syagrus oleracea</i> ) em temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C.....	43
<b>Figura 5</b> - Representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo em função da temperatura do ar de secagem, obtido durante a secagem da polpa dos frutos de gueroba.....	44

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<b>Símbolo</b>	<b>Sigla</b>
A	Massa do cadinho vazio
a*	Cromaticidade do verde (-80) a vermelho (+100);
A <sup>1%</sup>	Coefficiente de extinção para uma mistura de solventes (2550)
AE	Atividade emulsificante (%);
AACC	American Association for Clinical Chemistry
AAT	Atividade antioxidante total (%)
Abs	Absorbância
ABTS	Ácido 2,2'-azino-di- (3- etilbenzotiazolina sulfônico
AlCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	Cloreto de alumínio hexahidratado
Anvisa	Agência nacional de vigilância sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AT	Acidez titulável
B	Massa do cadinho com amostra após secagem
b*	Cromaticidade do azul (-50) ao amarelo (+70)
b.s.	Base seca
BHT	Butylated hydroxytoluene
C	Cinzas
C*	Chroma, saturação da cor
Ca	Cálcio
CEi	Camada emulsificada inicial, expressa em MI
CER	Camada emulsificada remanescente, expressa em mL

CFE	Capacidade de formação de espuma
CHO <sub>t</sub>	Carboidratos totais
CIE	<i>Comission Internationale de l'Eclairage</i> (Comissão internacional de iluminação)
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
DCV	Doença cardiovascular
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
EE	Estabilidade da emulsão (%)
Em	Endocarpo
Ep	Epicarpo
EP	Equivalentes de pirocatequina
F	Fator de correção da solução de hidróxido de sódio
FTIR	Espectroscopia de infravermelho de transformação de Fourier
G	Gramma
GAE	Ácido Gálico equivalente
H	Horas
h°	Hue, tonalidade ou matiz cromática (°)
H <sup>+</sup>	Íon hidrogênio
HDL	Lipoproteína de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFGoiano	Instituto Federal Goiano
K	Potássio
K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Persulfato de potássio
KBr	Brometo de potássio
Kcal	Quilocalorias
L	Lipídeos
L*	Luminosidade do preto (0) ao branco (+100)
LDL-c	Colesterol ou lipoproteína de baixa densidade
M	Metro
M	Massa de lipídios
m'	Massa da matéria seca
Ma	Massa de água;

MA	Massa da amostra
me	Mesocarpo
mg	Miligrama
Mg	Magnésio
mm	Milímetro
Mms	Massa da matéria seca
Mn	Manganês
N	Normalidade
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato de sódio
NaNO <sub>2</sub>	Nitrito de sódio
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
Não HDL-c	Colesterol não HDL
NH <sub>3</sub>	Amônia
Nm	Nanômetro
°Brix	Grau Brix (escala numérica de índice de refração)
°C	Grau Celsius
P	Fósforo
PA	Para análise
PB	Proteína bruta
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
Rpm	Rotações por minuto
SS	Sólidos solúveis
TE	Equivalente de trolox
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid
UV-Visível	Ultravioleta visível
V	Volume
VB	mL gastos do titulante da prova branco
VL	ml gastos do titulante
V <sub>i</sub>	Volume inicial
V <sub>f</sub>	Volume final
V <sub>r</sub>	Volume da espuma após repouso
X	Teor de água
Zn	Zinco
μL	Microlitro



## RESUMO GERAL

JORGE, ANA PAULA PEREIRA. Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde –GO, fevereiro de 2019. **Cinética de Secagem da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) e avaliação da qualidade da farinha.** Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Coorientador: Osvaldo Resende.

Este estudo vem abordar o tema de secagem da polpa dos frutos de gueroba. A *Syagrus oleracea* (Martius) Beccari. (Gueroba) é uma palmeira típica do Cerrado pertencente à família Arecaceae (Palmae). Em Goiás, possui sinonímia de gueroba ou guariroba, já em outras regiões do país é popularmente conhecida como guarirova, jaguaroba, palmito amargoso, catolé, coqueiro amargoso entre outros, sendo que o óleo da polpa pode ser usado em dietas alimentares, pois é rico em ácidos graxos insaturados, principalmente o linoleico e o oleico, e o óleo da amêndoa indicado para fins industriais, possui propriedades cosméticas e medicinais por possuir ácidos graxos saturados, principalmente o ácido graxo laurico. O presente trabalho objetivou-se determinar a cinética de secagem da polpa da gueroba para diferentes condições de temperaturas (40, 50, 60 e 70°C em estufa com circulação forçada) e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, bem como, obter valores em função do teor de água de equilíbrio do produto o teor de água pelo método gravimétrico  $0,125 \pm 0,024$  base seca (b.s), nas quais foram avaliadas a composição centesimal, o aumento da temperatura de secagem promoveu aumento do coeficiente de difusão efetivo, a energia de ativação do processo foi de 18,343

$\text{kJ mol}^{-1}$ , em que os dados experimentados foram ajustados por meio de dois modelos matemáticos com a finalidade de se obter os parâmetros desses modelos e escolher aquele que melhor representasse na curva de secagem. A escolha do melhor ajuste se deu em função do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do desvio médio relativo (P). De acordo como os resultados obtidos pode-se concluir que: modelos de Midilli e Logarítmico foram os que obtiveram melhores ajuste as condições de secagem, ambos foram submetidos aos Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC) a fim de escolher um dos modelos para prever a curva de secagem do epicarpo de gueroaba, em diferentes condições. Realizou-se análises físico químicas com a determinação de proteína pelo método **Kjeldhal**, cinzas, por incineração **em mufla**, lipídios em aparelho **Soxhlet**, o pH utilizando pHgâmetro digital, em que p obteve valores entre 6,11 e 6,22, sólidos solúveis totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) com auxílio de refratômetro, granulometria e cor, teores de minerais, compostos fenólicos totais, os índices de absorção (água, leite e óleo) e índices de solubilidade (água e leite), atividade emulsificante, estabilidade da emulsão e estabilidade da espuma. Neste estudo, essas variáveis que afetam a questão da qualidade da textura, cor e sabor, não apresentaram diferenças. Supõe-se que os resultados encontrados têm relação com questão da fisiologia do fruto, maturação e armazenamento e atividade de microrganismo que são questões que afetam as características investigadas.

**Palavras-chave:** Frutos do Cerrado, Conservação, Cinética.

## ABSTRACT

JORGE, ANA PAULA PEREIRA. Goiano Federal Institute - Rio Verde Campus -GO, February, 2019. Drying Kinetics of fruit pulp (*Syagrus oleracea*) and flour quality evaluation. Advisor: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Co-advisor: Osvaldo Resende.

This study evaluated the drying of Gueroba fruits pulp. *Syagrus oleracea* (Martius) Beccari. (Gueroba) is a typical Cerrado palm tree belonging to the family Arecaceae (Palmae). In Goiás, it has synonymy of gueroba or guariroba, already in other regions of the country is popularly known as guarirova, jaguaroba, bitter palmetto, catolé, bitter coconut among others, being the pulp oil used in diets because it is rich in unsaturated fatty acids, mainly linoleic and oleic, and the almond oil indicated for industrial purposes, because it has cosmetic and medicinal properties as well as saturated fatty acids, mainly lauric fatty acid. The objective of this work was to determine the drying kinetics of the gueroba pulp in different temperature conditions (40, 50, 60 and 70 ° C in a forced circulation oven) and to adjust different mathematical models to the experimental data, as well as to obtain values in accordance with the equilibrium water content of the product. The water content was evaluated by the gravimetric method  $0.125 \pm 0.024$  dry basis (bs), determining the centesimal composition. The drying temperature increase promoted an increase of the effective diffusion coefficient. The activation energy of the process was 18.343 kJ mol<sup>-1</sup>, where the data tested were adjusted by means of two mathematical models in order to obtain the models parameters and choose the one that are best represented in the drying curve. The best fit choice was determined by the coefficient of determination (R<sup>2</sup>) and the relative mean deviation (P). According to the obtained results, it can be concluded that: the Midilli and Logarítmic models were the

ones that obtained better adjustment of the drying conditions, both were submitted to the Akaike Information Criterion (AIC) and Schwarz Bayesian Information Criterion (BIC) in order to choose one of the models to predict the drying curve of the gueroaba epicarp under different conditions. Physicochemical analyzes were carried out being protein by Kjeldhal method, ash by muffle incineration, lipids in Soxhlet apparatus, pH using digital pH, where Ph obtained values were between 6.11 and 6.22, total soluble solids ( ° Brix) with refractometer, grain size and color, mineral content, total phenolic compounds, absorption indexes (water, milk and oil) and solubility index (water and milk), emulsifying activity, emulsion stability and foam. In this study, these variables that affect the texture quality, color and taste did not present differences. It is assumed that the results found are related to the fruit physiology, maturation and storage and microorganism activity that are issues that affect the characteristics investigated in this study.

Key words: Cerrado Fruits, Conservation, Kinetics.

## 1. INTRODUÇÃO

A biodiversificação da fauna e da flora que caracteriza o Cerrado que é considerado um dos maiores biomas do Brasil, ocupando cerca de 24% do território nacional (ISPN, 2013). A *Syagrus oleracea* (Martius) Beccari. (gueroba) é uma palmeira típica do Cerrado pertencente à família Arecaceae. No Brasil, a gueroba é produzida tradicionalmente em pequenas e médias propriedades, gerando renda em razão do valor socioeconômico, pela a apreciação na culinária regional (COIMBRA, 2010), além da perspectiva do potencial de utilização do óleo na área industrial (DIAS; LAUREANO & MING, 2014). O cultivo na região do cerrado brasileiro, é oportuno, uma vez que esse bioma apresenta características favoráveis sendo uma prática sustentável que promove a agrobiodiversidade no Cerrado (ISPN,2013).

Em Goiás possui sinonímia de gueiroba ou guariroba, já em outras regiões do país é popularmente conhecida como guarirova, jaguaroba, palmito amargoso, catolé, coqueiro amargoso. É uma planta que pode chegar a 20 metros de altura, apresenta frutos elipsoides, tipo drupa, de coloração verde-amarelada e lisos com mesocarpo espesso, carnoso, fibroso e adocicado (LORENZI, 2010)

O ponto ideal de colheita dos frutos de gueroba depende das características fisiológicas da planta e do manejo pós-colheita. Frutos climatéricos, amadurecem após a colheita, e continuam os processos de maturação, pois, apresentam a produção de etileno (AMARANTES & MEGGUER, 2008). Podem ser colhidos ainda verdes e armazenados sob refrigeração para retardar o amadurecimento e manter a conservação da qualidade. As formas de armazenamento em baixas temperaturas, a produção de etileno ou aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ou diminuição da concentração de O<sub>2</sub> no ambiente podem diminuir a produção de etileno e evitar o pico de respiração climatérica, aumentando o período de conservação dos frutos (SANTELLI, 2005).

Apesar do grande potencial, há poucas pesquisas sobre a qualidade do fruto de gueroba em função do tempo, temperatura, estágio de maturação e armazenamento, tornando um entrave para a produção em maiores escalas. Estas etapas são muito importantes para a definição da qualidade e rendimento. Informações a respeito de formas adequadas de armazenagem pós-colheita dos frutos são escassas, e contribui

para perdas quantitativas e qualitativas, visto que, há carência de estudos sobre os frutos das palmeiras brasileira quanto à respiração e à evolução de etileno e ao seu comportamento em ambientes de armazenamento (SANTELLI, 2005). Portanto, é importante estudar os efeitos na qualidade dos frutos nos aspectos relacionados ao armazenamento verificando se há diferença na qualidade e no grau de maturação. Além da necessidade de avaliar os métodos de armazenamento para se propor melhorias no processo produtivo e, conseqüentemente, viabilizar o transporte e a produção de óleo de qualidade em larga escala (ALMEIDA, 2014). O fruto da gueroba tem a forma de um ovo ou ainda “o fruto é mais comprido que redondo”. O fruto é uma drupa (ALMEIDA et al., 2000; NASCENTE et al., 2000), e possui a forma descrita como elipsoide (LORENZI et al., 2004; BATISTA, 2009); ovalada (SANTELLI et al., 2006); e ovoide (ALMEIDA et al., 2000).

Entre os métodos de conservação de alimentos está a secagem, com intuito de reduzir a deterioração, perda do valor nutricional e comercial do produto (SOARES et al., 2001). De acordo com Fellows (2006), o objetivo da secagem é prolongar a vida de prateleira dos alimentos por meio da redução da atividade de água, promovendo a inibição do crescimento microbiano. No entanto, a temperatura de processamento costuma ser insuficiente para provocar a inativação da atividade enzimática.

A redução no peso e no volume do alimento desidratado diminui os custos de transporte e armazenamento. Para alguns alimentos, a desidratação oferece um produto conveniente para o consumidor ou ingredientes facilmente manuseados para os processadores de alimentos (FELLOWS, 2006). A secagem é um processo de conservação muito utilizado, mas que pode provocar alterações na composição nutricional dos produtos. Já o processo de liofilização permite maior conservação da qualidade nutricional do produto de origem (LIU et al 2012)

## **1.1. REVISÃO DA LITERATURA**

### **1.1.1. Gueroba do Cerrado (*Syagrus oleracea*)**

*Syagrus oleracea* Becc. É uma espécie monocotiledônea da família Arecaceae (Palmae) e possui como sinônimos: *Cocos oleracea* Mart., *Cocos oleracea* var. *platyphylla* Drude, *Syagrus oleracea* var. *platyphylla* (Drude) Becc., *Syagrus gomesii* Glassman (DINIZ; SÁ, 1995; LORENZI et al., 2004).

O cultivo de *Syagrus oleracea* tem papel relevante no contexto agrícola, econômico e de preservação do meio ambiente em algumas regiões do Estado de Goiás (AGUIAR e ALMEIDA, 2000). É possível a extração do palmito utilizado na alimentação humana e consumido *in natura*, óleo e farinha de coco, além de folhas e cocos para alimentação animal (ISPN, 2013). A oferta de plantas oriundas do extrativismo, vem se reduzindo por causa da expansão da fronteira agrícola em áreas de vegetação nativa e a exploração predatória, por outro lado, o número de produtores em escala comercial aumenta (AGUIAR & ALMEIDA, 2000).

