

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

**QUALIDADE DA FARINHA PRODUZIDA DA GUEROBA DO  
CERRADO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM**

Projeto de dissertação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação – *Stricto sensu* em Tecnologia de Alimentos.

Mestranda: Jordana Santos Honório  
Orientador: Daniel Emanuel C. de Oliveira  
Coorientador: Osvaldo Resende

**RIO VERDE - GO**  
**Setembro – 2022**



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

H774q Honório, Jordana Santos  
QUALIDADE DA FARINHA PRODUZIDA DA GUEROBA DO  
CERRADO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM / Jordana  
Santos Honório; orientador Daniel Emanuel C. de  
Oliveira; co-orientador Osvaldo Resende. -- Rio  
Verde, 2022.  
53 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Tecnologia de  
Alimentos) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2022.

1. Syagrus Oleracea. 2. Secagem. 3. Análises  
físico-química. I. Oliveira, Daniel Emanuel C. de,  
orient. II. Resende, Osvaldo, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

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

## Qualidade da farinha produzida da gueroba do cerrado em diferentes condições de secagem

Autora: Jordana Santos Honório  
Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos

APROVADA em 23 de setembro de 2022.

Dr. Osvaldo Resende  
Avaliador interno  
IF Goiano/RV

Dra. Diene Gonçalves Santos  
Avaliadora externa  
IF Goiano/RV

Dra. Geovana Rocha Plácido  
Avaliadora Interna

Dr. Daniel Emanuel Cabral de  
Oliveira

### **Decisão da banca: Aprovada**

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Diene Goncalves Souza, 2020102341360039 - Discente, em 23/09/2022 15:45:39.
- Osvaldo Resende, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 23/09/2022 15:39:33.
- Geovana Rocha Placido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 23/09/2022 15:39:06.
- Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 23/09/2022 15:37:51.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/09/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 424492

Código de Autenticação: c44cd6ecc7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600



## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 15 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)                  | Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização)       | Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação)                   | Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

JORDANA SANTOS HONÓRIO

Matrícula: 2020202330740060

Título do trabalho:

Qualidade da farinha produzida da Quebrada de Urado em  
diferentes condições de secagem

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 02/03/2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Local: Goiânia - GO Data: 30/12/22

Jordana Santos Honório

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo

Denil Emanuel Cabral de Oliveira

Assinatura do(a) orientador(a)

## DEDICO

A Deus,

Pela saúde, pela dádiva da vida, por permitir viver meus sonhos e pela força para lidar com os momentos difíceis ao decorrer desta caminhada.

## OFEREÇO

À minha família,

A minha mãe Rosângela Genoveva, por todo amor, compreensão e principalmente apoio neste momento da minha vida.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, pelo profissionalismo e inteligência, por sempre estar disposto a ajudar e contribuir com suas ideias e conhecimentos, sua dedicação e paciência. Obrigada por acreditar em mim e ter aceito esse convite de orientador.

Ao meu coorientador Osvaldo Resende, pela orientação, apoio e conhecimentos compartilhados ao longo dessa jornada e por permitir utilizar o Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais durante todo o período do mestrado.

Aos colegas do Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais, em especial a Diene Golçalves Souza, Amanda Beatriz e a Josivania, por toda ajuda em minhas análises, troca de experiências e por ter tornado esse momento mais leve com a amizade de vocês.

As minhas companheiras durante todo o mestrado, Michelle Nogueira e Tâmara Santana, obrigada por toda ajuda e companheirismo neste processo, e principalmente pela amizade.

As minhas amigas desde a graduação, Mirelle Rodrigues e Juliene Eveline, pelo apoio e acreditarem em mim, estendendo a mão quando mais preciso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela estrutura, recursos, pela oportunidade de realizar mais uma etapa dos meus estudos e pelos ensinamentos essenciais para minha formação profissional.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade em adquirir amplo conhecimento.

A minha mãe, Rosângela Genoveva dos Santos, por todo amor e compreensão, por todo esforço e dedicação para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida e contribuir para a realização do meu sonho.

Ao meu namorado, Erik Goulart Nascimento, por estar comigo desde o início, por todo amor, carinho, companheirismo e paciência durante este projeto.

A todos os meus familiares e amigos que estão sempre torcendo por mim.

**OBRIGADA A TODOS!**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Jordana Santos Honório, filha de Maurílio Antônio Honório e Rosângela Genoveva dos Santos, nascida em 31 de agosto de 1997, na cidade de Santa Helena de Goiás.

Em fevereiro de 2015 ingressou no curso de Engenharia de Alimentos pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde-GO, graduando-se em março de 2020.

Em setembro de 2020 ingressou no Mestrado em Tecnologia de Alimentos – Campus 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 coorientação do professor Osvaldo Resende.

## ÍNDICE DE TABELA

<b>Tabela 1-</b> Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos vegetais.....	19
<b>Tabela 2-</b> Parâmetros estatísticos para os modelos de secagem caule da guerocha do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.).....	29
<b>Tabela 3-</b> Parâmetros do modelo Midilli ajustados para as diferentes condições de secagem do resíduo do caule da guerocha do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc) em diferentes temperaturas.....	33
<b>Tabela 4-</b> Propriedades termodinâmicas do processo de secagem do resíduo do caule da guerocha do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc).....	36
<b>Tabela 5-</b> . Média dos valores obtidos nas análises químicas da farinha do caule da guerocha do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc).....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Gueroba do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.).....	14
<b>Figura 2-</b> Fatias da Gueroba do cerrado a ( <i>Syagrus oleracea</i> ).....	18
<b>Figura 3-</b> Farinha da Gueroba do cerrado a ( <i>Syagrus oleracea</i> ).....	23
<b>Figura 4-</b> Teor de água do caule da gueroba do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.) durante o período de secagem em diferentes temperaturas.....	29
<b>Figura 5-</b> Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo do Midilli e Wang e Singh para a secagem do resíduo do caule de gueroba do cerrado durante o período de secagem em diferentes temperaturas.....	32
<b>Figura 6-</b> Coeficiente de difusão efetivo obtido para a secagem do resíduo do caule da gueroba do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C...34	34
<b>Figura 7-</b> Representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo em função da temperatura do ar de secagem, obtido durante a secagem do resíduo do caule da gueroba do cerrado ( <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc).....	35

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<b>Símbolo</b>	<b>Sigla</b>
%	Por cento
°C	Graus celsius
a*	Cromaticidade do verde (-80) a vermelho (+100);
a, b, c, n	parâmetros dos modelos
AACC	American Association Of Cereal Chemists
AOAC	Association Of Official Analytical Chemists
AT	Acidez titulável;
b*	Cromaticidade do azul (-50) ao amarelo (+70)
b.s.	Base seca
C	cinzas;
Cm	Centímetro ( $10^{-2}$ m)
Cr	Croma
Do	fator pré-exponencial
Ea:	energia de ativação, $\text{J mol}^{-1}$
Fc	Fator de correção da normalidade do titulante
G	Energia livre de Gibbs ( $\text{J.mol}^{-1}$ )
GLR	graus de liberdade residuais
H	Entalpia ( $\text{J.mol}^{-1}$ )
h; k, ko, k1	constantes de secagem $\text{h}^{-1}$
h°	ângulo de cor hue
Hp	constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}^{-1}$ .
IAA	Índice de absorção em água ( $\text{g.g}^{-1}$ )
IS	Índice de solubilidade
kB	constante de Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ ;
Kg	Quilograma ( $10^3$ g)
L	lipídeos;
M	Metro
Ma	massa de água
Mg	Miligrama ( $10^{-3}$ g)
mL	Mililitro ( $10^{-3}$ L)