Fonte de matéria-prima, os frutos das palmeiras nativas, servem para a obtenção de óleo. A qualidade do óleo é imprescindível para os padrões de comercialização. O mercado de óleos vegetais vem aumentando (BARBOSA, 2011), principalmente por óleos com diferentes características e aplicabilidades (COIMBRA, 2010). A composição do fruto e do óleo, podem ser influenciados por diversos fatores, entre eles o estágio de maturação, condições climáticas, manuseio durante e pós-colheita, armazenamento e processamento, conduzindo a rápida deterioração da qualidade dos frutos e, conseqüentemente, do seu óleo (COIMBRA, 2010).

Lorenzi et al. (2004) cita que os frutos medem de 4 a 5,5 cm de comprimento; Santelli (2006) relata 6,0 a 7,0 cm de comprimento; Nozaki (2012) descreve o diâmetro longitudinal médio dos frutos inteiros de  $4,09 \pm 0,30$  cm e o diâmetro transversal de  $3,69 \pm 0,39$  cm; e Batista (2009) descreve o comprimento de  $4,39 \pm 0,47$  cm e diâmetro médio de  $2,52 \pm 0,22$  cm.

O número de frutos por kg foi verificado por vários autores, sendo que Lorenzi et al. (2004) encontraram aproximadamente 70 diásporos. Nascente et al. (2000) observaram a variação de 19 a 62 sementes  $\text{Kg}^{-1}$  para 120 progênies estudadas no estado de Goiás; Abreu (1997) encontrou de 38 a 42 sementes  $\text{Kg}^{-1}$  e Batista (2009) verificou 77 sementes  $\text{Kg}^{-1}$ . Esta variação pode ser explicada porque os autores avaliaram matrizes de diferentes procedências, e segundo Batista (2009), os fatores genéticos, condições climáticas em que se desenvolve a planta, estágio de maturação dos frutos, teor de água dos diásporos, entre outros fatores podem interferir na quantidade de sementes  $\text{Kg}^{-1}$ . O fruto é constituído por quatro partes: epicarpo (casca); mesocarpo (polpa); endocarpo (caroço) e semente (amêndoa) (ALMEIDA et al., 2000; BATISTA, 2009). O fruto maduro e inteiro, segundo Nozaki (2012) pesou em média  $34,95 \pm 3,83$  g, sendo a sua massa (g) distribuída em: casca (8,90 %); polpa (50,96 %); endocarpo (36,33 %) e amêndoa (3,80 %). Já Almeida et al. (2000) verificaram que o fruto maduro recém-caído do cacho conforme a figura 2 pesa

em média 40,0 g, sendo este peso representado por: 5,0 g de casca; 18,0 g de polpa; 13,0 g de caroço e 4,0 g de amêndoa; portanto, a polpa representa 45% e a amêndoa 10%, ou seja, as partes comestíveis equivalem a mais de 50 % do fruto, valor que os autores consideraram elevado. Em observações de campo, os cocos maduros e com polpa, recém-caídos do cacho, provenientes de 10 diferentes propriedades rurais, pesaram em média  $32,25 \pm 4,56$  g. A cor dos cocos quando não estão maduros é verde, quando maduros podem apresentar as cores verde, verde-amarelado ou amarelo e quando secos apresentam a cor parda. Almeida et al. (2000) relatam que os frutos jovens possuem cor verde e quando maduros possuem cor verde-amarelado (ALMEIDA et al., 2000; LORENZI et al., 2004; SANTELLI et al., 2006).

A amêndoa é considerada “arredondada”, branca, macia e de sabor doce. Santelli et al. (2006) e Nascente et al. (2000) descrevem a amêndoa como sólida, dura, branca, oleaginosa, comestível e de sabor agradável, sendo que cada fruto apresenta somente uma amêndoa. Para Garcia et al. (1979), a amêndoa é ovalada, internamente oca, medindo externamente de 2,0 a 3,0 cm de comprimento por 1,0 a 1,5 cm de largura; e com espaço interno de 0,7 a 1,0 cm de comprimento por 0,3 a 0,6 cm de espessura. Nozaki (2012) encontrou os diâmetros médios longitudinais e transversais das amêndoas de  $1,87 \pm 0,28$  cm e  $1,12 \pm 0,17$  cm, respectivamente. Os cocos começam a madurar no mês de maio e caem do cacho nos meses de julho a janeiro. Porém, os cocos caem com maior intensidade entre os meses de setembro e novembro. Almeida et al. (2000) citam que os cocos caem dos cachos de agosto a janeiro e com maior intensidade de novembro a dezembro.



**Figura 1:** Cachos de frutos de guerobera (*Syagrus oleracea*).

**Fonte:** Arquivo Pessoal



### 1.1.2. Secagem

A secagem ou desidratação de alimentos consiste na remoção parcial da água por evaporação, utilizando condições controladas de calor, sendo que o principal objetivo deste processo é aumentar a vida de prateleira de produtos alimentícios com a diminuição da atividade de água (FELLOWS, 2006).

Os fenômenos de transferência de calor, remoção de água e alterações de dimensões, cor, sabor, resistência mecânica, envolvidos em uma operação de secagem são complexos. Com a diminuição da atividade de água do alimento é reduzido também o crescimento dos microrganismos e a atividade enzimática, explicando o fato da secagem ser utilizada como processo de conservação (MARTINAZZO et al., 2007).

Degradação e oxidação de nutrientes são alterações comuns que acontecem durante a secagem por expor o alimento em altas temperaturas (TONON, 2006). Estudos envolvendo o processo de secagem em diferentes equipamentos têm objetivado o conhecimento de condições que provoquem menor alteração ao alimento (FELLOWS, 2006).

Segundo Celestino (2010) a secagem apesar de permitir algumas perdas nutricionais dos alimentos; ainda apresenta muitas vantagens, tais como, redução das perdas pós-colheita, aumento da vida de prateleira, baixo custo de processamento e armazenamento, facilidade no transporte e concentração dos nutrientes pelo fato da redução ou eliminação do teor de água.

O processo de secagem pode provocar alterações físicas, estruturais, químicas, organolépticas e nutricionais que refletem diretamente na qualidade aceitabilidade e o valor nutricional do alimento, as alterações podem afetar atributos de qualidade como textura, cor e sabor (CHEN et al., 2016; JIHÉNE et al, 2013).

As alterações químicas que possivelmente são desencadeadas pelo processo de secagem envolvem a inibição ou aceleração da atividade enzimática, reações de Maillard, oxidação de cor ou vitamina e desnaturação da membrana celular. O escurecimento dos alimentos submetidos ao aquecimento ou armazenamento ocorre em razão da reação de Maillard e pela ação enzimática das polifenoloxiredutase (DAMODARAN et al., 2010; RIBEIRO & SERAVALLI, 2007).

Um dos fatores que afeta a reação de Maillard é a temperatura, esta reação ocorre principalmente em temperaturas superiores a 70°C, o incremento de cada 10°C na temperatura provoca o aumento de 2 a 3 vezes na velocidade de escurecimento de

determinado produto. No entanto, deve-se levar em considerações outros fatores que influenciam esta reação tais como, pH, atividade de água, tipo de açúcar redutor, presença de catalizadores e tempo da secagem (DAMODARAN et al., 2010; RIBEIRO & SERAVALLI, 2007).

Esta reação química que ocorre entre açúcar redutores, principalmente D-glicose e um grupo amina primário, geralmente, proveniente da cadeia lateral de uma molécula de proteína, o produto final desta reação é denominado melanoidinas, um polímero insaturado, cuja a cor se intensifica de acordo com o aumento do peso molecular deste pigmento, variando de marrom-claro a preto (DAMODARAN et al., 2010; RIBEIRO & SERAVALLI, 2007).

O conhecimento das alterações que a secagem induz na composição química do alimento, principalmente sobre os nutrientes de interesse para especificidade de aplicação do material, pode auxiliar na escolha do melhor método de secagem (MICHALSKA et al., 2017). Desta forma, é importante avaliar o efeito da secagem sobre as propriedades físicas, químicas, nutricionais e funcionais dos alimentos.

Desenvolvimento de novos produtos ocorre com a elaboração de alimentos utilizando frutos do Cerrado que pode ser uma alternativa para se ampliar o consumo e a comercialização destes frutos. (OZORES; STORCK; FOGAÇA, 2015).

Farinha é o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos. De acordo com a Legislação Brasileira, farinha é o produto obtido da moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer processos tecnológicos adequados. As características físicas, químicas, enzimáticas, tecnológicas funcionais e sensoriais são utilizadas para determinar a qualidade das farinhas, estes fatores são relevantes para o processamento, planejamento, e comercialização de produtos. A partir da determinação da composição centesimal é possível classificar o produto em relação aos padrões de qualidade e identidade (ANVISA, 1978; BOEN et al., 2007; BORGES et al., 2011).

Os resíduos de frutos como o epicarpo e sementes, podem apresentar maior valor nutricional do que as respectivas polpas. O processamento de resíduos de frutos em forma de farinha reduz o volume, pela retirada de água livre pelo processo de secagem ou de liofilização, provocando redução das reações químicas e microbiológicas, produzindo desta forma um alimento seguro para consumo humano (SOQUETTA et al., 2016).

Na indústria de alimentos o processo de secagem demonstra viabilidade por ser de baixo custo e gerar um produto final de qualidade, além de ser relativamente rápido. A

secagem tem sido utilizada para diversos produtos, inclusive alimentos pastosos (BAG et., 2011).

A industrialização de alimentos vem permitindo que produtos sofram transformações para facilitar seu consumo, existindo a preocupação com a qualidade sensorial e nutricional. Para tanto são estudadas e utilizadas operações adequadas para a preparação da matéria-prima, dentre elas a redução de tamanho (PAREDA et al., 2005).

Os compostos fenólicos, a biodisponibilidade dos compostos fenólicos, concentrações de ácido fenólico e a atividades antioxidantes apresentaram valores maiores nas amostras submetidas à secagem em estufa na temperatura de 60°C comparativamente a amostras de farinha de fruto de gueroba liofilizadas.

### **1.1.3. Liofilização**

A liofilização é definida como sendo um processo de estabilização, no qual a substância é primeiramente congelada e, depois, a quantidade de solvente é reduzida por sublimação seguida da dessorção, com o objetivo de garantir que não há apoio para o crescimento biológico ou reações químicas (MNERIE & DUMITRU 2010).

O termo chave da definição de liofilização está na estabilização do produto (um processo de estabilização é aquele em que o relógio cinético natural de uma substância não foi muito alterado). O processo tem por objetivo estabilizar produtos (diminuição da atividade de água), por meio de uma série de operações em que o material é submetido durante o processamento: congelamento, sublimação, secagem a vácuo e armazenagem do produto. É o mais nobre processo conhecido de conservação de produtos biológicos, porque reúne os dois métodos mais viáveis de conservação, a congelação e a desidratação (RAMÍREZ-NAVAS, 2010).

O processo de liofilização permite a estabilidade do produto, evitando as reações químicas e biológicas que o degradam, isso porque a matéria é congelada e posteriormente a água presente é reduzida, ocorrendo a sublimação e em seguida a dessorção (MARQUES, 2008).

O processo de liofilização é aplicável na indústria de alimentos por preservar características nutricionais do produto e permitir que seja facilmente reidratado com aspectos semelhantes ao natural, pelo fato de utilizar baixas temperaturas.

Dentre os métodos de desidratação de alimentos a liofilização é o considerada melhor, porém é uma técnica cara (CELESTINO et al. 2010; VIEIRA et al., 2012).

Terroni et al. (2013) relatam que a liofilização é empregada principalmente em

alimentos com elevada qualidade e principalmente para frutos do Cerrado que são utilizados principalmente no preparo de sucos naturais, saborizadores e aromatizantes naturais de bebidas, em cápsulas ou barras vegetais, em iogurtes, bolos e sorvetes.

## 1.2 REFERÊNCIAS

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.
- AGÊNCIA NACIONAL DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Farinhas**. Resolução CNNPA n. 12. Diário Oficial da União, 1978. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12\\_78\\_farinhas.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78_farinhas.htm)>. Acesso em: 15/04/2017.
- ALBUQUERQUE, V. S.; SIQUEIRA-BATISTA, R.; TANJI, S.; MOÇO, E. T.-S. M. Currículos disciplinares na área de saúde: ensaio sobre saber e poder. **Interface - Comunicação, Saúde e Educação**, Botucatu, v. 13, n. 31, p. 261-272, 2009.
- ANSELMO, G.C.S.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.; ARRUDA, P.C.; SOUSA, M.C. Determinação da higroscopicidade do gueroba em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.
- ASSIS M.M.M., MAIA G.A., FIGUEIREDO E.A.T., FIGUEIREDO R.W.,.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. Arlington, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C. 17th ed., 2000.
- BOSCO, J.; SOARES, K.T; FILHO, S.P.A.; BARROS, R.V. **A cultura da gueroba**. João Pessoa: EMEPA-PB. Documentos, 28, 2000.
- BORGES, J.T. da S.; PIROZI, M.R; PAULA, C.D. de RAMOS, D.L.; CHAVES BORGES J.B.P. Caracterização físico – química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 29, n. 1, p. 83-96, 2011.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. 1 ed. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2010.
- FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. 2ª

Edição. Porto Alegre. Artmed, 2006.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. 11.ed. São Paulo: Nobel, 446 p, 1985.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008, 4ª ed. 1002p.

JIHÉNE, L.; AMIRA, T.; SABER, C.; FETHI, Z. Impact of Infra-red drying temperature on total phenolic and flavonoid contents, on antioxidant and antibacterial activities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, v. 6, n. 5, p. 38-46, 2013.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2008.

MARTINAZZO, A.P.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; MELO, E.C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n.3, p.301-306, 2007.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1973 (Agriculture Handbook, 74).

MNERIE, DUMITRU- LYOPHILIZATION. Czech Republic: Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích Czech Republic, April - May 2010, págs. 4,5, 21, 22.

MONTEIRO J.C.S. Processamento e estabilidade de geléia de caju. **Revista de Ciência e Agronomia**, v. 38, n. 1, p. 46-51, 2007.

ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E. Caracterización fisicoquímica de harina de residuos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae) obtenida por secado convectivo. **Transformación y Agroindustria**, v. 18, n. 3, p. 599-613, 2017.

OZORES, B.; STORCK, C. R.; FOGAÇA, A. de O. ACEITABILIDADE E CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE BOLO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE MARACUJÁ. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências da Saúde*, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 61-69, 2015.

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUÉZ, M. I. C.; ALVARÉZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. de F.; PERALES, L. de la H. CORTECERO, M. D. S. *Tecnología de Alimentos.*, v. 1, Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

RAMÍREZ-NAVAS, J. S. **Liofilización de Alimentos**, Universidad del Valle, 2010

RIBAS, A.I.;CÁNOVAS, G.V.B.; GARZA, S.G.; AÑÓ, V.G. **Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria**. Zaragoza (Espanha); Acribia, 2000. 292 p.

RODÍGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. Carotenóides e valor nutritivo de vitamina A em gueroba (*Spondias lutea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.9, n.2, p

148162, 1989.

SILVA, A.S. **Avaliação da secagem do bagaço de gueroaba usando planejamento fatorial composto central**. 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SOQUETTA, M. B; STEFANELLO, F. S; HUERTA, K. da M; MONTEIRO, S. S; ROSA, C. S. da; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, v. 199, n. 1, p. 471–478, 2016.

TONON, R.V.; BARONI, A.F.; HUBINGER, M.D. Study of osmotic dehydration of tomato in ternary solutions through response surface methodology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, 2006.

TERRONI, H. C.; JESUS, J. M.; ARTUZO, L. T.; VENTURA, L. V.; SANTOS, R. F.; DAMY-BENEDETTI, P. C. Liofilização. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, p. 271-284, 2013.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a cinética de secagem dos frutos em diferentes temperaturas de (40, 50, 60 e 70°C) e da polpa dos frutos de gueroba para produção de farinha e analisar a qualidade nutricional do produto comparando com a liofilização.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar a cinética de secagem.
- Produzir farinha da polpa dos frutos de gueroba submetidos à secagem em temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C e liofilizado;
- Realizar a caracterização das farinhas avaliando sua composição centesimal: proteína, cinzas, fibras, lipídeos, pH, acidez, sólidos solúveis, granulometria.
- Avaliação da atividade antioxidante, compostos fenólicos.
- Verificar a coloração das farinhas por reflectometria a partir das leituras de L\* (luminosidade), a\* e b\* (parâmetros de Hunter) e croma (Cr).
- Avaliar as características tecnológicas funcionais das farinhas, tais como índices de absorção em água, leite e óleo, índices de solubilidade em água e leite, atividade emulsificante, estabilidade da emulsão.

## CAPÍTULO I

### CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DOS FRUTOS DE GUEROBA (*Syagrus oleracea*)

**RESUMO:** O fruto de gueroba (*Syagrus oleracea*), possui propriedades cosméticas e medicinais, com potencial para o desenvolvimento de novos produtos oriundos da sociobiodiversidade do Cerrado. Objetivou-se, ajustar aos dados experimentais diferentes modelos matemáticos, utilizando alguns critérios para selecionar o melhor modelo e endossando esta decisão a partir do Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC), bem como avaliar o coeficiente de difusão efetivo e determinar a energia de ativação para a polpa de gueroba (*Syagrus oleracea*) submetidos as diferentes condições de secagem. O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais, a polpa dos frutos de gueroba com teor de água inicial 2,40 ( b.s.) Foram submetidos a secagem em temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C até teor de água final  $0,125 \pm 0,024$  (b.s), respectivamente. O modelo de Midilli apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais obtidos. A escolha do modelo foi confirmada pelos critérios de AIC e BIC. O aumento da temperatura de secagem promoveu aumento do coeficiente de difusão efetivo, a energia de ativação do processo foi de  $18.343 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**Palavras-chave:** Modelagem matemática, AIC, BIC, Midilli.



**ABSTRACT** -The gueroba (*Syagrus oleracea*) fruit, has cosmetic and medicinal properties, with potential for the development of new products from the Cerrado sociobiodiversity. The objective of this study was to fit the experimental data in different mathematical models, using some criteria to select the best model and endorsing this decision from the Akaike Information Criterion (AIC) and Schwarz Bayesian Information Criterion (BIC), as well as to evaluate and to determine the activation energy for gueroba pulp (*Syagrus oleracea*) submitted to different drying conditions. The experiment was carried out at the Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology in the Post-Harvest Laboratory of Vegetable Products. The fruit pulp with initial water content of 2.40 (bs) were submitted to drying at temperatures of 40, 50, 60 and 70°C up to final water content of  $0.125 \pm 0.024$  (bs), respectively. The Midilli model presented the best fit to the experimental data obtained. The model choice was confirmed by the AIC and BIC criteria. The increase of drying temperature promoted increase of the effective diffusion coefficient and the process activation energy was 18.343 kJ mol<sup>-1</sup>.

**Key words:** Mathematical modeling, AIC, BIC, Midilli.

## 1.1. INTRODUÇÃO

A *Syagrus oleracea* (Martius) Beccari. (gueroba) é uma palmeira típica do Cerrado pertencente à família Arecaceae. Em Goiás possui sinonímia de gueroba ou guariroba, já em outras regiões do país é popularmente conhecida como guarirova, jaguaroba, palmito amargoso, catolé, coqueiro amargoso. É uma planta que pode chegar a 20 metros de altura, apresenta frutos elipsoides, tipo drupa, de coloração verde-amarelada e lisos com mesocarpo espesso, carnoso, fibroso e adocicado (LORENZI, 2004).

A gueroba produz cachos o ano inteiro sendo que em meados de setembro a outubro a produção da safra é maior. Durante a safra, os cachos apresentam diferentes fases de desenvolvimento, desde cachos com flores até cachos maduros (ISPN, 2013) influenciando na variabilidade quanto ao ponto de colheita (NASCENTE, 2003). O período entre a frutificação do cacho e o amadurecimento dos cocos é entorno de 4 a 6 meses, sendo formados de 4 a 8 cachos de cocos por ano, com produção variável, contendo aproximadamente 217 cocos em um cacho de tamanho médio (ISPN, 2013).

A secagem é um processo de conservação muito utilizado, que pode provocar alterações na composição nutricional dos produtos. O processo de secagem é de suma importância na tecnologia, pois permite que a produção de produtos alimentícios de alta qualidade, sendo que permite a preservação das propriedades físicas e químicas e reduz o teor de água a níveis seguros de armazenamento, que desta forma o produto pode ser utilizado em épocas que não tem a produção do fruto (RESENDE et al., 2018).

Porém, para garantir a tomada de decisão na escolha de modelos matemáticos que melhor se ajustem ao processo de secagem da polpa dos frutos podem ser adotados parâmetros mais criteriosos, como os Critérios de Informação Akaike (AIC) e Critérios de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC).

Objetivou-se ajustar dados experimentais aos diferentes modelos matemáticos, utilizando alguns critérios para selecionar o melhor modelo e endossando esta decisão a partir do AIC e BIC, bem como avaliar o coeficiente de difusão efetivo e determinar a energia de ativação para a polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) submetido a diferentes temperaturas de secagem.

## 3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os frutos de guerobera foram coletados na localidade da zona rural do município de Piracanjuba - Goiás, com Latitude: 17° 17' 47" Sul, Longitude: 49° 0' 38" Oeste, e em quantidade suficiente para a demanda dos experimentos. Os frutos foram colhidos, e encaminhados para o Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais no Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde. Foram selecionados e despulpados manualmente, retirando o mesocarpo com o epicarpo que se apresentava teor de água inicial de 2,40 (b.s). O epicarpo com mesocarpo, juntos, foram submetidos à secagem em estufa com ventilação de ar forçada em quatro condições de temperatura, 40, 50, 60 e 70°C, que promoveram teor de água final de 0,125±0,024 (b.s). Os teores de água do produto foram determinados em estufa a 105°C, até massa constante.

Para a obtenção do equilíbrio higroscópico da polpa dos frutos foram utilizadas três repetições contendo 0,500g, mantidas nas condições de secagem apontadas anteriormente e pesadas, periodicamente, até a massa permanecer constante. As razões de teor de água do produto foram determinadas pela expressão:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

Em que:

RX: razão de teor de água, adimensional;

X: teor de água do produto (b.s);

X<sub>i</sub>: teor de água inicial do produto (b.s);

X<sub>e</sub>: teor de água de equilíbrio do produto (b.s);

Na representação da secagem da polpa de guerobera foram utilizados os modelos matemáticos conforme descritos na Tabela 1, comumente utilizados para produtos agrícolas.

**Tabela 1** - Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos agrícolas.

Designação do modelo	Modelo	
$RX = 1 + a t + b t^2$	Wang e Singh	(2)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a)\exp(-k_1 \cdot t)$	Verma	(3)

$RX = \exp\left(\frac{\left(-a - \left(a^2 + 4 \cdot b \cdot t\right)^{0,5}\right)}{2 \cdot b}\right)$	Thompson	(4)
$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	Page	(5)
$RX = \exp(-k \cdot t)$	Newton	(6)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli	(7)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Logarítmico	(8)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis	(9)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \exp(-k \cdot a \cdot t)$	Exponencial de Dois Termos	(10)
$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	Dois Termos	(11)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	Aproximação da Difusão	(12)

---

Em que:

t: tempo de secagem, h;

k, k<sub>0</sub> e k<sub>1</sub>: constantes de secagem, h<sup>-1</sup>;

a, b, c e n: coeficientes dos modelos;

RX: razão de teor de água, adimensional.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem, foi realizado análise de regressão não linear, pelo método Gauss-Newton. Sendo adotado como critério para as aproximações iniciais dos coeficientes dos modelos os valores relatados na literatura para a modelagem de outros produtos agrícolas.

Para determinar o grau de ajuste para cada temperatura de secagem, inicialmente foi considerada a significância dos coeficientes de regressão pelo teste t, adotando o nível de 5% de significância, a magnitude do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), os valores do erro médio relativo (P) e do erro médio estimado (SE), o teste de *Qui*-quadrado (χ<sup>2</sup>) ao nível de significância de 5% e o intervalo de confiança a 95 % (p<0,05).

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (13)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (14)$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(Y - \hat{Y})^2}{GLR} \quad (15)$$

Em que:

Y: valor observado experimentalmente;

$\hat{Y}$ : valor estimado pelo modelo;

N: número de observações experimentais; e

GLR: graus de liberdade do modelo (número de observações experimentais menos o número de parâmetros do modelo).

Para um único modelo matemático que melhor se descreve o processo de secagem da polpa dos frutos da gueroba (*Syagrus oleracea* Becc.), os modelos que obtiveram melhores ajustes segundo os critérios acima, foram submetidos ao Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC). Os critérios de informação foram obtidos pelas equações abaixo:

$$AIC = -2 \log \textit{like} + 2p \quad (16)$$

$$BIC = -2 \log \textit{like} + p \ln(N - r) \quad (17)$$

Em que,

p: número de parâmetros do modelo;

N: número total de observações;

r: classificação da matrix X (incidência matriz do efeito fixo)

$\log \textit{like}$ : valor do logaritmo da função de verossimilhança considerando as estimativas dos parâmetros.

Na determinação da difusão líquida, utilizou-se o modelo da difusão líquida utilizado da forma geométrica de placa plana (Brooker et al., 1992) por se tratar de cascas do fruto, com aproximação de oito termos (Afonso Júnior e Corrêa, 1999) (Equação 7), sendo ajustado aos dados experimentais de secagem do epicarpo com mesocarpo dos frutos da gueroba, de acordo com a seguinte expressão:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} = \left(\frac{8}{\pi^2}\right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-\frac{(2n+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D \cdot t}{4} \left(\frac{D^2}{V}\right)\right] \quad (18)$$

Em que:

n: número de termos;

S: área da superfície da casca ( $m^2$ );

V: volume da casca, ( $m^3$ ).

Na determinação da área superficial do epicarpo e mesocarpo foram feitas imagens de quinze cascas diferentes e submetidas ao programa computacional ImageJ®. Foram feitas também medições da espessura de vinte mesocarpo em cinco regiões distintas utilizando paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, com posse dos dados médios da espessura e da área superficial da casca foi possível realizar o cálculo do volume, conforme a equação a seguir:

$$V = S \cdot e \quad (19)$$

Em que:

e: espessura da casca (m);

A relação entre o coeficiente de difusão efetivo e a elevação da temperatura do ar de secagem foi descrita por meio da equação de Arrhenius.

$$D = D_0 \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{R \cdot T_{ab}}\right) \quad (20)$$

Em que,

$D_0$ : fator pré-exponencial;

$E_a$ : energia de ativação;

R: constante universal dos gases,  $8,134 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ;

$T_{ab}$ : temperatura absoluta, K.