Mms	massa da matéria seca.
n	número de observações experimentais
NaCl	Cloreto de sódio
P.A.	Pro analyse (para análise)
PB	proteína;
pH	Potencial hidrogeniônico
R	constante universal dos gases, $8,134 \text{ kJ.kmol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ;
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação (%)
RX	razão de teor de água do produto (adimensional);
S	Entropia ( $\text{J.mol}^{-1}$ )
SE	Erro médio estimado (%)
T	Tempo de secagem (s, h)
Tab	temperatura absoluta, K.
X	Teor de água (decimal, b.s.)
Xe	Teor de água de equilíbrio (decimal, b.s.)
Xi	Teor de água inicial (decimal, b.s.)
Y	Valor observado experimentalmente
Ŷ	Valor estimado pelo modelo
$\chi^2$	Qui-quadrado

## RESUMO

HONÓRIO, J, S. **QUALIDADE DA FARINHA PRODUZIDA DA GUEROBA DO CERRADO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM.** Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2022. Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Coorientador: Osvaldo Resende

A Gueroaba do Cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.) é uma espécie monocotiledônea pertencente à família Arecaceae, nativa do Cerrado brasileiro. É considerada a única palmeira que produz palmito amargo entre as espécies exploradas comercialmente no Brasil e seu cultivo tem alcançado espaço na agricultura goiana, por apresentar grande potencial para a produção de palmito de qualidade. Com aumento na produção de alimentos, identifica-se também a maior geração de resíduos, desta forma, diversos estudos estão sendo realizados a fim de criar soluções para diminuir ou eliminar os problemas ambientais gerados pelas agroindústrias de alimentos. Entre os métodos de conservação de alimentos está a secagem, com intuito de reduzir a deterioração, perda do valor nutricional e comercial do produto. Desta maneira, o objetivo neste trabalho foi produzir a farinha do caule da palmeira de gueroaba do cerrado a partir do caule seco em diversas condições de secagem, analisar a cinética de secagem e ajustar modelos matemáticos, assim como realizar a caracterização nutricional. A metodologia partiu por meio da secagem do caule da gueroaba do cerrado, e foi realizada a secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Após esse processo, procedeu-se a realização das análises físico-química, como, teor de água, proteína bruta, lipídeos, cinzas, carboidratos, valor energético, pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável, determinação de cor e índices de absorção e índices de solubilidade em água. Os resultados deste estudo mostraram que o aumento da temperatura de secagem reduz o tempo de secagem de 14,00 para 7,17 h em temperaturas de secagem de 40 e 70°C. O modelo de Midilli apresentou melhor ajuste experimental aos dados da secagem para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C e o modelo de Wang e Singh se ajustou melhor para a temperatura de 70°C. Os Coeficientes de difusão efetivos apresentaram magnitudes de  $2,146 \times 10^{-11}$ ;  $2,892 \times 10^{-11}$ ;  $3,459 \times 10^{-11}$  e  $5,592 \times 10^{-11}$  e na equação de Arrhenius sua energia de ativação foi de 27,159 kJ mol<sup>-1</sup>. A secagem do caule da gueroaba do cerrado propicia a redução do teor de água inicial, lipídeos, valor energético, pH, SS e IAA e as análises de IAS e AT apresentaram comportamentos inversos. A secagem não alterou os teores de proteínas, cinzas, carboidratos e modificou a cor das farinhas nos parâmetros L\*, a\* e manteve o padrão para a coordenada b\*. A farinha do caule da gueroaba do cerrado tem o potencial de enriquecer alimentos ou até mesmo substituir parcialmente outro tipo de farinha, pelo aproveitamento como substrato para produção de vários outros produtos, por ser de baixo valor calórico e rico em potássio, ajudando a manter controlada a pressão arterial, além de combater a retenção de líquidos.

**Palavras-chave:** *Syagrus oleracea*, análises físico-química, secagem.

## Abstract

HONÓRIO, J. S. **QUALIDADE DA FARINHA PRODUZIDA DA GUEROBA DO CERRADO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM.** Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2022. Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Coorientador: Osvaldo Resende.

S

The Gueroba do Cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.) is a monocotyledonous species belonging to the Arecaceae family, native in the Brazilian Cerrado. It is considered the only palm tree that produces bitter palm among the species commercially exploited in Brazil and its cultivation has reached space in Goiás agriculture, as it has great potential to produce quality palm hearts. With an increase in food production, a greater generation of waste is also identified, in this way, several studies are being carried out to create solutions to reduce or eliminate the environmental problems generated by the food agroindustry. Among the food preservation methods is drying to reduce deterioration, loss of nutritional and commercial value of the product. In this way, the objective of this work was to produce the flour of gueroba palm tree from the dried stem under different drying conditions, to analyze the drying kinetics and adjust mathematical models, as well as carry out the nutritional characterization. The methodology started by drying the gueroba stem in an oven at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C. After this process, physical chemical analyzes were carried out, such as water content, crude protein, lipids, ash, carbohydrates, energy value, pH, total soluble solids, titratable acidity, determination of color and absorption indices and water solubility indices. The results of this study showed that increasing the drying temperature reduces the drying time from 14.00 to 7.17 h at drying temperatures of 40 and 70°C. The Midilli model showed the best experimental fit to the drying data for temperatures of 40, 50 and 60 °C and the Wang and Singh model fit best for the temperature of 70 °C. The effective diffusion coefficients showed magnitudes of  $2.146 \times 10^{-11}$ ;  $2.892 \times 10^{-11}$ ;  $3.459 \times 10^{-11}$  and  $5.592 \times 10^{-11}$  and in the Arrhenius equation its activation energy was 27.159 kJ mol<sup>-1</sup>. The drying of gueroba stem favors the reduction of the initial water content, lipids, energy value, pH, SS and IAA and the IAS and AT analyzes showed opposite behavior. Drying did not alter the protein, ash, carbohydrates contents and modified the color of the flours in the L\*, a\* parameters and maintained the pattern for the b\* coordinate. The flour from gueroba stem from the cerrado has the potential to enrich foods or even partially replace another type of flour, by using it as a substrate for production of several other products, since it is low in calories and rich in potassium, helping to keep the blood pressure, in addition to combating fluid retention.

Keywords: *Syagrus oleracea*, physical-chemical analysis, drying.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Gueroba do Cerrado .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Aproveitamento de Resíduos .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Secagem .....</b>	<b>23</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Objetivo Específicos .....</b>	<b>24</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Elaboração da Farinha do resíduo do caule da gueroba do cerrado .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Teor de água.....</b>	<b>29</b>
<b>4.3 Proteína bruta .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Cinzas.....</b>	<b>30</b>
<b>4.5 Lipídeos .....</b>	<b>31</b>
<b>4.6 Carboidratos .....</b>	<b>32</b>
<b>4.7 Valor energético .....</b>	<b>32</b>
<b>4.8 Potencial hidrogeniônico (pH) .....</b>	<b>32</b>
<b>4.9 Acidez titulável.....</b>	<b>32</b>
<b>4.10 Sólidos solúveis totais .....</b>	<b>33</b>
<b>4.11 Índices de absorção (IA) e índices de solubilidade (IS) .....</b>	<b>33</b>
<b>4.12 Determinação de cor.....</b>	<b>34</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.), é uma espécie monocotiledônea pertencente à família Arecaceae, subfamília Arecoideae, é uma espécie nativa do Bioma Cerrado (NUNES et al., 2018). Considerada a única palmeira que produz palmito amargo entre as espécies exploradas comercialmente no Brasil, seu cultivo é considerado ótima opção de diversificação de renda para pequenos e médios produtores, pois proporciona variedade de produtos úteis, como as folhas usadas na alimentação, frutas e sementes utilizadas na culinária local ou comidas frescas (CARDOSO et al., 2017).