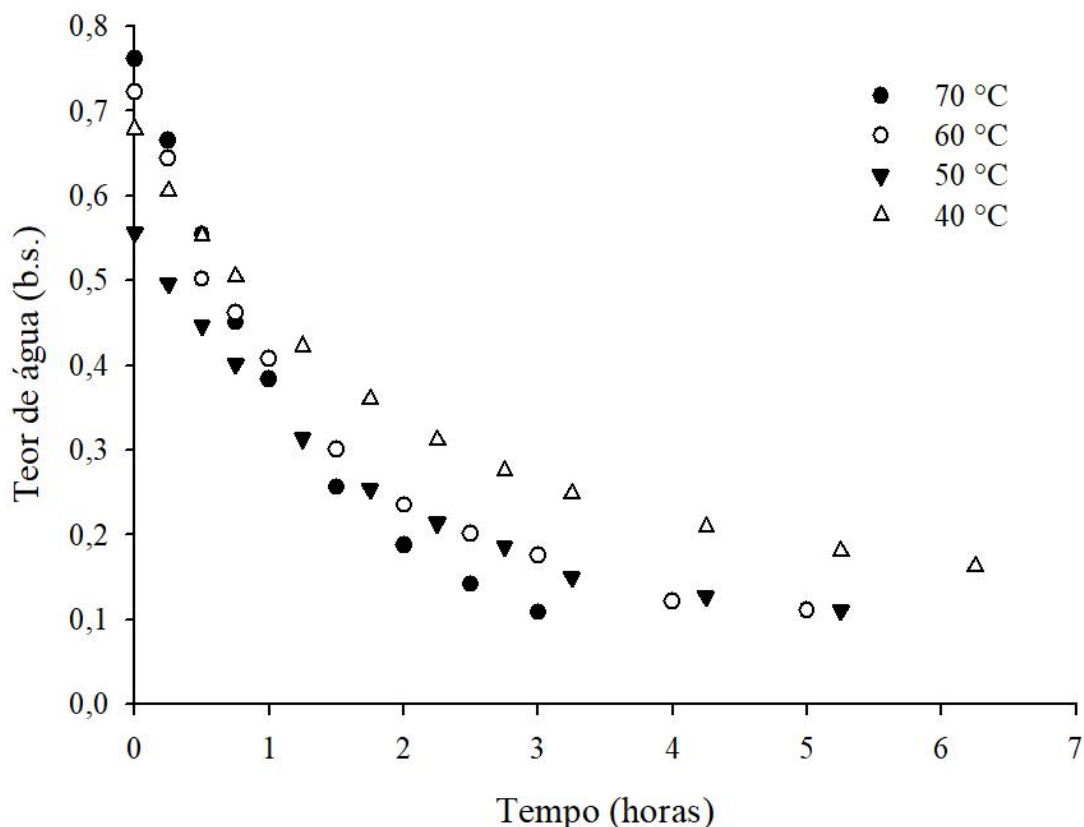
Com a aplicação do logaritmo ocorreu a linearização dos coeficientes da equação de Arrhenius, da seguinte forma:

$$\ln D = \ln D_0 - \left(\frac{E_a}{R \cdot T_{ab}}\right) \quad (21)$$

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para se atingir o teor de água final foram necessários o tempo de 6,25; 5,25; 5 e 3 h, respectivamente para as temperaturas de 40; 50; 60 e 70°C. Constatou-se que o tempo

gasto é inversamente proporcional a temperatura de secagem, ou seja, quanto maior a temperatura menor é o tempo em que o produto será submetido a secagem, fato este comprovado por diversos pesquisadores: casca de maracujá (BEZERRA et al., 2015); frutos de amendoim (ARAUJO et al., 2017) e fatias de abacaxi (BAPTESTINI et al., 2016), pois maior temperatura faz com que a água do interior do produto migre para o exterior com velocidade maior.



**Figura 2.** Teor de água da polpa de gueroba (*Syagrus oleracea*) durante o período de secagem em diferentes temperaturas.

Na Tabela 2 constataram que todos os modelos utilizados para ambas as condições de secagem apresentaram valores do erro médio estimado (SE), próximos de zero, que representa um bom ajuste do modelo.

Segundo Draper & Smith (1981), quanto mais próximo de zero for o valor de SE, melhor é a sua capacidade de representar adequadamente um processo físico, como é o caso da secagem.

Verificaram também que para todos os modelos, com exceção do modelo de Wang e Singh, foram encontrados valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) maiores que 99,99%, fato que Madamba et al. (1996) relata como representação satisfatória do processo de secagem, sendo que quanto mais próximo de 100% for o valor de ( $R^2$ ) melhor

será a representação do modelo.

**Tabela 2.** Parâmetros estatísticos para os modelos de secagem do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*)

Modelos	40°C			50°C		
	SE (decimal)	P (%)	R <sup>2</sup> (%)	SE (decimal)	P (%)	R <sup>2</sup> (%)
Wang e Sing	0,0443	12,57	98,00	0,0326	13,07	99,101
Verma	0,0310	9,39	99,12	0,0132	5,29	99,869
Thompson	0,0055	1,58	99,97	0,0123	4,79	99,873
Page	0,0118	3,67	99,86	0,0124	5,43	99,870
Newton	0,0280	9,39	99,12	0,0118	5,29	99,869
Midilli	0,0039	0,96	99,99	0,0093	2,24	99,943
Logarítmico	0,0052	1,26	99,97	0,0113	3,28	99,904
Henderson e Pabis	0,0249	7,80	99,37	0,0122	5,37	99,874
Exponencial de Dois						
Termos	0,0080	2,64	99,93	0,0122	4,66	99,874
Dois Termos	0,0279	7,80	99,37	0,0139	5,37	99,874
Aproximação da						
Difusão	0,0033	0,35	99,99	0,0132	5,29	99,869
Modelo	60°C			70°C		
	SE (decimal)	P (%)	R <sup>2</sup> (%)	SE (decimal)	P (%)	R <sup>2</sup> (%)
Wang e Sing	0,0586	20,73	96,92	0,0164	5,94	99,78
Verma	0,0306	10,34	99,25	0,0187	4,03	99,76
Thompson	0,0224	5,14	99,55	0,0230	5,57	99,57
Page	0,0248	6,28	99,45	0,0103	3,09	99,91
Newton	0,0274	10,34	99,25	0,0215	5,57	99,57
Midilli	0,0246	4,13	99,58	0,0081	2,05	99,96
Logarítmico	0,0228	4,24	99,59	0,0171	3,57	99,80
Henderson e Pabis	0,0285	9,93	99,27	0,0183	3,78	99,73
Exponencial de Dois						
Termos	0,0225	5,27	99,55	0,0230	5,57	99,57
Dois Termos	0,0241	4,38	99,59	0,0216	3,78	99,73
Aproximação da						
Difusão	0,0306	10,34	99,25	0,0187	4,03	99,76



Em relação ao erro médio relativo (P), apenas os modelos de Midilli e Logarítmico apresentaram valores menores que 10% para todas as condições de secagem, de acordo com Mohapatra & Rao (2005) esta é uma condição que determina bom ajuste do modelo as condições de secagem.

Percebe-se que para o teste de *Qui*-quadrado todos os modelos apresentaram valores muito baixos, sendo que quanto menor este valor melhor o ajuste do modelo as condições, relatado por Günhan et al. (2005).

**Tabela 3.** Valores para o teste de *Qui*-quadrado ( $\chi^2$ , decimal) durante a secagem do epicarpo com mesocarpo dos frutos da gueroba (*Syagrus oleracea*) em diferentes temperaturas.

Modelos	40°C	50°C	60°C	70°C
Wang e Singh	0,001961	0,001063	0,003434	0,000269
Verma	0,000961	0,000174	0,000939	0,000351
Thompson	0,000031	0,000150	0,000503	0,000529
Page	0,000139	0,000153	0,000614	0,000107
Newton	0,000786	0,000139	0,000752	0,000462
Midilli	0,000016	0,000086	0,000606	0,000066
Logarítmico	0,000027	0,000128	0,000520	0,000293
Henderson e Pabis	0,000621	0,000149	0,000812	0,000334
Exponencial de dois termos	0,000064	0,000149	0,000505	0,000528
Dois termos	0,000776	0,000192	0,000582	0,000468
Aproximação da difusão	0,000011	0,000174	0,000939	0,000351

Nos modelos de Midilli e Logarítmico foram os que obtiveram melhores ajuste as condições de secagem, ambos foram submetidos aos Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC) a fim de escolher um dos modelos para predizer a curva de secagem do epicarpo de gueroba, em diferentes condições.

Conforme demonstrado na Tabela 4 que os dois modelos apresentaram valores muito baixos para (AIC) e (BIC), segundo Wolfnger (1993), os menores valores para esses critérios indicam o melhor ajuste do modelo aos dados do processo.

Sendo que o modelo de Midilli apresentou menores valores tanto para AIC e BIC para ambas as condições de secagem, este foi o modelo escolhido para representar a secagem do epicarpo da gueroba. Gomes et al. (2018) trabalhando com secagem da massa de folha de jambu também utilizou os critérios de AIC e BIC para selecionar o melhor modelo.

**Tabela 4.** Critérios de seleção de Akaike (A) e Bayesiana de Schwarz (B) dos modelos ajustados para curvas de secagem do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea.*) em diferentes temperaturas de secagem.

Modelo	40°C		50°C		60°C		70°C	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
Midilli	-93,63	-91,21	-66,70	-64,71	-47,25	-45,26	-56,39	-55,40
Logarítmico	-87,49	-85,55	-62,91	-61,31	-45,46	-43,86	-43,32	-42,53

Verifica-se que na Tabela 5, que a magnitude da constante de secagem k para o modelo de Midilli aumentou com a elevação da temperatura do ar de secagem, já os parâmetros “a”, “n” e “b” não obtiveram tendência na coloração da farinha com o aumento da temperatura fato observado por Rodovalho et al. (2015) para diferentes modelos matemáticos, quando realizou a secagem dos grãos de pimenta bode.

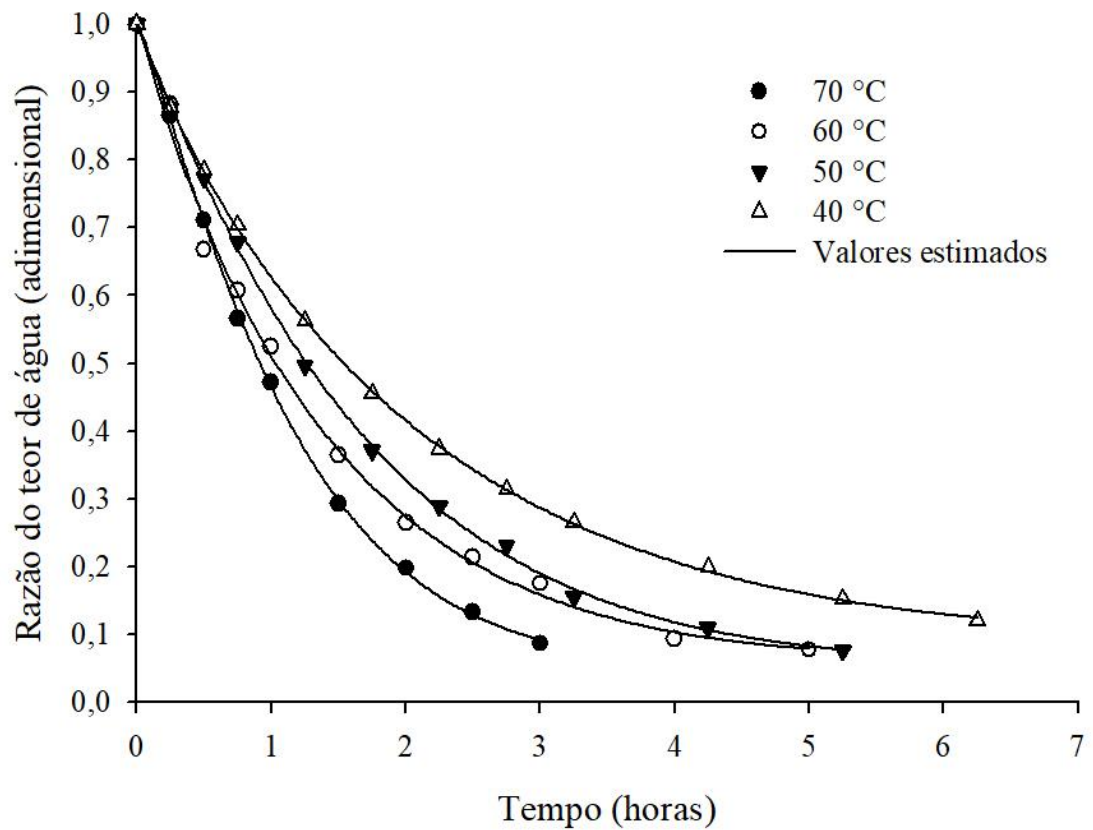
**Tabela 5.** Parâmetros do modelo Midilli ajustados para as diferentes condições de secagem do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) nas diferentes temperaturas de secagem.

Parâmetros	Temperatura (°C)			
	40	50	60	70
a	1,017383**	0,990888**	1,002234**	0,993248**
k	0,272054**	0,339025**	0,387136**	0,585729**
n	1,190162**	1,067557**	1,134399**	1,085014**
b	0,004595**	-0,001192 <sup>ns</sup>	0,000223 <sup>ns</sup>	-0,005656*

\*\*Significativo a 1% pelo teste t. \*Significativo a 5% pelo teste t. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste t.

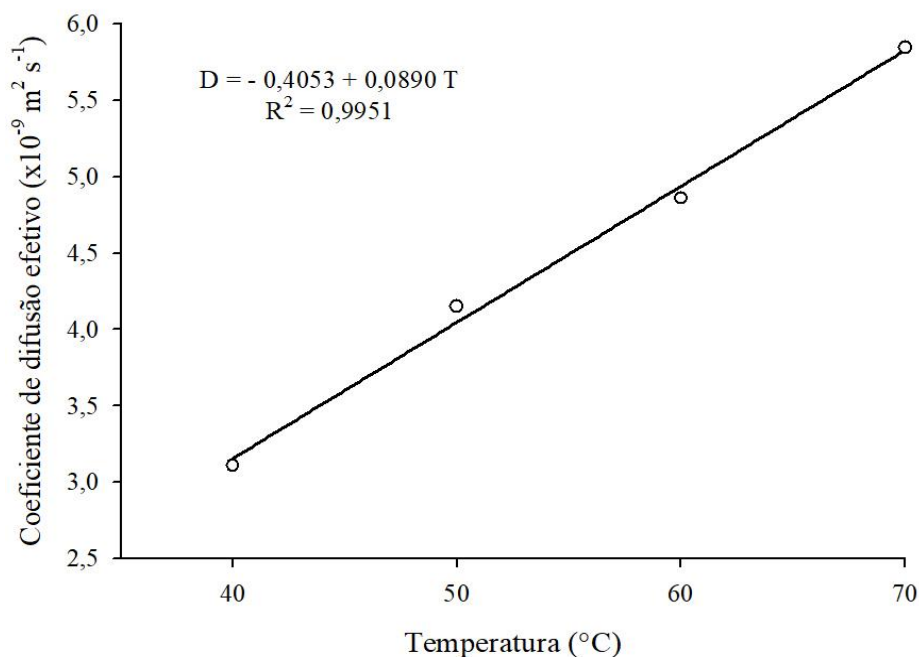
A Figura apresenta as curvas de secagem do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba estimadas pelo modelo de Midilli. Verifica-se pela correspondência entre os valores experimentais e os estimados pelo modelo, que houve ajuste satisfatório do modelo aos dados obtidos ao longo da secagem do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba em ambas as condições.