Apresenta importância relevante na culinária de várias regiões e por ser uma espécie não domesticada, as informações sobre a caracterização morfológica de acessos que possam ser utilizadas em programas de melhoramento são escassas (SANTOS et al., 2020). A planta apresenta caule único e grande variabilidade quanto ao ponto de colheita, podendo ser colhidas após dois anos e meio, outras demoram até seis anos e possuem baixa germinação (ALVES et al., 2018).

Entre os métodos de conservação de alimentos está a secagem, com intuito de reduzir a deterioração, perda do valor nutricional e comercial do produto. É um processo que permite a obtenção de produtos pela redução do teor de água, e acompanhada ao armazenamento se tornam etapas fundamentais para obtenção de produtos de qualidade adequada, minimizando perdas, facilitando o transporte, aumentando a vida útil e garantindo produtos em períodos sem disponibilidade em determinadas épocas (CABRAL et al., 2021).

A cinética de secagem pode ser compreendida pela rapidez com que o material perde água, e dependendo de propriedades específicas, como, temperatura, velocidade do ar de secagem e a umidade relativa do ar (SILVA et al., 2015).

Diversos estudos estão sendo realizados com o intuito de elaborar soluções com a finalidade de reduzir ou até eliminar os danos ambientais gerados pelas indústrias de alimentos e uma das maneiras mais eficazes para o problema, seria o aproveitamento dos resíduos alimentares (BARBOSA & CONCEIÇÃO, 2016).

Segundo Damiani (2011) o aproveitamento de resíduo de alimentos é rico em vitaminas, sais minerais, fibras e compostos antioxidantes, além disso, dando acesso aos alimentos em todas as populações por causa da fome e desperdício de alimentos, gerando nova fonte alimentar ou novos produtos.

A farinha é classificada em simples, quando produzida a partir da moagem ou raladura, ou farinha mista, que é obtida pela mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais por meio seguros que garantem a qualidade do produto, conforme as normas estabelecidas pela

Resolução –CNNPA nº 12, de 1978 (Brasil, 2003; Menezes filho *et al.*, 2019).

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi produzir a farinha da palmeira de gueroba do cerrado a partir do caule submetido a secagem nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, analisar a cinética de secagem e ajustar modelos matemáticos, assim como realizar a caracterização nutricional.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Gueroba do Cerrado**

Embora o Brasil seja grande produtor, consumidor e exportador de palmito doce em conserva, há poucas informações científicas referentes ao processo produtivo da gueroba [*Syagrus oleracea* Becc.], que é a única espécie produtora de palmito amargo (BATISTA, 2009).

A gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea*) é uma palmeira nativa do Cerrado brasileiro, da espécie monocotiledônea da família Arecaceae, também conhecida como gueroba, guariroba, palmito-amargoso, catolé, coco-babão, pati-amargoso, coco-amargoso, podendo atingir até 20 metros de altura. Pode ser encontrada nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e São Paulo, e o palmito é de sabor amargo e muito apreciado (COIMBA, 2010).

A gueroba do cerrado é uma palmeira de grande porte, tronco simples e anelado com 15 a 30 cm de espessura, folhas perenes, estruturada em forma de espiral e levemente arqueadas, não perfilha, de caule único e grande variabilidade quanto ao ponto de colheita, existindo plantas que podem ser colhidas após dois anos e meio no campo e outras que permanecem até seis anos (BARBOSA, 2015).

O estipe ou caule da gueroba pode alcançar até 11 metros de altura, coloração cinzenta e de aspecto estirado e revestido pelo remanescente das bainhas foliares. A palmeira produz frutos ovalares, tamanho entre 6 e 7 centímetros e coloração externa verde-amarelada, ocorrendo a sua maturação na estação chuvosa, entre os meses de setembro a novembro. Os frutos possuem polpa fibrosa, são comestíveis e de sabor agradável, servem de alimento à fauna e são empregados na fabricação de doces (VILELA, 2019).

A maior parte do palmito da gueroba do cerrado possui caule solitário do tipo estipe, sendo considerada a maior parte do seu palmito e sua porção aproveitável pesa em média de 0,5 a 3,0 kg. Este palmito é considerado fonte de fibra alimentar, rico em enzimas peroxidase e polifenoloxidase e compostos fenólicos, tornando susceptível ao escurecimento, e os fenóis são responsáveis também pelo gosto adstringente e amargo característico da gueroba (HIANE, 2011).

O cultivo da gueroba do cerrado tem alcançado espaço na agricultura goiana, por apresentar grande potencial para a produção de palmito de qualidade, tornando viável a sua exploração comercial, por causa do sistema de produção apresentar relação custo – benefício e alternativa para agricultura familiar. Sua propagação é realizada por meio de sementes (coquinhos), com floração de setembro a maio e frutificação de outubro a fevereiro (PINTO *et al.*, 2012).

A polpa das frutas das palmeiras é fonte de matéria-prima para a extração de óleo, visto que, o óleo é rico em ácidos graxos insaturados, e do subproduto na produção de farinhas para suplementação alimentar. A polpa dessa fruta é rica em nutrientes e fontes de gorduras, além de conter quantidades significativas de carboidratos (JORGE *et al.*, 2021).

Atualmente, a exploração da gueroba do cerrado possui características que são basicamente extrativistas, determinado pela exploração predatória, sem controle e sem preocupação com a regeneração natural da palmeira, já que para extrair o palmito é necessário cortar o estipe, causando a morte da planta. Outro aspecto importante relacionado a esta cultura é o avanço do desmatamento na região Centro-Oeste de São Paulo, que pode reduzir a variabilidade genética da espécie (CARDOSO *et al.*, 2017).

Historicamente, a gueroba do cerrado foi utilizada como madeira, forrageira, medicinal, ornamental e principalmente como alimento por meio da extração do seu palmito de sabor amargo como recurso para os primeiros agricultores que chegaram à região (DIAS *et al.*, 2014).

A planta da gueroba do cerrado tem serventia para diversas utilidades e sua folhagem é usada em paisagismo. O palmito amargo é utilizado na culinária regional e comercializado em supermercados e os frutos e as folhas podem também ser usados como ração animal. Folhas, flores e raízes podem ser usadas na medicina popular para tratar problemas de bronquite, hemorroidas e dores nas costas. Dos grãos é extraído óleo comestível por ser pouco adocicado. Devido a seu alto teor de ácidos graxos saturados, principalmente ácido láurico (42-50%) é utilizado principalmente para a fabricação de cremes, sabonetes e hidratantes (WENCESLAU *et al.*, 2021).



**Figura 1.** Gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea*).  
Fonte: Arquivo pessoal.

## 2.2 Aproveitamento De Resíduos

Os resíduos alimentares são compostos basicamente de cereais, carnes, massas, embutidos, ovos, frutos e verduras. São gerados em grandes quantidades, principalmente, nos estabelecimentos do segmento de alimentação, como restaurantes, churrascarias, pizzarias, lanchonetes, bares bem como nos domicílios da população (GUERI *et al.*, 2018).