No modelo de Midilli foi o selecionado para se descrever a curva de secagem de casca de jabuticaba em temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C por Costa et al. (2016). Para o trabalho de Silva et al. (2017) com secagem de cenouras em temperaturas entre 50 e 80°C, foi constatado que os modelos de Midilli e Page foram bem ajustados aos dados experimentais obtidos. Do mesmo modo Silva et al. (2016) selecionou o modelo de Midilli para prever a curva de secagem de frutos de pimenta Cabacinha nas temperaturas entre 60 e 100°C.



**Figura 3** – Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo do Midilli para a secagem da polpa de gueroaba (*Syagrus oleracea*) durante o período de secagem em diferentes temperaturas.

O coeficiente de difusão efetivo da polpa dos frutos de gueroaba (*Syagrus oleracea*) aumentam de forma linear com o incremento da temperatura do ar de secagem, conforme os resultados obtidos por outros pesquisadores assim como Freitas et al., (2018) em seu trabalho com frutos de amendoin; Gomes et al., (2017) trabalhando com folhas de *Cymbopogon citratos* e Oliveira et al., (2013) em seu trabalho com grãos de soja.



**Figura 4.** Coeficiente de difusão efetivo obtido para a secagem da polpa dos frutos de guerobera (*Syagrus oleracea*) em temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C.

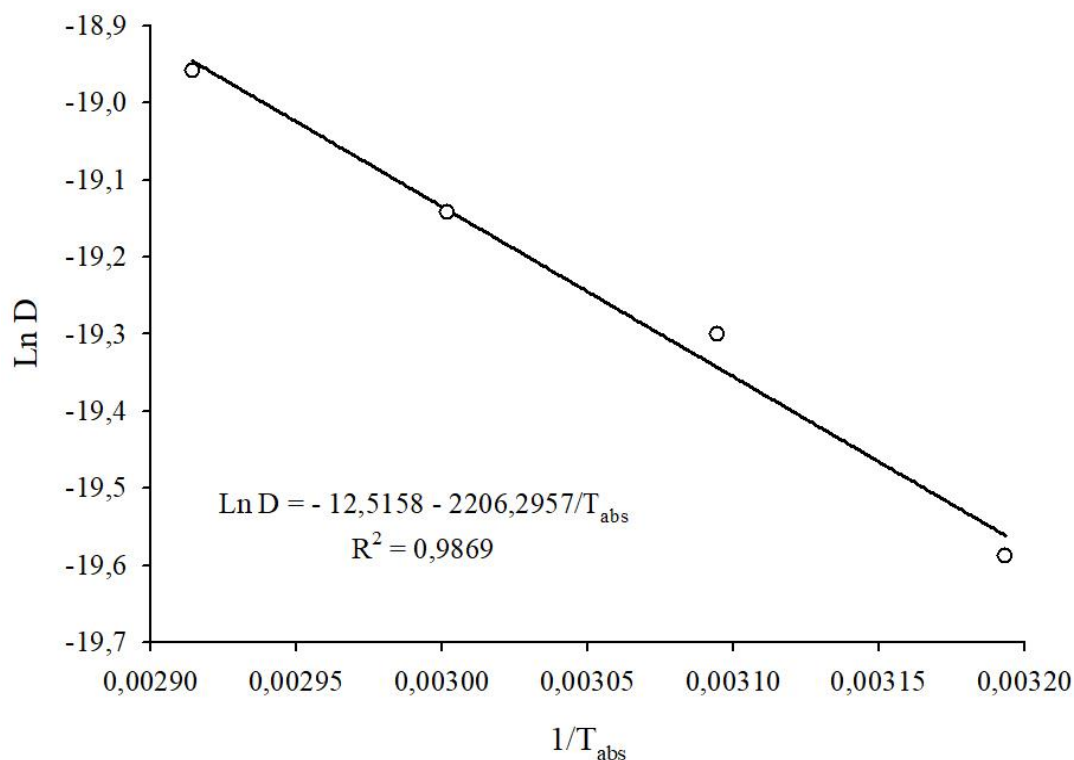
Entende-se que quanto maior for o valor da difusividade menor será a resistência da polpa dos frutos de guerobera quanto a retirada de água. A difusividade da água vai depender da temperatura do ar de secagem, ou seja, quanto menor for a temperatura do ar de secagem, maior será a resistência da polpa para a remoção de água (MULITERNO et al., 2017).

Os coeficientes de difusão efetivos (Figura 4) da polpa dos frutos de guerobera apresentaram magnitudes entre  $3,11 \times 10^{-9}$  a  $5,84 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> para as temperaturas de 40 a 70°C, os valores corroboram com os encontrados por Oliveira et al. (2014) em seu trabalho com secagem de grãos de soja em temperaturas entre 40 e 100°C, quando encontrou os coeficientes de difusão efetivo entre 0,84 e  $3,46 \times 10^{-11}$ . Porém, os valores apresentam-se abaixo dos encontrados por Silva et al. (2017), secando sementes de niger em temperaturas entre 40 e 80°C os valores do coeficiente de difusão efetivo ficaram na faixa de 2,32 a  $15,69 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Bezerra et al. (2015) encontrou resultados superiores para os coeficientes de difusão efetivos ( $0,3199$  a  $1,994 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) para secagem de casca de maracujá nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Foi utilizada a expressão de Arrhenius (Figura 5) para representar a dependência do coeficiente de difusão efetivo do epicarpo de guerobera (*Syagrus oleracea*) em relação à temperatura de secagem.

A energia de ativação encontrada para o fenômeno de secagem foi de 18,50 kJ

$\text{mol}^{-1}$ , resultado que corrobora com Baptestini et al. (2017) quando realizaram secagem de fatias de banana por infravermelho e encontraram valores para energia de ativação na faixa entre 16,39 e 25,20  $\text{kJ mol}^{-1}$ . Oliveira et al., 2013 trabalhando com grãos de soja encontrou o valor de energia de ativação de 22,77  $\text{kJ mol}^{-1}$ , valor próximo ao encontrado no presente trabalho.



**Figura 5.** Representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo em função da temperatura do ar de secagem, obtido durante a secagem da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*).

Segundo Zogzas et al. (1996), as energias de ativação para produtos vegetais encontram-se entre 12,7 e 110  $\text{kJ mol}^{-1}$ , sendo assim o valor encontrado neste trabalho está dentro desta faixa. A energia de ativação representa o grau de dificuldade que as moléculas de água encontram para superar a barreira de energia no processo de migração no interior do produto (CORRÊA et al., 2007). Sendo que, quanto maior for a energia de ativação encontrada maior será a dificuldade em se retirar a água do produto, sendo assim pode-se dizer que a polpa dos frutos de gueroba apresenta relativa facilidade em migrar a água do interior para o exterior do produto.

### 3.4 CONCLUSÃO

O aumento da temperatura de secagem provoca a redução do tempo de secagem,

com o gasto 6,25 h para temperatura de 40°C e 3 horas para temperatura de 70°C.

O modelo matemático de Midilli foi o que melhor apresentou o ajuste aos dados experimentais da secagem da polpa dos frutos de gueroaba (*Syagrus oleracea*) em diferentes temperaturas de secagem. A escolha do maior ajuste foi em função do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio médio relativo, não descartando que em algumas temperaturas houve ajustes nos modelos de Wang e Sing, Verma e aproximação da difusão.

A equação de Arrhenius confirmou a dependência do coeficiente de difusão efetivo em relação a temperatura de secagem, em que energia de ativação encontrada para o fenômeno de secagem foi de 18,343 kJ mol<sup>-1</sup>.

### 3.5. REFERÊNCIAS

- ANSELMO, G. C. S.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; ARRUDA, P. C.; SOUSA M. C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.
- ARAÚJO, W. D., GONELI, A. L. D., CORRÊA, P. C., HARTMANN FILHO, C. P. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada<sup>1</sup>. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.
- BAPTESTINI, F. M.; CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; OLIVEIRA, A. P. L. R. Heat and mass transfer coefficients and modeling of infrared drying of banana slices. **Revista Ceres**, v. 64, n. 5, p. 457-464, 2017.
- BAPTESTINI, F. M.; CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; ALMEIDA, L. F. J.; VARGAS-ELIAS, G. A. Constant and decreasing periods of pineapple slices dried by infrared. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1, p. 53-59, 2016.
- BEZERRA, C. V. B.; SILVA, L. H. M.; CORRÊA, D. F.; RODRIGUES, A. M. C. A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 85, p. 750-755, 2015.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. Drying and storage of grains and oilseeds. **Westport: Te Avi Publishing Company**, 1992. 450p.
- CORRÊA, S. C.; CLERICI, M. T. P. S.; GARCIA, J. S.; FERREIRA, E. B.; EBERLIN, M. N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**, v.

44, n. 7, p. 2385–2390, 2011.

COSTA, C. F.; CORRÊA, P. C.; VANEGAS, J. D. B.; BAPTESTINI, F. M.; COMPOS, R. C.; FERNANDES, L.S. Mathematical modeling and determination of thermodynamic properties of jabuticaba peel during the drying process. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 6, p. 576-580, 2016.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; OLIVEIRA, D. E. C. Modelagem matemática da secagem de frutos de crambe em camada delgada. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 392-403, 2015.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. Applied regression analysis. John Wiley & Sons, 1998.

FREITAS, B. S. M.; CAVALCANTE, M. D.; CAGNIN, C.; SILVA, R. M. da; GASPARIN, P. P.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2017.

GOMES, F. P.; RESENDE, O.; SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, D. E. C.; ARAÚJO NETO, F. R. Drying kinetics of crushed mass of ‘jambu’: Effective diffusivity and activation energy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 499-505, 2018.

GOMES, N. H. F.; SILVA NETO, H. C. da, ALVES, J. J. L.; RODOVALHO, R. S.; SOUSA, C. M. Cinética de secagem de folhas de *Cymbopogon citratus*. **EVANGELISTA**, v. 19, n. 2, p. 328-338, 2017.

GONELI, A. L. D.; ARAÚJO, W. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S.; OBA, G. C. Drying kinetics of peanut kernels in thin layers. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, v. 37, n. 5, p. 994-1003, 2017.

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

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

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; BESSA, J. F. V.; KESTER, A. N. Kinetic and thermodynamic properties of soybean grains during the drying process. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, p. 331-337, 2013.

RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; COSTA, L. M.; FERREIRA JUNIOR, W. N. Drying kinetics of baru fruits (*Dipteryx alata* Vogel). **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 1, p. 103-109, 2018.

RODOVALHO, R. S.; SILVA, H. W.; SILVA, I. L.; ROSSETTO, C. A. V. Cinética de

- secagem dos grãos de pimenta bode. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 128-142, 2015.
- RODIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. Carotenóides e valor nutritivo de vitamina A em cajá (*Spondias lutea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 9, n. 2, p 148-162, 1989.
- RUGGIERO, C. Maracujá para exportação: aspectos técnicos. Brasília: **EMBRAPA-SPI**, p. 11-29, 1996.
- SILVA, F. P.; SIQUEIRA, V. C.; QUINZANI, G. A.; MARTINS, E. A. S.; GONELI, A. L. D. Drying kinetics of niger seeds. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 4, p. 727-738, 2017.
- SILVA, H. R. P.; CUCO, R. P.; PORCIUNCULA, B. D. A.; SILVA, C. Avaliação dos parâmetros termodinâmicos e cinéticos de cenouras submetidas a secagem convectiva. **Exata**, v. 10, n. 2, p. 73-80, 2017.
- SILVA, H. W.; RODOVALHO, R. S.; VELASCO, M. F.; SILVA, C. F.; VALE, L. S. R. Kinetics and thermodynamic properties related to the drying of ‘Cabacinha’ pepper fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 174-180, 2016.
- SILVA, L. A.; RESENDE, O; VIRGOLINO, Z. Z.; BESSA, J. F. V.; MORAIS, W. A.; SILVA, A. P. V; MAIA, G. A; OLIVEIRA, G. S. F.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. Características de qualidade de suco polposo de cajá (*Spondias lutea* L.) obtido por extração mecânico-enzimático. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 233-236, 1997.
- WOLFNGER, R. D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics**, v. 22, p. 1079-1106, 1993.
- ZOGZAS, N. P.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v. 14, n. 10, p. 2225-2253, 1996.



## CAPÍTULO II.

### PROPRIEDADES FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS PRODUZIDAS A PARTIR DA POLPA DOS FRUTOS DE GUEROBA

**RESUMO:** O Bioma Cerrado apresenta uma variedade de espécies frutíferas detentoras de características sensoriais peculiares pouco exploradas científica e comercialmente. A obtenção da farinha é realizada por processos de desidratação e é uma alternativa na indústria de alimentos, para o aproveitamento de subprodutos. O objetivo com este trabalho foi analisar as características físicas, físico-químicas e funcionais tecnológicas das farinhas da polpa dos frutos de gueroba produzidas por secagem em estufa em diferentes temperaturas (40, 50, 60 e 70°C) e a partir do processo da liofilização. A farinha produzida por processo de liofilização do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba, apresentou coloração mais clara, nos resultados obtidos para a análise do parâmetro L pode-se sugerir que o aumento da temperatura de secagem da polpa dos frutos de gueroba não tende a promover o escurecimento do produto, maior quantidade de sólidos solúveis, menor densidade, maior índice de absorção em água e menor solubilidade em leite, menor atividade emulsificante e maior atividade espumante. Todas as farinhas apresentaram valores de pH, entre 6,11 e 6,22. Os teores de cinzas das amostras FEG40, FEG50, FEG60, FEG70 e FEGL também não diferiram entre os tratamentos, apresentando valores médios de 5,67 g 100 g<sup>-1</sup>, 5,39 g 100 g<sup>-1</sup>, 5,73 g 100 g<sup>-1</sup>, 4,86 g 100 g<sup>-1</sup>, 5,85 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Syagrus oleracea* Becc., desidratação, fruto, resíduo.

**ABSTRACT:** PHYSICAL-CHEMICAL AND FUNCTIONAL TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF FLOUR PRODUCED FROM GUEROBA FRUIT PULP

The Cerrado biome presents a variety of fruit species that have peculiar sensorial characteristics little explored scientifically and commercially. The flour is obtained by dehydration processes and is an alternative in the food industry, for the use of by-products. The objective of this work was to analyze the physical, physico-chemical and functional technological characteristics of pulp flours from gueroba fruits produced by oven drying at different temperatures (40, 50, 60 and 70 ° C) and from the lyophilization. The flour produced by the lyophilization process of pulp from gueroba fruits, presented a lighter coloration, in the results obtained for the parameter L analysis it can be suggested that the increase of the drying temperature of pulp from gueroba fruits does not tend to promote the product browning, greater amount of soluble solids, lower density, higher absorption rate in water and lower milk solubility, lower emulsifying activity and greater foaming activity. All flours presented pH values between 6.11 and 6.22. The ash contents of the FEG40, FEG50, FEG60, FEG70 and FEGL samples also did not differ between the treatments, presenting mean values of 5.67 g 100 g<sup>-1</sup>, 5.39 g 100 g<sup>-1</sup>, 5.73 g 100 g<sup>-1</sup>, 4.86 g, 100 g<sup>-1</sup>, 5.85 g, 100 g<sup>-1</sup>, respectively.

**Key words:** *Syagrus oleracea* Becc., dehydration, fruit, residue.

## 1.1 INTRODUÇÃO

O Bioma Cerrado apresenta uma variedade de espécies frutíferas detentoras de características sensoriais peculiares pouco exploradas científica e comercialmente. Estado de Goiás é um grande produtor de frutas e hortaliças, sendo estas, em grande parte, enviadas para consumo *in natura* em outros centros consumidores. Além de grande produtor de frutas e hortaliças, o estado também possui grande área de cerrado que é muito rica em frutas nativas com características desconhecidas em outras regiões (AGUIAR & CAMARGO, 2004; ARRUDA, 2004; TSUKAMOTO FILHO, 2015). Dentre as espécies com potencial econômico destacam-se a gueroaba, gariroba ou guariroba (*Syagrus oleracea*).

A produção de alimentos não tem acompanhado o crescimento acelerado da população, sejam quais forem os motivos, surge então a necessidade de se encontrar fontes alternativas e tecnologias que permitam garantir o abastecimento diversificado de alimentos, com o máximo de recursos nutritivos, a estas pessoas para a manutenção da boa saúde (BENDER, 1995; ORDÓÑEZ et al., 2005; PEREIRA, 1983). Dentro deste contexto, surgiu a alimentação alternativa, nome usado, para designar a proposta, de promover o uso de alimentos não convencionais ou subprodutos agroindustriais, acessíveis para a população (SILVA et al., 2004).

A farinha obtida por desidratação de frutos tem recebido atenção por parte de pesquisadores e da indústria de alimentos, podendo ser produzida também a partir de subprodutos, como o epicarpo com mesocarpo dos frutos (ALVES & PERRONE, 2015; QUEIROZ et al., 2015).

A desidratação, secagem, ou dessecação, é um dos métodos mais antigos de processamento que visam a conservação e preservação de alimentos em geral. Pode ser por sublimação, remoção de água por solvente, adição de agentes osmóticos como sais e açúcar, ou um processo, que geralmente, utiliza a energia térmica para remover partes ou quase a totalidade da água livre ou superficial da matéria-prima, ou seja, evaporação, sem remover a água-ligada (AGUIRRE & GASPARINO FILHO, 2002).

Em contrapartida a secagem de alimentos podem causar alterações sensoriais, físicas, químicas e nutricionais que podem afetar os parâmetros de qualidade do produto

e a aceitabilidade por parte do consumidor (CHEN et al., 2016; JIHÉNE et al, 2013).

A liofilização é um método de secagem em que o alimento é submetido, primeiramente, ao congelamento para posterior eliminação deste gelo por sublimação, ou seja, é transformado diretamente do estado sólido para o vapor, em condições rigorosas de temperatura e pressão (alto vácuo).

A liofilização também denominada por outras nomenclaturas como criodesidratação ou criosecagem, é um processo diferenciado de desidratação de produtos, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, possibilitando que a água previamente congelada (estado sólido) passe diretamente ao estado gasoso (sem passar pelo estado líquido), ou seja, a mudança de estado físico ocorre por sublimação. (Garcia, Laura Pereira, 2009).

Neste contexto, objetivou-se produzir farinhas do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea.*), secas em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, após a secagem esse produto foi submetido a liofilização, realizar análises físico-químicas e funcionais tecnológicas.

## **1.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.2.1. Elaboração da farinha**

O fruto da espécie gueroba vieram proveniente da região de Piracanjuba com Latitude: 17° 17' 47" Sul, Longitude: 49° 0' 38" Oeste, e em quantidade suficiente para a demanda dos experimentos. O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde. Os frutos foram selecionados, e passaram pelo despulpamento manual. A polpa dos frutos de gueroba depois de uma separação manual e sanitização dos mesmos, iniciou-se o processo de secagem.

Na produção das farinhas foram separadas quatro repetições de aproximadamente 500 g da polpa dos frutos de gueroba para cada temperatura de secagem, as quais foram dispostas em bandejas de aço inox sem perfurações e submetidas à secagem a 40, 50, 60 e 70°C em estufa de circulação de ar. A secagem ocorreu até que as massas das amostras contidas nas bandejas permanecessem constantes. E posteriormente foi submetido a liofilização, sendo que o material seco em estufa foi espalhado em bandejas de inox. Após serem secas, as amostras foram submetidas ao processo de moagem em moinho de facas do tipo willye (marca Fortinox), com peneira com malha de 1 mm de diâmetro, dando origem as farinhas do epicarpo (polpa) dos frutos

de gueroba (*Syagrus oleracea*), as farinhas foram acondicionadas em embalagens plásticas de polipropileno, e armazenadas em B.O.D. a  $-4^{\circ}\text{C}$ , até a realização das análises. Para facilitar a identificação dos tratamentos, as farinhas foram identificadas conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Informações sobre os tratamentos para a produção das farinhas da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) desidratado sobre diferentes temperaturas.

Tratamento	Farinha produzida	Abreviação
40°C	Farinha do epicarpo+mesocarpo de gueroba seco a 40°C	FEG40
50°C	Farinha do epicarpo+mesocarpo de gueroba seco a 50°C	FEG50
60°C	Farinha do epicarpo+mesocarpo de gueroba seco a 60°C	FEG60
70°C	Farinha do epicarpo+mesocarpo de gueroba seco a 70°C	FEG70
Liofilização	Farinha do epicarpo+mesocarpo de gueroba liofilizado	FEGL

### 1.2.2. Determinação de cor

A determinação da cor das farinhas da polpa dos frutos de gueroba foram realizados segundo o método AACC 14-22 com leitura direta de refletância das coordenadas  $L^*$  (define a luminosidade),  $a^*$  (mede a intensidade da cor entre o verde e o vermelho) e  $b^*$  (mede a intensidade da cor entre azul e amarelo), empregando o colorímetro ColorFlex EZ, o qual avalia os atributos da cor pelo sistema da *Comissão Internacional de Iluminação* (CIELAB) (AACC, 2000).

As leituras para as diferentes amostras foram realizadas em triplicata. Foi avaliado também a saturação da cor Chroma (Equação 22) e o ângulo hue (Equação 23).

$$\text{Cr} = \left[ (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (22)$$

$$^{\circ}\text{h} = \left[ \arctang\left(\frac{b}{a}\right) \right] \quad (23)$$

Em que:

$L^*$ : luminosidade;

$a^*$ : Cromaticidade verde vermelho;

$b^*$ : Cromaticidade azul-amarelo;

C\*: Chroma; e

°h: ângulo hue.

### 1.2.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para a determinação do pH foi utilizado o método AOAC 943.02. Foram adicionados 3 g da farinha da polpa dos frutos de gueroba em um erlenmeyer de 250 mL, e diluídas com 30 mL de água destilada. A mistura foi agitada até que as partículas ficaram homogêneas. A solução permaneceu em repouso por 10 minutos e o líquido sobrenadante foi transferido para um béquer seco em que foi realizada a leitura do pH utilizando um pHmetro digital devidamente calibrado (AOAC, 2000).

### 1.2.4 Cinzas (resíduo mineral fixo)

O resíduo mineral fixo foi determinado de acordo com método AOAC 923.03. Foram pesados 2 g de farinha da polpa dos frutos de gueroba em cadinhos de porcelana previamente secos em mufla e resfriados em dessecador, com massa previamente estabelecida. As amostras foram colocadas na mufla ( $550 \pm 15^\circ\text{C}$ ) e permaneceram até completa incineração da matéria orgânica (cerca de 5 horas) as amostras foram retiradas da mufla, resfriadas em dessecador e pesadas (AOAC, 2000). Os resíduos por incineração foram calculados a partir da equação 24.

(24)

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{(B - A) \cdot 100}{MA}$$

Em que:

A= Massa do cadinho vazio;

B= Massa do cadinho com amostra após secagem; e

MA= Massa da amostra.

### 1.2.5. Lipídeos

A determinação de lipídios foi realizada de acordo com método AOAC 925.38. Foram pesados 2 g de cada farinha dos frutos em um papel de filtro que foi fechado e amarrado com fio de lã previamente desengordurado. As amostras foram transferidas para

o aparelho de soxhlet, este foi conectado ao balão de fundo chato (previamente secos em estufa a 105°C) e foram adicionados ao aparelho de soxhlet 450 mL de hexano P.A. O balão foi acondicionado a manta aquecedora e o aparelho de soxhlet foi conectado ao condensador de bolas.

O balão foi mantido sob aquecimento por 8 horas (quatro a cinco gotas por segundo). Após a extração, o papel de filtro amarrado foi retirado e realizado em seguida a destilação do hexano. O resíduo extraído foi levado à estufa a 105°C, por cerca de uma hora, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. As operações de aquecimento e pesagem foram repetidas de 30 minutos em 30 minutos até obtenção das massas constantes até no máximo 2 horas (AOAC, 2000). Os resultados foram expressos em % de lipídeos, calculados a partir da equação 25:

$$\text{Lipídeos (\%)} = 100 \cdot \frac{m}{m'} \quad (25)$$

Em que:

m = massa de lipídios, g;

m' = massa da matéria seca.

#### **1.2.6. Atividade antioxidante Ensaio com DPPH**

A capacidade antioxidante foi determinada, utilizando o radical estável 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), que sofre redução pelos antioxidantes com a mudança de coloração violeta para amarela, proporcional com a concentração da substância redutora da amostra (SIQUEIRA et al., 2015). As avaliações seguiram de acordo com Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) e modificado por Sánchez -Moreno, Larrauri e Sauro-Calixto (1998), e descrita por Lemos et al. (2012).

Foram utilizados os extratos previamente preparados para a análise de compostos fenólicos, uma alíquota de 10 µl de extrato foram transferidas para tubos protegidos com folha de alumínio em seguida foram adicionados 90 µL de metanol e 3,9 mL de solução de DPPH (2,4 mg de DPPH em 100 mL de álcool metílico) preparada no momento da análise, totalizando o volume final de 4,0 mL. A reação ocorreu no escuro e realizou-se as leituras em espectrofotômetro UV-Visível a 517 nm, após 2, 5, 10, 20 e 30 minutos do início da reação. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e acompanhadas de um controle (solução de DPPH).

Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz. Determinou-se a capacidade de sequestro o radical DPPH a partir de uma curva padrão obtida com Trolox

(0 a 300  $\mu\text{mol/L}$ ) e DPPH. Os resultados foram expressos como TE, ou seja, a capacidade antioxidante Trolox equivalente ( $\mu\text{mol}$  de Trolox/100 g de matéria seca). A correlação mostrou-se negativa à medida que se aumenta a concentração do Trolox diminuindo a absorvância e chegando ao desvio padrão de 152,41.

### **1.2.7. Fenólicos totais**

Os extratos da farinha da polpa dos frutos foram preparados utilizando 2,0 g de farinha e 20 mL de metanol ambos foram adicionados a tubos falcon cobertos, a solução foi homogeneizada e submetida a sonicação durante 10 min, após 60 minutos de repouso na temperatura ambiente foram filtradas utilizando papel de filtro. O volume total foi elevado para 50 mL com a adição de metanol (LEMOS et al., 2012).

Para o preparo dos extratos da farinha dos frutos foram misturados 5,0 g de farinha a 40 mL de metanol 50%, a solução foi homogeneizada e após 60 minutos de repouso na temperatura ambiente, foi centrifugada a 3.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 40 mL de acetona 70%, a solução foi homogeneizada, após repouso por 60 minutos em temperatura ambiente, seguiu-se com centrifugação das amostras novamente durante 15 minutos, o sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico de 100 mL contendo o primeiro sobrenadante e o volume completado para 100 mL com água destilada (RUFINO et al., 2007; BRAND- WILLIAMS et al., 1995). Uma alíquota de 0,2 mL da solução foi misturada com 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu 2 N (diluído 1:10).

Depois de ser mantido durante 8 min no escuro, 0,8 ml de solução de carbonato de sódio a 7,5% ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  foi adicionado na solução). Após incubação a 25°C durante 2 h, mediu-se a absorvância da solução a 765 nm utilizando espectrofotômetro (BEL®/Spectro S-2.000).