Com o aumento na produção de alimentos, identifica-se também a maior geração de resíduos, desta forma, diversos estudos estão sendo realizados a fim de criar soluções para diminuir ou eliminar os problemas ambientais gerados pelas agroindústrias de alimentos (COSTA FILHO *et al.*, 2017).

Tem-se tornado opção para o aproveitamento dos resíduos do processamento de frutas a sua desidratação para a sua introdução em produtos processados, como, bolos, biscoitos, pão, iogurtes, sorvetes entre outros (MENESES *et al.*, 2018).

Inúmeras indústrias produzem quantias significativas de resíduos que prejudicam o meio ambiente, como a indústria têxtil, de borracha, papel, plásticos, couro, cosméticos, farmacêutica e, principalmente alimentos. A crescente preocupação com o meio ambiente abrange todos os segmentos da indústria em busca de alternativas para aproveitamento adequado de rejeitos (BARBOSA & CONCEIÇÃO, 2016).

Uma alternativa que vem sendo destaque ao longo dos últimos anos é o aproveitamento integral e/ou parcial de resíduos que não são utilizados de frutas e hortaliças. Grande parte do que é descartado, como cascas, sementes e talos podem ser aproveitados na produção de novos

alimentos (SILVA, 2019).

O aproveitamento das partes não consumidas dos alimentos amplia o acesso a alimento para as pessoas de diferentes populações, por causa da fome e o desperdício de alimentos ser problema que o Brasil enfrenta. As cascas das frutas e verduras possuem grande quantidade de vitaminas e sais minerais que auxiliam em tratamentos e prevenções de doenças, pois contêm alto nível de vitaminas, sais minerais e componentes bioativos (DAMIANI, 2011).

Uma maneira racional de utilizar os recursos naturais, diminuindo os impactos negativos sobre o ambiente é reduzir a produção de lixo. Uma parte dele pode ser reciclada e a parte orgânica (folhas, cascas, flores, talos e raízes de frutas e hortaliças) pode ser aproveitada na alimentação humana. Assim, o aproveitamento integral dos alimentos tem se tornado uma prática sustentável, que permite redução de gastos com alimentação da família, estimula a diversificação dos hábitos alimentares sem esquecer de melhorar a qualidade nutricional (AIOLFI & BASSO, 2013).

No aproveitamento de alimentos para a elaboração de novos produtos, o que mais importa é a sua qualidade, sendo seguro para evitar as Doenças transmitidas por alimentos (DTAs) (PEREIRA *et al.*, 2018).

Os resíduos de frutas (RF) derivam principalmente da produção de sucos e polpas, gerando cerca de 30 a 40%. Esses resíduos são em maior parte cascas, sementes e caroços. Neste caso, os RF podem ser transformados em farinha ou serem adicionados “in natura”, servindo como matéria-prima para novos produtos ricos em nutrientes, oferecendo para a população alimentos mais saudáveis e com baixo custo (RANDOLPHO *et al.*, 2020).

Mesmo que, o produto seja o propósito da indústria, o processamento gera resíduos que representam perda de matéria-prima, insumos, subprodutos ou produto principal, demandando tempo e capital para o seu gerenciamento. Surge por meio dos processos de recepção, seleção e limpeza da matéria-prima, e nas diversas fases do processo industrial, pois envolvem quantidades apreciáveis de frutos rejeitados, cascas, sementes e bagaços (VERONEZE & JORGE, 2012).

O processamento mínimo de frutas e vegetais é responsável por gerar quantidade elevada de resíduos. Durante o processamento, a quantidade de resíduos aumenta, uma vez que são descartadas cascas, talos, sementes e bagaço (GIANNONI *et al.*, 2017).

O processamento dos resíduos transformados em farinha é importante pela redução em volume, por causa da retirada de água, livre pelo processo de secagem ou liofilização, promovendo a redução das reações químicas e microbiológicas, tornando os alimentos seguros para o consumo, ao mesmo tempo que aumenta a quantidade de compostos bioativos, fibra

alimentar e minerais de alimentos (SOQUETTA *et al.*, 2016).

### 2.3 Secagem

A secagem ou desidratação de alimentos é a remoção parcial da água por evaporação, utilizando condições controladas de calor, do qual o principal objetivo da secagem é aumentar a vida de prateleira de produtos alimentícios com a diminuição da atividade de água, sendo assim, um processo de conservação muito utilizado, mas que pode provocar alterações na composição nutricional dos produtos (FELLOWS, 2006).

O processo de secagem tem por objetivo reduzir o teor de água ao nível que as reações de deterioração sejam minimizadas, utilizado para preservação de diversos produtos vegetais, pela redução da atividade biológica e as mudanças físicas e químicas durante os procedimentos pós-colheita, aumentando a vida de prateleira e a redução do volume do produto para facilitar seu transporte e armazenamento (JIHÉNE *et al.*, 2013).

Perdas nutricionais podem ocorrer durante o processo de secagem, mas também apresentam vantagens, como a preservação de alimentos, a estabilidade dos componentes aromáticos, a disponibilidade destes produtos nos períodos de entressafra ou de produção inexistente, a redução de custos de armazenamentos e transporte pela redução da massa e do volume do produto, a proteção contra a degradação enzimática e a economia de energia por não precisar de refrigeração para conservar o alimento (MARTINS *et al.*, 2020).

O comportamento de cada alimento no decorrer do processo de redução do teor de água é importante no desenvolvimento e aprimoramento de equipamentos de secagem, sendo relevante a utilização de modelos matemáticos que possam representar a perda de água durante o período de secagem em função da espessura das camadas do material (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Em camada delgada utilizam três tipos de modelos de secagem, usados para descrever a cinética de secagem de produtos agrícolas, que são: o modelo teórico, que considera apenas a resistência interna à transferência de calor e água entre o produto e o ar quente; os modelos semiteóricos e os empíricos, que consideram somente a resistência externa à temperatura e a umidade relativa do ar de secagem (FARIA *et al.*, 2012).

A representação matemática do processo de secagem de vários produtos agrícolas vem sendo estudada e utilizada na tentativa de predizer os fenômenos que ocorrem durante este processo (COSTA *et al.*, 2015)

Diversos modelos matemáticos são usados para simular e obter dados sobre o comportamento do produto durante remoção de água, que são baseados em variáveis externas,

como temperatura e umidade relativa do ar durante o processo de secagem (CAVALCANTE *et al.*, 2021).

Pode-se dizer que a difusividade é a facilidade com que a água é removida do material. Como a difusividade varia conforme mudam as condições de secagem, e por isto não é intrínseca ao material, convencionando a chamar de difusividade efetiva (OLIVEIRA *et al.*, 2012)

Por meio da cinética de secagem é possível determinar o comportamento do material seco, sendo representado por curvas e taxas de secagem (VIEIRA *et al.*, 2019).

A modelagem matemática representa a cinética de secagem de diversos produtos, envolvendo condições como, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, e outras, durante a perda de água, sendo essenciais para simulações matemáticas de camadas espessas do produto, além de auxiliar no processo de aprimoramento e desenvolvimento de equipamentos de secagem (GAUER & GONELLA, 2015).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Produzir a farinha da palmeira de gueroba (*Syagrus oleracea*) do cerrado a partir do caule seco em diversas condições de secagem, analisar a cinética de secagem e ajustar modelos matemáticos, assim como realizar a caracterização nutricional.

#### **3.2 Objetivo Específicos**

- Produzir a farinha do caule de gueroba do cerrado submetido a secagem em temperatura de 40, 50, 60 e 70°C;
- Caracterizar a farinha segundo sua composição proximal (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos e fibras) e valor energético;
- Realizar análises para estabelecer os índices absorção e solubilidade em água;
- Avaliar a cor das farinhas por reflectometria a partir das leituras de L\* (luminosidade), a\* e b\* (parâmetros de Hunter), e calcular o ângulo de cor hue (h°) e o croma (Cr);

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde. Foram utilizados 1,80 kg do caule de gueroba do cerrado, com o teor de água inicial de



aproximadamente, 0,87 base seca (decimal, b.s.). As amostras foram descascadas manualmente com o uso de facas metálicas. Em seguida, a polpa foi fatiada em formato chips nas dimensões de, aproximadamente, 3,0 x 2,0 x 0,1 cm (comprimento, largura e espessura), com auxílio de um ralador doméstico, para o processo de imersão diretamente em água contendo NaCl e ácido acético a 90,0°C por 30 minutos para inibição do escurecimento enzimático. Em seguida, as amostras foram colocadas uniformemente em bandejas de alumínio retangulares (25 x 10 cm) sem perfuração, contendo 150 g do resíduo do caule da gueroba em cada, com 3 repetições cada temperatura de secagem. A umidade relativa no interior da estufa foram 19,19; 11,47; 7,10 e 4,54% para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, respectivamente. As fatias do caule da gueroba foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar com velocidade de 1,0 m s<sup>-1</sup> e temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C.



**Figura 2.** Fatias da Gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea*)  
Fonte: Arquivo Pessoal.

A redução do teor de água ao longo do processo de secagem foi realizada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto até atingir massa constante. O acompanhamento da redução da massa durante a secagem foi realizado com auxílio de uma balança com resolução de 0,01 g.

Para determinação do teor de água de equilíbrio, as amostras do resíduo do caule da gueroba do cerrado contendo 20 g de amostra foram pesadas a cada 24 horas até atingir três pesagens com massa constante. Os teores de água do material foram determinados em estufa regulada a 105°C por 24 horas.

Para a determinação das razões de teor de água do caule da gueroba durante a secagem, utilizou-se a seguinte expressão (1):

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

Em que:

RX: razão de teor de água do produto, adimensional;

X: teor de água do produto (b.s.);

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

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

Os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da secagem de produtos vegetais (Tabela 1) foram ajustados aos dados experimentais da secagem do caule da gueroba do cerrado.

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

Designação do modelo	Modelo
$RX = 1 + a t + b t^2$	Wang e Singh (1)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a)\exp(-k_1 \cdot t)$	Verma (2)
$RX = \exp\left(\frac{-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}}{2 \cdot b}\right)$	Thompson (3)
$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	Page (4)
$RX = \exp(-k \cdot t)$	Newton (5)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli (6)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Logarítmico (7)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis (8)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \exp(-k \cdot a \cdot t)$	Exponencial de Dois Termos (9)
$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	Dois Termos (10)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	Aproximação da Difusão (11)

Em que:

t: tempo de secagem;

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

h<sup>-1</sup>; e a, b, c,

n: parâmetros dos modelos.

O ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem foi realizado por meio de análise de regressão não linear, pelo método Gauss-Newton. Os valores informados na literatura para a modelagem de outros produtos vegetais foram adotados como critérios para os valores iniciais dos coeficientes dos modelos.

Para determinar o grau de ajuste para cada temperatura de secagem, foi considerada a significância dos coeficientes de regressão pelo teste t, adotando o nível de 5% de significância, a magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do erro médio estimado (SE), o teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) ao nível de significância de 5% e o intervalo de confiança a 95% ( $P < 0,05$ ).

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

$$\chi^2 = \sum \frac{(Y - \hat{Y})^2}{GLR} \quad (3)$$

Y - valor observado experimentalmente;

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

n - número de observações experimentais; e,

DF - graus de liberdade residuais (número de observações menos o número de parâmetros do modelo).

O modelo da difusão líquida utilizado foi para a forma geométrica de placa plana devido as dimensões dos chips, com aproximação de oito termos (Equação 6), sendo ajustado aos dados experimentais de secagem do caule da gueroba do cerrado, de acordo com a seguinte expressão 6:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} = \left( \frac{8}{\pi^2} \right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[ - \frac{(2n+1)^2 \cdot \pi \cdot D \cdot t}{4} \cdot \left( \frac{S}{V} \right)^2 \right] \quad (6)$$

Em que:

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

n: número de termos;

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

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

Para a determinação da área superficial e volume dos chips foram realizadas medidas

dos eixos ortogonais (comprimento, largura e espessura) em dez unidades. Com posse dos dados médios da espessura e da área superficial dos chips foi possível o cálculo do volume, conforme a equação a seguir:

$$V = S \cdot e \quad (7)$$

Em que:

e: espessura da casca (m);

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

$$D = D_0 \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{R \cdot T_{ab}}\right) \quad (8)$$

Em que:

$D_0$ : fator pré-exponencial;

$E_a$ : energia de ativação,  $J \text{ mol}^{-1}$ ;

R: constante universal dos gases,  $8,314 \text{ kJ.kmol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ; e

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

As propriedades termodinâmicas do processo de secagem das cascas dos frutos foram obtidas pelo método descrito por Jideani e Mpotokwana (2009):

$$\Delta H = E_a - R \cdot T \quad (9)$$

$$\Delta S = R \cdot \left( \ln k - \ln \frac{k_B}{h_p} \right) - \ln T_{abs} \quad (10)$$

$$\Delta G = \Delta H - T_{abs} \cdot \Delta S \quad (11)$$

Em que:

$\Delta H$  = entalpia,  $J \text{ mol}^{-1}$ ;

$\Delta S$  = entropia,  $J \text{ mol}^{-1}$ ;

$\Delta G$  = energia livre de Gibbs,  $J \text{ mol}^{-1}$ ;

$k_B$  = constante de Boltzmann,  $1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ ; e

$h_p$  = constante de Planck,  $6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}^{-1}$ .

#### 4.1 Elaboração da Farinha do resíduo do caule da gueroba do cerrado,

Para a obtenção da farinha foi utilizado o caule de gueroba do cerrado, com teor de água inicial de 0,87 b.s. As guerobas foram coletadas em uma propriedade rural próximo ao

município de Santa Helena de Goiás, as amostras foram fragmentadas com ralo culinário, com espessura de 2 mm e camada de 1 cm em bandejas sem perfurações. As fatias foram secas em estufa com circulação de ar em quatro temperaturas diferentes: 40, 50, 60 e 70°C. Após a secagem, as amostras foram submetidas ao processo de moagem. As farinhas foram peneiradas em peneira de tela de inox de diâmetro de 1 mm, acondicionadas em embalagens de polipropileno e armazenadas em câmara tipo B.O.D., até a realização das análises.



**Figura 3.** Farinha da Gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea*).  
Fonte: Arquivo Pessoal.

#### 4.2 Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método de secagem em estufa (AOAC, 2000). Foram pesados 5 g da farinha do caule da gueroba do cerrado em cápsulas de alumínio previamente secas a 105°C em estufa com circulação de ar. O teor de água foi calculado pela equação 12.

$$X = \frac{ma}{ma + Mms} * 100 \quad (12)$$

Em que:

X: Teor de água da farinha (% b.u.);

ma: massa de água;

Mms: massa da matéria seca.