Uma curva padrão foi realizada utilizando ácido gálico em concentrações de 0 a 500  $\text{mg L}^{-1}$ , para construir uma curva de calibração. Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz. Realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais, a partir da equação da reta obtida, os valores foram expressos em mg de ácido gálico em 100 g de farinha (SOQUETTA et al., 2016).

### **1.2.8. Atividade antioxidante Ensaio com ABTS**



Foram preparadas a solução aquosa de ABTS<sup>•+</sup> (7 mM de ABTS), e solução aquosa de persulfato de potássio (140 mM de K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>). O radical ABTS<sup>•+</sup> foi preparado a partir da reação 5 mL da solução aquosa 7 mM de ABTS e 88 µL de solução de persulfato de potássio, esta solução estoque foi mantida no escuro em temperatura ambiente, por 16 horas.

Em seguida, retirou-se 1 mL desta mistura e adicionou álcool etílico até obter uma absorbância de 0,70 nm ± 0,05 nm a 734 nm.

A solução estoque foi utilizada somente no dia da análise. Para determinação da atividade antioxidante uma alíquota de 30 µL do extrato das farinhas foi transferida para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS<sup>•+</sup> e homogeneizar em agitador de tubos.

As leituras das amostras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível a 734 nm, após 6 minutos da mistura, o álcool etílico foi utilizado como branco, para calibrar o espectrofotômetro. Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz.

Determinou-se a capacidade de purgar o radical ABTS<sup>•+</sup> utilizando curva padrão obtida com Trolox (0 a 300 µmol/L) e ABTS<sup>•+</sup>.

Os resultados foram expressos como TE, ou seja, a capacidade antioxidante Trolox equivalente (µmol de Trolox / 100 g de matéria seca) (NENADIS et al., 2004). Observe-se que possui forte correlação negativa entre a concentração de Trolox e a Absorbância, em que à medida que a concentração de um aumenta a outra tende a diminuir e com um desvio padrão no valor de 131,54.

### 1.2.9. Formação de espuma

Para a determinação da capacidade de formação de espuma foi utilizado o método descrito por Coffmann e Garcia (1977) e adaptado. Sendo preparada uma suspensão com 1 g de amostra e 30 mL de água destilada em um béquer de 100 mL, agitada por 5 min com agitador de haste, posteriormente foi transferido para uma proveta graduada. O cálculo foi feito considerando o volume antes e após a formação da espuma, de acordo com a equação seguinte:

$$\text{Formação de espuma (\%)} = \frac{\text{VF} - \text{VI}}{\text{VI}} \times 100 \quad (26)$$

Em que:

VI = volume inicial;

VF = volume final.

A estabilidade da espuma foi medida deixando a proveta a temperatura ambiente (25°C) e observada nos intervalos de 30 minutos, até completar 120 minutos (SHEVKANI et al, 2015; PRIA et al, 2014; COFFMANN E GARCIA, 1977).

### 1.2.10. Formação de emulsão

A capacidade de formação de emulsão das farinhas da polpa dos frutos foi determinada segundo a metodologia descrita por Yasumatsu et al. (1972). Sendo preparada uma suspensão com 7 g de amostra em 100 mL de água destilada e 100 mL de óleo de soja. A suspensão foi agitada em agitador de haste durante 1 min em velocidade moderada, posteriormente foi dividida em tubos graduados e centrifugados por 5 min a 3000 rpm. Para a capacidade de formação de espuma será usada a seguinte equação:

$$\text{Formação de emulsão (\%)} = \frac{VE_i}{V_i} \times 100 \quad (27)$$

Em que:

VE<sub>i</sub> = volume da camada de emulsão;

V<sub>i</sub> = volume total da suspensão no tubo.

Para determinar a estabilidade da emulsão (EE), foram utilizados os mesmos tubos com as emulsões da determinação da atividade emulsificante, inicialmente foram anotados os valores da camada emulsificadora, em seguida os tubos foram aquecidos em banho-maria a 80°C por 30 min e posteriormente resfriados por 20 min em água corrente, e seguiu-se com centrifugação dos tubos com a amostra a 3000 rpm por 5 min.

Anotou-se o volume da camada de emulsão final, ou seja, a camada emulsificadora (remanescente). A equação 28 foi utilizada para calcular EE:

$$\text{Estabilidade da emulsão (\%)} = \frac{CER}{CE_i} \times 100 \quad (28)$$

Em que:

CER = camada emulsificada remanescente, expressa em mL;

CE<sub>i</sub> = camada emulsificada inicial, expressa em mL.

### 1.2.11. Índices de absorção (IA) e Índices de solubilidade (IS)

Foram realizadas as análises para determinação dos índices de absorção em água, leite, e óleo, e índices de solubilidade em água e em leite, de acordo com Anderson et al. (1969), sendo necessárias algumas adaptações.

Em tubo de ensaio foram inseridas 1,0 g de farinha da polpa dos frutos, e posteriormente 10 mL do solvente. O tubo contendo a amostra com o solvente foi submetido a centrifugação em seguida a 3000 rpm durante 40 min. O líquido sobrenadante e colocado em cadinhos de alumínio e colocados em banho-maria a 100°C por 2 h e após, foram levados para estufa a 105°C por 3 h para que ocorresse a evaporação. O gel excedente no tubo da centrífuga foi pesado. O índice de absorção foi determinado a partir do resíduo da evaporação e do sobrenadante conforme Equação 29.

$$IA = \frac{MRC}{M} \cdot MRE \cdot 100 \quad (29)$$

Em que:

IA= Índices de absorção

MRC= Massa do resíduo da centrífuga (g);

M= Massa da amostra (g);

MRE= Massa do resíduo da evaporação (g).

Os índices de solubilidade em água e leite foram determinados pela relação entre a massa do resíduo da evaporação e a massa seca da amostra segundo a Equação 30:

$$IS (\%) = \frac{MRE}{MA} \cdot 100 \quad (30)$$

Em que:

IS = Índice de solubilidade (%);

MA= Massa da amostra (g);

MRE= Massa do resíduo da evaporação (g).

### 1.2.12. Análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando software estatístico SISVAR® versão 6.0. Os resultados foram expressos como média e desvios-padrão. As análises foram realizadas em quadriplicata e os valores médios avaliados por análise de variância (ANOVA) seguida do teste de médias de Tukey a 5% de significância, com delineamento inteiramente ao acaso (DIC).

### 1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão as médias obtidas para análise das coordenadas L, a\*, b\*, ângulo hue e croma.

**Tabela 2.** Coordenadas de L, a\* e b\*, ângulo hue, croma da farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) secos em diferentes temperaturas.

Tratamentos	L	a*	b*	Croma	°Hue
FEG 40	67,05±0,31a	7,02±0,31b	30,43±1,04ab	31,23±0,99abc	1,34±0,01a
FEG 50	62,68± 2,53b	7,5±0,26ab	27,01±2,54b	28,037±2,40c	1,30±0,03b
FEG 60	64,92±2,74ab	8,45±0,45ab	34,07±2,60a	35,10±2,44a	1,33±0,03ab
FEG 70	64,97±0,61ab	8,2±0,26ab	31,63±0,65a	32,68±0,70ab	1,32±0,00ab
FEG liofilizada	59,03±2,74c	8,68±0,34a	27,21±2,71b	28,56±2,59bc	1,26±0,03c

Médias com letras iguais na mesma coluna não tiveram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com base nos resultados obtidos para a análise do parâmetro L pode-se sugerir que o aumento da temperatura de secagem da polpa dos frutos de gueroba não tende a promover o escurecimento do produto, e a farinha produzida a partir do produto liofilizado apresentou coloração mais escura. Este resultado já discorrido por Aydin e Gocmen (2015) que analisando a farinha de abóbora obtida em condições de secagem convencional a 60°C apresentou menor valor L comparado a farinha submetida a liofilização. Esses resultados diferem dos encontrados neste trabalho em que foi observado um comportamento contrário.

Em relação a coordenada a\* observa-se (Tabela 2) que as farinhas do epicarpo com mesocarpo dos frutos de gueroba desidratado nas quatro temperaturas (50, 60 e 70°C) apresentaram maior tendência ao verde e não diferiram entre si, apresentando diferença da farinha da polpa dos frutos de gueroba a temperatura de 40°C e a liofilizada.

A coordenada a\* (Tabela 2) representa a tendência da coloração variando de

verde ao vermelho, sendo que valores positivos e maiores significam maior tendência ao vermelho, e valores negativos e quanto menores indicam maior tendência ao verde (PEIXOTO, 2016). No caso das farinhas da polpa dos frutos de gueroba, pode-se verificar que as farinhas obtidas por secagem convencional apresentaram valores menores que para essa a coordenada  $a^*$  do que para a farinha obtida por liofilização.

A coordenada  $b^*$  indica a coloração do amarelo ao azul, sendo que valores maiores de  $b^*$  indicam maior tendência ao azul e quanto menor o valor maior a tendência ao amarelo, nessa escala de coloração apresentam valores de negativo ao positivo (SERGIO, 2016). Na análise colorimétrica das farinhas do epicarpo com mesocarpos dos frutos de gueroba obtidas por diferentes temperaturas de secagem e por liofilização, valores expostos na Tabela 2, verifica-se que a farinha da polpa dos frutos liofilizado apresentou diferença das demais farinhas, sendo que a mesma obteve menor valor, ou seja, tendeu mais ao amarelo. As farinhas das temperaturas de 60, 70°C não apresentaram diferença entre si, apresentando valores maiores.

Na Tabela 2, as farinhas da polpa dos frutos submetidas à temperatura de 40, 60 e 70°C apresentaram diferença, sendo os maiores valores, assim sugere-se que houve maior nitidez e intensidade na coloração desta farinha, com maior claridade. O tratamento a 50°C foi a que obteve menor valor e diferença no teste de média.

O ângulo hue é expressão, dá em graus da intensidade da cor, começando em  $0^\circ$  que indica a +a (vermelho),  $90^\circ$  indica a +b (amarelo),  $180^\circ$  indica -b (verde) e  $270^\circ$  indica -b (azul) (TIBOLA et al., 2005). Assim, pode-se verificar na Tabela 7, que apenas tratamento da farinha liofilizada, 40 e 50°C apresentaram diferença. As temperaturas 60 e 70°C, não apresentaram diferença entre si.

Na Tabela 3 seguem descritos os valores encontrados para as análises de pH, acidez titulável total e sólidos solúveis das farinhas dos frutos. Verifica-se que as farinhas da polpa dos frutos FEG40, FEG50 não apresentaram diferença no pH, diferente dos tratamentos de 40 e 70°C. Somente o tratamento da farinha da polpa dos frutos com liofilização diferiu entre os outros e possui a menor média observada.

**Tabela 3.** Potencial Hidrogeniônico (pH), acidez titulável total (ATT), sólidos solúveis (SS) da farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*)

Tratamento	pH	ATT	SS (°Brix)
FEG40	6,21±0,01a	1,13±0,06a	6,36±0,45a
FEG50	6,17±0,02ab	1,03±0,06a	5,06±1,05a
FEG60	6,14±0,02bc	0,90± 0,06a	5,93±1,14a
FEG70	6,16±0,03bc	0,83±0,06a	6,90 ±0,40a
F EGL	6,12±0,02c	1,20 ±0,10a	5,00 ±0,25a

Médias com letras iguais na mesma coluna não tiveram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As avaliações das farinhas dos frutos em geral apresentaram médias baixas de pH indicando um perfil neutro em ambas as condições de desidratação da polpa dos frutos de gueroba. Alimentos com maior acidez possuem vantagens em sua conservação, pois reduzem as condições de crescimento de microrganismo e também de reações enzimáticas.

As avaliações das farinhas da polpa dos frutos apresentaram médias baixas de pH indicando acidez em ambas as condições de desidratação da polpa dos frutos, sendo obtidos os valores entre 6,12 e 6,21.

O parâmetro de acidez de um alimento está diretamente ligado a conservação do produto, e explica a importância de conhecer o teor de acidez dos alimentos, sendo que a acidez pode ter influência no processo de decomposição, seja por oxidação, hidrólise ou fermentação (BRASIL, 2005).

Os valores encontrados para acidez titulável foram entre 0,83 e 1,20, sendo que não apresentaram diferença entre as temperaturas as quais a farinhas foram analisadas. Vale ressaltar que o tratamento com liofilização apresentou maior média.

Em todas as farinhas da polpa dos frutos produzidas a partir da secagem quanto a produzida a partir da liofilização foram encontrados valores de sólidos solúveis entre 5,00 e 6,90 ° Brix, sendo que estes não apresentam diferença estatística, isso pode ocorrer de acordo com a quantidade de açúcares. Segundo Canuto et al. (2010) os sólidos solúveis apresentam relação direta com a quantidade de açúcares e ácidos orgânicos.

Segundo Coutinho (2013), um dos fatores que influenciam o Índice de Absorção de água é a sua forma de fragmentação, ressaltando que as plantas nativas por questão hidrofílico e hidrofóbicas em que estudos, mostram que plantas nativas têm menor potencial de absorção quando comparados com amidos gelatinizados. Fato que pode

explicar os resultados obtidos, uma vez que a espécie em questão é nativa.

Sendo a água um dos constituintes nos alimentos, as interações entre estes estão condicionadas a característica reológica e textura, em que as macromoléculas (proteínas e polissacarídeos) influenciam na questão da interação entre a água e os componentes (CESARIO, 2012).

Determinante das ligações de parte proteicas o de Absorção de Óleo (IAO) com a sua eficácia em que, de acordo com o índice, a farinha poderá ser utilizada em diversos alimentos (SANTANA; OLIVEIRA FILHO, EGEEA, 2017).

As farinhas dos frutos obtidos por secagem em estufa (FEG40, FEG50, FEG60 e FEG70) não apresentaram diferença entre si para o índice de absorção em água (IAA), apresentando os valores entre 3,05 e 3,23 g g<sup>-1</sup>.

Relação com índice de absorção em leite (ISL) nenhum dos tratamentos apresentou diferença entre si, apresentando os valores de 6,04; 7,89; 6,33; 6,41 e 6,49 g g<sup>-1</sup>, respectivamente, para as farinhas FEC40, FEC50, FEC60, FEC70 e FECL.