#### 4.3 Proteína bruta

Para análise de proteína bruta, foi determinado o nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, segundo o método oficial nº 960.52 da AOAC International (1995). Foi pesado 0,25 g

da amostra no tubo de ensaio, em seguida foi adicionada a amostra 1,0 g do catalizador, e 6,0 mL de ácido sulfúrico PA. Os tubos foram levados para o bloco digestor com aquecimento de 400°C até a digestão completa da amostra (coloração da amostra no final da digestão apresentar a cor verde-clara). Após digestão, os tubos foram retirados do bloco digestor para esfriar. Em seguida, foi ligado o aquecimento de água da caldeira que só foi desligado quando a água entrou em ebulição. Segue-se adicionando hidróxido de sódio 50% no reservatório, e conectado na saída do condensador um erlenmeyer de 250 mL com 10 mL de ácido bórico a 2% e adicionado 5 gotas de solução indicadora.

O tubo com a amostra foi conectado ao destilador, verificando se a válvula do reservatório de hidróxido de sódio está fechada. Com a caldeira desligada, a válvula foi aberta para liberar lentamente o hidróxido de sódio (25 mL) dentro do tubo. Foi acionado o aquecimento da caldeira para iniciar a destilação por arraste da amônia (NH<sub>3</sub>), quando o volume da solução atingiu 75 mL, foi desligado o aquecimento da caldeira. A solução destilada foi titulada com ácido clorídrico 0,1N até coloração rósea (AACC, 2000).

Após a análise, foram realizados cálculos a partir das equações 13 e 14 para determinação de proteína da amostra.

$$\text{Proteína (base úmida) (\%)} = \frac{(\text{VL} - \text{VB}) \cdot (0,014 \cdot 100) \cdot 6,25 \cdot n \cdot \text{Fc}}{\text{MA}} = y \quad (13)$$

$$\text{Proteína (base seca) (\%)} = \frac{y \cdot 100}{(100 - X)} \quad (14)$$

Em que:

VB: mL gastos do titulante;

VL: mL gastos do titulante;

0,014: meq Nitrogênio;

6,25: Fator de conversão do teor de N em proteína;

N: Normalidade do titulante;

Fc: Fator de correção da normalidade do titulante; e

MA: Massa da amostra.

#### 4.4 Cinzas

As cinzas foram determinadas por meio da carbonização total da matéria orgânica em forno mufla (Bravac, M2) a 550°C, até obter cinzas claras, como descritas no método oficial nº 923.03 da AOAC (1995).

Foram pesados 2 g da farinha do caule da gueroba do cerrado em cadinhos de porcelana previamente secos em mufla e resfriados em dessecador, com massa previamente estabelecida. As amostras foram colocadas na mufla ( $500 \pm 15^\circ\text{C}$ ) e permaneceram até a completa incineração da matéria orgânica (cerca de 5 horas) as amostras foram retiradas da mufla, resfriadas em dessecador e pesadas (AOAC, 2000).

Após a análise, os resíduos por incineração foram calculados a partir da equação 15.

$$\% \text{Cinzas} = \frac{(B-A) \cdot 100}{MA} \quad (15)$$

Em que:

A: Massa do cadinho vazio;

B: Massa do cadinho com amostra após secagem e

MA= Massa da amostra.

#### 4.5 Lipídeos

Para a determinação do extrato etéreo, foi utilizada a metodologia de extração contínua por meio da técnica de Soxhlet, com uso de solvente orgânico hexano P.A., durante o período de 8 horas de extração, segundo método nº 925.38 (AOAC, 2000).

Foram pesados 2 g da amostra em papel de filtro que foi fechado e amarrado com fio de lã previamente desengordurado, as amostras foram transferidas para o aparelho de Soxhlet, e este foi conectado a um balão de fundo chato (previamente secos em estufa a  $105^\circ\text{C}$  e tarado) e adicionados 450 mL de hexano P.A. O balão foi acondicionado manta aquecedora e o aparelho de soxhlet conectado ao condensador de bolas.

O balão, então, 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  $105^\circ\text{C}$ , a cerca de uma hora, e resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. A amostra foi pesada e as operações de aquecimento serão repetidas por 30 minutos na estufa e resfriadas até obtenção das massas constantes até no máximo 2 horas (AOAC, 2000).

Os resultados foram expressos em % de lipídeos, calculados a partir da equação 16:

$$\% \text{Lipídios} = 100 \times \frac{m}{m'} \quad (16)$$

Em que:

m: massa de lipídios, g; e

m': massa da matéria seca, g.

#### 4.6 Carboidratos

Para determinar o teor de carboidratos foi utilizado o método de cálculo por diferença descrita por Sniffen e Perez (1992), de acordo com a equação 17, na qual foi considerada a matéria integral e o resultado foi expresso em  $g \cdot 100 g^{-1}$ .

$$CHO_t = 100 - (X + L + PB + C) \quad (17)$$

em que:

X= teor de água;

L = lipídeos;

PB = proteína;

C = cinzas;

#### 4.7 Valor energético

Para a determinação do valor calórico foi utilizada a equação 18, fazendo o uso dos seguintes fatores de conversão de Atwater: proteínas,  $4 \text{ kcal } g^{-1}$ ; carboidratos,  $4 \text{ kcal } g^{-1}$ ; lipídeos,  $9 \text{ kcal } g^{-1}$  (MERRIL e WATT, 1973; DE ANGELIS, 1977).

$$\text{Valor calórico (kcal/100g)} = (\text{proteína} \cdot 4) + (\text{carboidratos} \cdot 4) + (\text{lipídeos} \cdot 9) \quad (18)$$

#### 4.8 Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada de acordo o método da AOAC 943.02. Foram pesados 5 g da amostra e transferida para um erlenmeyer de 250 mL, adiciona-se em seguida 50 mL de água destilada a 25°C. Agitar até que forme uma suspensão uniforme (cerca de 10 minutos de agitação em agitador magnético). A solução ficou em repouso por 10 minutos e o líquido sobrenadante foi transferido para um béquer seco e realizou a leitura do pH utilizando um pHmetro digital devidamente calibrado (AOAC, 2000).

#### 4.9 Acidez titulável

Foi utilizada a solução previamente preparada para a leitura do pH, a titulação será realizada com solução de hidróxido de sódio 0,1N sob agitação constante, até a solução atingir o pH de 8,1 durante a titulação o pH foi controlado por meio de um pHmetro (CECCHI, 2003). O índice de acidez será determinado pela equação 19:

$$(19)$$



$$AT = \frac{V \cdot f \cdot N}{MA}$$

Em que:

AT: Acidez titulável;

V: Quantidade de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

f: Fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

MA: Massa da amostra em g e

N: Concentração da solução de hidróxido de sódio.

#### 4.10 Sólidos solúveis totais

Foram adicionados 10 g da farinha do caule a 100 mL de água destilada em um erlenmeyer a solução foi submetida à agitação (em agitador magnético por 10 minutos), e em seguida a filtração, foi efetuada a leitura do filtrado a 20°C em um refratômetro digital. O resultado foi expresso em °Brix (IAL, 2005).

#### 4.11 Índices de absorção (IA) e índices de solubilidade (IS)

Foi avaliado o índice de absorção e solubilidade em água, acordo com Anderson *et al.* (1969), com adaptações.