O índice de absorção em óleo (IAO) as farinhas FEG50, FEG60 e FEG70 apresentaram diferença em relação a FEG40, sendo que o último obteve maior média (2,33 g g<sup>-1</sup>), ou seja, maior absorção no óleo. Importante que o alimento tenha capacidade de absorção de óleo para auxiliar na formulação de outros alimentos (ZHANG et al., 2012). A capacidade de absorção e retenção de água nas farinhas, influenciam na textura, retenção de sabor e reduzem as perdas de umidade e óleo dos produtos (MASSOLA e BIANCHINI, 2012).

**Tabela 4.** Índice de absorção em água (IAA), índice de absorção em leite (IAL), índice de absorção em óleo (IAO.), índice de solubilidade em água (ISA), e índice de solubilidade em leite (ISL) da farinha da polpa dos frutos de gueroaba (*Syagrus oleracea*).

Tratamentos	Índice de Absorção (IA)		
	Água(g/g)	Óleo(g/g)	Leite(g/g)
FEG40	3,05±0,45a	2,33±0,07a	6,04±0,30a
FEG50	3,22±0,25a	2,15±0,02a	7,89±0,15b
FEG60	3,23±0,22a	1,93±0,02a	6,33±0,19a
FEG70	3,11±0,14a	1,89±0,02a	6,41±0,30a
FEGL	3,05±0,21a	1,94±0,03a	6,49±0,23a

Médias com letras iguais na mesma coluna não tiveram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Mesmo o teste de média (Tukey; p<0,05), não apresentou diferenças significativas, Santana; Oliveira Filho; Egea (2017) atribui ao fato que os tipos de grupos

hidrofóbicos exibidos nas proteínas. Isso ocorre pela absorção de gordura modifica em função da quantidade de grupos hidrofóbicos existentes e sujeitados a proteína e da interação destes com as cadeias hidrofóbicas da gordura. Essa afirmação pode justificar a diferença da IAL, em que apresentou diferença em relação à temperatura.

O balanço das forças que estão associados a formação e estabilidade dependem da relação óleo-água (CESARIO, 2012).

A concentração de proteínas, bem como suas características e composição são fatores que estão relacionado a atividade espumante. A capacidade de formar ligações hidrofóbicas para que ocorra a interfase ar-líquido. Quanto melhor a qualidade da proteína, em relação a sua capacidade de formarem películas coesivas, elásticas e contínuas sendo impermeável ao ar, melhor será a estabilidade da espuma (CARVALHO; OLIVEIRA FILHO, EGEA, 2017).

A atividade espumante está muito relacionada com a concentração de proteínas, sendo necessárias proteínas de cadeias flexíveis, pobres em estruturas secundárias e terciárias que se adaptem rapidamente na interfase ar-líquido. Além disso, é preciso que estas proteínas tenham a possibilidade de formar ligações hidrofóbicas na sua superfície. A estabilidade de espuma se relaciona com a qualidade da proteína, sendo necessário que se formem películas coesivas, elásticas, contínuas e impermeáveis ao ar (CARVALHO; OLIVEIRA FILHO; EGEA, 2017).

**Tabela 5.** Emulsão (E), estabilidade da emulsão (EE), Espuma (Esp) das farinhas da polpa dos frutos da guerobera (*Syagrus oleracea*)

Tratamentos	Variáveis		
	Emulsão	Estab. Emulsão	Espuma
FEG40	0,87±0,59ab	1,77±2,31a	4,52±0,14a
FEG50	0,37±0,64b	0,29±2,38a	2,22±1,36a
FEG60	0,29±0,59b	0,22±0,13a	2,22±1,28a
FEG70	0,22±0,13b	0,22±0,13a	2,22±0,00a
FEGL	1,40±0,13 <sup>a</sup>	1,04±0,13a	2,22±0,00a

Médias com letras iguais na mesma coluna não tiveram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A capacidade de formação de espuma (Tabela 5) não houve diferença entre as farinhas produzidas por secagem em estufa e a liofilizada, apresentando valores de 2,22. A FEG 40 apresentou a capacidade espumante maior (4,52).

A principal importância das espumas em alimentos é em relação à textura do



produto final. A aeração do produto altera sua reologia, auxiliando aqueles que eram fluidos inicialmente a ser moldado (CAMPBELL & MOUGEOT, 1999).

Nenhuma das farinhas dos frutos produzidas apresentou a estabilidade para a espuma formada, sendo que ao final de 30 min já não apresentavam mais espuma.

O teste de média mostrou diferença para todos tratamentos submetidos com temperatura. Entretanto o mesmo não foi observado para proteína e cinzas.

Observa-se na tabela 6, que as variáveis em relação ao método utilizado (variação de temperatura) e liofilização não demonstram diferença, com desvio padrão baixo. Isso pode ser explicado pela questão da maturação, tempo de armazenamento e ação de microrganismo que são os principais fatores que alteram os índices destas variáveis quando se trata com o processo de secagem e variação de temperatura. Estudo realizado por Dionello et al (2000) e Menezes et al (2012) podem confirmar essas suposições.

Em relação aos níveis de lipídeos das farinhas dos frutos, observa-se na Tabela 6 que a secagem não provocou aumento significativo nas amostras FEG40, FEG50, FEG60, FEG70 e FEGL.

Os teores de proteínas das FEG40, FEG50, FEG60, diferiram em relação a amostra liofilizada (FEGL) apresentando variações no conteúdo de proteínas entre os tratamentos. Os teores de proteínas das amostras, mostraram-se próximos aos relatados por Caetano et al. (2017) os quais encontraram valores proteína entre 9,79 e 6,40 g 100 g<sup>-1</sup> para as farinhas dos frutos.

Os teores de cinzas das amostras FEG40, FEG50, FEG60, FEG70 e FEGL também não diferiram entre os tratamentos, apresentando valores médios, respectivamente.

**Tabela 6.** Lipídeos, Cinzas e Proteína da farinha da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*), expressos em (g /100g)

Tratamentos	Lipídios	Cinza	Proteína
FEG40	4,50±0,06ab	5,67±0,71a	9,79±0,10a
FEG50	4,66±0,05a	5,39±0,39ab	8,90±0,18ab
FEG60	4,54±0,20a	5,73±0,31a	8,80±0,27ab
FEG70	4,61±0,26a	4,86±0,45b	7,44±0,19bc
FEGL	4,32±0,24b	5,85±0,37a	6,40±0,18c

Médias com letras iguais na mesma coluna não tiveram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 1.4 CONCLUSÃO

A secagem em estufa e a liofilização permitiram a produção de farinhas dos frutos de gueroaba com características satisfatórias. Propiciando a redução do teor de água inicial, pH e acidez, lipídeos e sólidos solúveis.

As variáveis que podem afetar a qualidade como textura, cor e sabor não se observaram diferença. A única variável que mostrou diferença na questão da análise físico-química foi o pH, submetido a liofilização das demais temperaturas submetidas para a secagem.

Nos índices de absorção, houve diferença significativa no índice de absorção do leite (IAL) a farinha da polpa dos frutos de gueroaba na temperatura de 50°C.

O teste de média mostrou diferença para lipídios submetidos aos tratamentos com temperatura. Entretanto o mesmo não foi observado para proteína e cinzas.

## 1.5. REFERÊNCIAS

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.
- ALVES, G.; PERRONE, D. Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. **Food Chemistry**, v. 15, n. 185, p. 65–74, 2015.
- ALVES, A. M. **Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba**. 13 de setembro de 2016. Disponível em: <<https://www.todafruta.com.br/artigo-cientifico-destaca-a-gabioba-fruto-nativo-do-cerrado-como-alimento-rico-em-compostos-beneficos-a-saude-humana/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.
- BALDACH & BOARIM, D. S. F. As hortícolas na medicina natural. 1.ed. rev. atual. e ampl. Itaquaquecetuba: Vida Plena, [1993]. 439p.
- CARVALHO; OLIVEIRA FILHO, EGEA. - Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 89, n.3, 1907-1915. (2017).
- CAMPBELL, G.M. AND MOUGEOT, E. Creation and Characterisation of Aerated Food Products. **Trends in Food Science & Technology**, 10, 283-296. (1999).
- CHEN, X.; LI, X.; MAO, X.; HUANG, H.; MIAO, J.; GAO, W. Study on the effects of

different drying methods on physicochemical properties, structure, and in vitro digestibility of *Fritillaria thunbergii* Miq. (Zhebeimu) flours. *Food and Bioprocess Technology*, v. 98, n. 1, p. 266–274, 2016.

COFFMANN, C. W.; GARCIA, V. V. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *Journal of Food Technology*, Oxford, v. 12, p. 473-484, 1977.

DIONELLO, R. G. et al. Temperatura do ar na secagem estacionária e tempo de armazenamento na qualidade de grãos de milho. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 6, n. 2, p. 137-143, 2000.

GARCIA, LAURA PEREIRA - Liofilização aplicada a alimentos. Pelotas: Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Pelotas, 2009. Trabalho acadêmico de Bacharelato, págs. 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18,22, 23, 29, 33.

GONÇALVES, K. G.; DUARTE, G. S. D.; TSUKAMOTO FILHO; A. A. **Epécies frutíferas do cerrado e seu potencial para os SAFs** . 2015. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/flovet/article/download/3111/2153>> Acesso em: 01 Fev. 2019.

JIHÉNE, L.; AMIRA, T.; SABER, C.; FETHI, Z. Impact of Infra-red drying temperature on total phenolic and flavonoid contents, on antioxidant and antibacterial activities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, v. 6, n. 5, p. 38-46, 2013.

MASSOLA, B. C. P.; BIANCHINI, M.G.A. Análise de absorção de água e gordura das farinhas de amaranto em diferentes tratamentos térmicos. In: 64ª Reunião Anual da SBPC. São Luis, 2012. Disponível em: Acesso em: 05 de setembro 2018.

MENEZES, N.L.; PASQUALLI, L.L.; BARBIERI, A.P.P.; VIDAL, M.D.; CONCEIÇÃO, G.M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, n.4, p.430-436, 2012b.<https://www.revistas.ufg.br/index.php?journal=pat&page=article&op=view&path%5B%5D=18457&path%5B%5D=12715>

NENADIS, N.; WANG, L.F.; TSIMIDOU, M. ZHANG, H.Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS·+ assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, n. 15, p. 4669-4674, 2004NENADIS et al.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de Alimentos - Alimentos de Origem Animal**. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, 279 p.

PEIXOTO, C.A. **Ajuste da cor de tintas no estado líquido**. 2016, 141 fls. Dissertação

(Mestre em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM). Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre (RS) 2016. Disponível em: <  
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/156339/001015233.pdf?sequence=1>  
 > Acesso em 02 fev. 2019.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO E. S. de.; MORAIS, S. M. de.; SAMPAIO C. de G.; PÉREZ – JIMENEZ, J.; CALIXTO-SAURA, F. D. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DDPH. Comunicado Técnico. **Embrapa**, v. 127, p. 1-4, 2007.

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 88-95, abr./jun. 2017.

SANO, 1998; ALMEIDA, 1998; ALMEIDA et al., 1998 SILVA, 2001; SILVA, et al., 2001; AGUIAR ainda & CAMARGO, 2004; ARRUDA, 2004; GONÇALVES; DUARTE; TSUKAMOTO FILHO, 2015.

SHEVKANI K, SINGH N, SINGH S, AHLAWAT AK, SINGH AM. Relationship between physicochemical and rheological properties of starches from Indian wheat lines. *Int J Food Sci Technol*. 2011.

SERGIO, C. E. **Avaliação do potencial do uso do leite de cabra na elaboração de leite fermentado adicionado de inulina**. 2016, 33 fls. Monografia (Graduação em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.

SILVA, M.R.; LACERDA, D.B.C.L.; SANTOS, G.G.; MARTINS, D.M.O. Composição química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1790-1793, 2004.

SOQUETTA, MB et al. Caracterização de propriedades físico-químicas e microbiológicas, e compostos bioativos, de farinha de casca e bagaço de kiwi (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, v.199, p.471-478, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.022> >. Acesso em: 29/06/2018. Doi: 10.1016 / j.foodchem.2015.12.022. [ [Links](#) ]

TIBOLA, CASIANE SALETE ET AL. Manejo de pragas e doenças na produção integrada e convencional de pêssegos. **Rev. Bras. Frutic.** [online]. 2005, vol.27, n.2, pp.215-218.

ZHANG Y, ET AL. **Vacuolar membrane transporters OsVIT1 and OsVIT2 modulate iron translocation between flag leaves and seeds in rice.** *Plant J*72(3):400-10. (2012)

## CONCLUSÃO GERAL

Com o aumento da temperatura de secagem provoca a redução do tempo de secagem, com o gasto 6,25 h para temperatura de 40°C e 3 h para temperatura de 70°C.

Quanto maior a temperatura a ser utilizada para secagem da polpa dos frutos de gueroba, menor foi seu valor de difusividade, ou seja, diminuindo assim a resistência a retirada de água. O modelo matemático de Midilli foi o que melhor apresentou o ajuste aos dados experimentais da secagem da polpa dos frutos de gueroba (*Syagrus oleracea*) em diferentes temperaturas de secagem, não descartando os modelos de Wang Sing, Verma, aproximação da difusão em que a temperatura de 50°C houve ajuste no erro médio relativo.

Com relação as propriedades físicas, físico-química da polpa dos frutos da gueroba, as variáveis analisadas mostram em sua maioria indiferença no que se refere a questão dos métodos de secagem. Esse fato pode advir da utilização de frutos que não apresentavam diferença quanto ao tempo de armazenagem, localização, maturação e ação de microrganismo que são fatores relatados que interferem nas propriedades analisadas.

As variáveis que podem afetar a qualidade como textura, cor e sabor não se observaram diferença. A única variável que mostrou diferença na questão da análise físico-química foi o pH, submetido a liofilização das demais temperaturas submetidas para a secagem.

A ausência da diferença dos frutos em sua fisiologia sugere que seja um dos motivos em que não se pode identificar diferenças que venha direcionar o processo de secagem e a produção e qualidade da farinha.