Foram pesados em tubo de ensaio 1,0 g de amostra, e adicionados 10 mL do solvente. O tubo foi agitado, em seguida essa solução será transferida para um tubo de centrífuga. As soluções foram centrifugadas a 3000 rpm durante 40 minutos. O líquido sobrenadante foi transferido para cadinhos de alumínio e evaporado em banho-maria a 100°C por duas horas, em seguida submetidas a secagem em estufa a 105°C por três horas. O gel excedente no tubo da centrífuga será pesado. O índice de absorção será determinado a partir do resíduo da evaporação e do sobrenadante conforme equação 20.

$$IA = \frac{MRC}{MA} \cdot MRE \cdot 100 \quad (20)$$

Em que:

IA: Índices de absorção;

MRC: Massa do resíduo da centrífuga em gramas;

MA: Massa da amostra em gramas e

MRE: Massa do resíduo da evaporação em gramas.

O índice de solubilidade em água foi determinado pela relação entre a massa do resíduo da evaporação e a massa seca da amostra segundo a equação 21:

$$IS (\%) = \frac{MRE}{MA} \cdot 100 \quad (21)$$

Em que:

IS: Índice de solubilidade, %;

MA: Massa da amostra, g;

MRE: Massado resíduo da evaporação, g;

#### 4.12 Determinação de cor

Foi realizada segundo o método AACC 14-22. A determinação de cor por meio de colorímetro, o qual avalia os atributos da cor pelo sistema da Comissão Internacional de Iluminação (CIELAB). O resultado será expresso em L\* (define luminosidade), a\* (mede a intensidade do verde/vermelho) e b\* (mede a intensidade azul/amarelo). As amostras foram pesadas e em seguida submetidas à leitura no aparelho (AACC, 2000).

Foram avaliados também a saturação da cor Chroma (equação 22) e o ângulo Hue (equação 23).

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

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

Em que:

L\*: luminosidade;

a\*: Cromaticidade verde-vermelho;

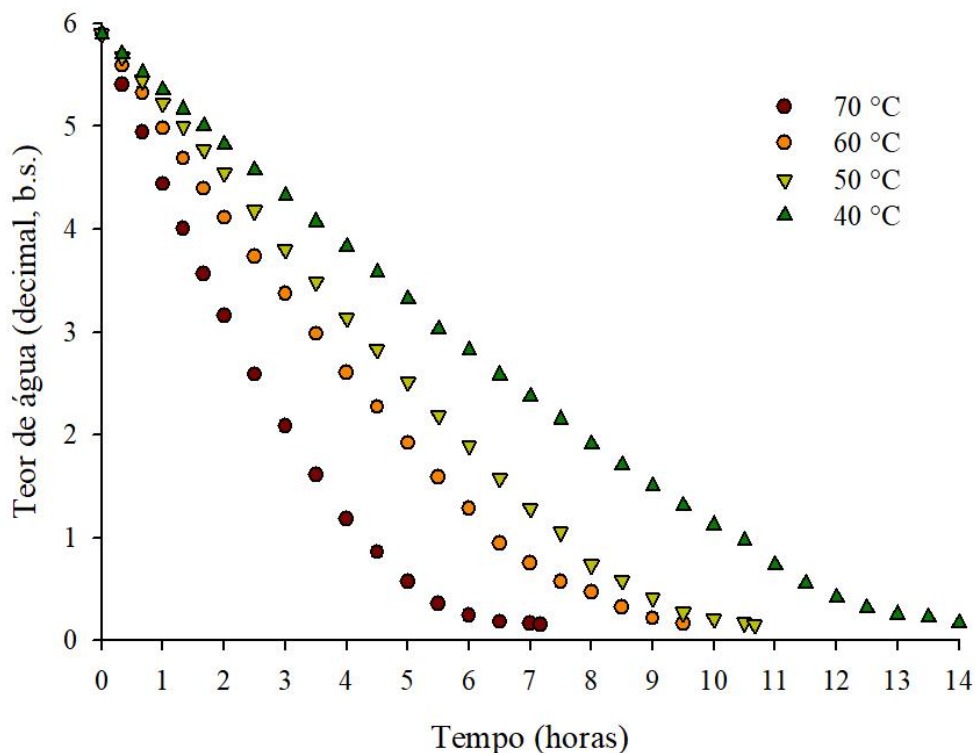
b\*: Cromaticidade azul-amarelo;

C\*: Chroma; h: Hue (°); e

## 5. RESULTADOS

A Figura 4 apresenta as curvas de secagem em diversas condições de temperatura para o caule do gueroba do cerrado. Nota-se que os tempos de secagem das amostras, considerando o teor de água inicial de aproximadamente 5,90 base seca (decimal, b.s.) e o final de 0,159 (decimal, b.s.), nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C foram de 14,00; 10,67; 9,50 e 7,17 h, respectivamente. Esse fenômeno ocorre pelo aumento na diferença entre a pressão parcial do vapor do ar de secagem e a temperatura do produto durante a remoção de água (SIQUEIRA *et*

al., 2012).



**Figura 4.** Teor de água do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.) durante o período de secagem em diferentes temperaturas

Além disso, nota-se que, com o aumento da temperatura do ar de secagem ocorre maior taxa de remoção de água do produto, conforme observado por ATAIDES (2019) em estudo sobre cinética de secagem do epicarpo, mesocarpo e semente do araticum (*Annona crassiflora*) e obteve para o teor de água inicial de 1,17 (decimal, b.s) os tempos de secagem de 21, 15, 13 e 11 horas para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, até a secagem final de 0,05 (b.s.). Comportamento semelhante foi observado por SANTOS *et al.* (2013) na cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum e SILVA *et al.* (2016) na obtenção e caracterização da farinha do albedo de maracujá (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) para uso alimentício.

Os ajustes dos modelos matemáticos analisados (Tabela 2) foram avaliados por meio da comparação dos valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), qui-quadrado ( $\chi^2$ ), erro médio estimado (SE). Os maiores valores de  $R^2$  e os menores valores de  $\chi^2$  e SE indicam os melhores ajustes dos modelos matemáticos. Enquanto os valores de SE e  $\chi^2$  foram usados para comparar diferenças entre a razão de teor de água experimental e a razão de teor de água predita.

**Tabela 2.** Parâmetros estatísticos para os modelos de secagem ajustados para representar a cinética de secagem dos chips do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.)

Modelos	40°C			50°C		
	SE (decimal)	$\chi^2$ , (decimal)	R <sup>2</sup> (%)	SE (decimal)	$\chi^2$ , (decimal)	R <sup>2</sup> (%)
Wang e Sing	0,0132	0,000175	99,84	0,0206	0,000426	99,65
Verma	0,0152	0,000231	99,80	0,0369	0,001364	98,93
Thompson	0,0750	0,005618	94,98	0,0810	0,006555	94,64
Page	0,0313	0,000979	99,13	0,0288	0,000830	99,32
Newton	0,0737	0,005430	94,98	0,0793	0,006281	94,64
Midilli	0,0108	0,000116	99,90	0,0132	0,000173	99,87
Logarítmico	0,0146	0,000213	99,82	0,0213	0,000455	99,64
Henderson e Pabis	0,0653	0,004259	96,19	0,0690	0,004757	96,11
Exponencial de Dois Termos	0,0749	0,005617	94,98	0,0810	0,006554	94,64
Dois Termos	0,0676	0,004575	96,19	0,0722	0,005210	96,11
Aproximação da Difusão	0,00763	0,005818	94,98	0,0236	0,000556	99,57
Modelo	60°C			70°C		
	SE (decimal)	$\chi^2$ , (decimal)	R <sup>2</sup> (%)	SE (decimal)	$\chi^2$ , (decimal)	R <sup>2</sup> (%)
Wang e Sing	0,0136	0,000185	99,84	0,0083	0,000068	99,95
Verma	0,0298	0,000890	99,28	0,0205	0,000421	99,68
Thompson	0,0658	0,004326	96,30	0,0563	0,003165	97,45
Page	0,0261	0,000679	99,42	0,0181	0,000327	99,74
Newton	0,0642	0,004120	96,30	0,0546	0,002978	97,45
Midilli	0,0134	0,000178	99,86	0,0128	0,000164	99,88
Logarítmico	0,0179	0,000322	99,74	0,0230	0,000528	99,60
Henderson e Pabis	0,0565	0,003193	97,27	0,0481	0,002310	98,14
Exponencial de Dois Termos	0,0658	0,004326	96,30	0,0563	0,003165	97,45
Dois Termos	0,0596	0,003548	97,27	0,0204	0,000417	99,71
Aproximação da Difusão	0,0186	0,000347	99,72	0,0235	0,000553	99,58

Os parâmetros estatísticos para os modelos de secagem (Tabela 2) são utilizados para a comparação entre os onze modelos analisados para a descrição da cinética do caule da gueroba

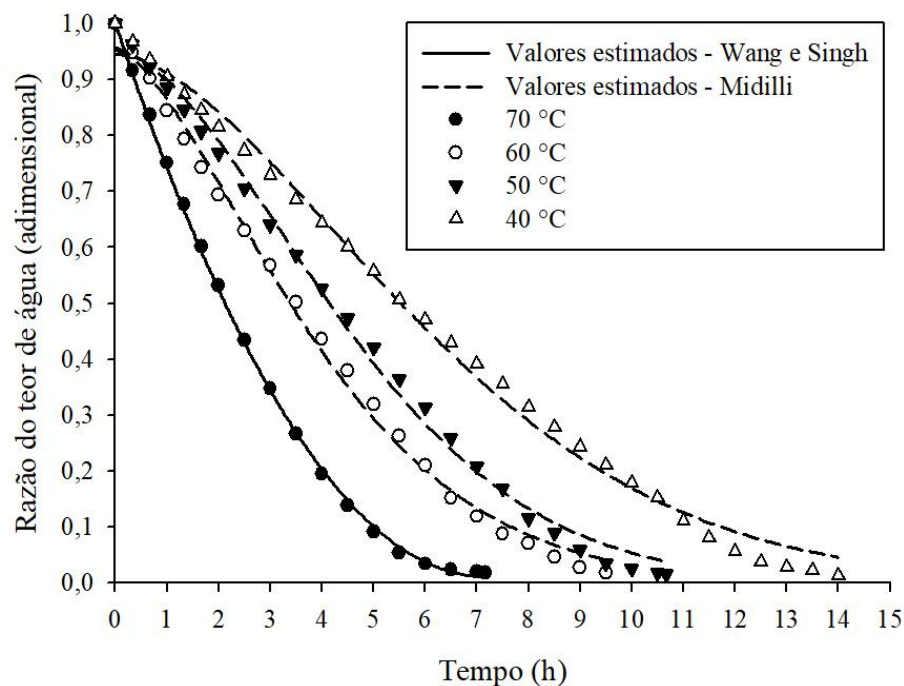
do cerrado, em diferentes condições de temperaturas, e demonstraram que o modelo de Midilli para as temperaturas de 40, 50 e 60°C apresentou os maiores valores dos coeficientes de determinação ( $R^2 > 99,86\%$ ), os menores *Qui*-quadrado e os valores do erro médio estimado (SE) foram próximo de zero. Para a temperatura de 70°C o melhor modelo apresentado foi o de Wang e Singh, indicando bom ajuste aos dados experimentais, portanto, melhor representa o processo de secagem nesta condição. Quanto mais próximo o valor SE estiver a zero, melhor sua capacidade de representar de forma correta o processo de secagem (Jorge *et al.*, 2021).

Todos os modelos testados apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) igual ou superior a 94%, fica evidenciado a representação satisfatória do processo de secagem (Tabela 2). Segundo MOSCON *et al.* (2017), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que varia de 0 a 100%, mostra a força da relação dos dados, sendo eles estimados e observados, visto que, quanto mais próximo o valor de 100% melhor o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) será ajustado aos dados experimentais.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores do teste de *Qui*-quadrado obtidos para os diferentes modelos ajustados às curvas de secagem do resíduo do caule da gueroba do cerrado. De acordo com os resultados apresentados na análise de parâmetros estatísticos, o modelo de Midilli para as temperaturas de 40, 50 e 60°C apresentou melhores resultados para o teste de *Qui*-quadrado, ou seja, menor valor quando comparado com os outros modelos, e para a temperatura de 70°C o modelo de Wang e Singh apresentou o menor valor para o teste de *Qui*-quadrado ( $\chi^2$ ).

Os onze modelos analisados apresentaram valores relevantes de *qui*-quadrado, sendo menores que o *qui*-quadrado tabelado. Segundo Oliveira *et al.* (2012), quanto menor o valor do *qui*-quadrado, melhor o ajuste do modelo as condições. Assim, de maneira geral, os modelos Midilli (7) e Wang & Singh (2) apresentaram os menores valores de *qui*-quadrado e obtiveram melhor ajuste ao processo de secagem.

Na Figura 5, estão apresentadas as curvas de secagem do caule de gueroba do cerrado estimadas pelo modelo Midilli para as temperaturas de 40, 50 e 60°C e Wang e Singh para 70°C. O teor de água inicial foi de 5,90 (decimal,b.s). Verifica-se os ajustes satisfatório dos modelos aos valores experimentais obtidos ao longo da secagem da gueroba do cerrado.



**Figura 5.** Valores dos teores de água experimentais e estimados pelo modelo do Midilli e Wang e Singh para a secagem do caule de gueroba do cerrado, durante o período de secagem em diferentes temperaturas.

SANTOS *et al.* (2019), ao desidratarem a polpa de patauá nas temperaturas de 40, 50 e 60°C, relataram que a equação de Midilli apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais. Semelhante ao presente trabalho, CAGNIN *et al.* (2017), em estudo sobre alho: cinética de secagem e propriedades termodinâmicas nas temperaturas de 40, 50 e 60°C mencionaram que o modelo Midilli refletiu de forma satisfatória o desempenho de secagem.

Similar a temperatura de 70°C que encontrou como melhor ajuste o modelo de Wang e Singh, FREITAS *et al.* (2018), em um estudo sobre caracterização físico-química da cajá (*Spondias mombin* L.) secagem em espuma a diferentes temperaturas, relataram que o melhor ajuste de modelo matemático para a temperatura de 50°C foi o de Wang e Singh.

Pode-se observar que na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros dos coeficientes do modelo do modelo de Midilli para as temperaturas de 40, 50 e 60°C e Wang e Singh para a temperatura de 70°C. A constante de secagem  $k$  no modelo de midilli aumentou de forma linear com o aumento da temperatura de secagem para o caule da gueroba do cerrado e os coeficientes  $a$ ,  $n$  e  $b$  não mostraram nenhuma tendência com o aumento da temperatura de secagem, indicando comportamento diferente da constante  $k$ . No modelo de Wang e Sing para a temperatura de 70°C nota-se que com o aumento da temperatura, paralelamente os valores encontrados para o parâmetro encontrado para “ $b$ ” elevou e o parâmetro “ $a$ ” diminuiu com o aumento da temperatura e remoção da água.

**Tabela 3** - Parâmetros dos coeficientes do modelo do modelo de Midilli para as temperaturas de 40, 50 e 60°C e Wang e Singh para a temperatura de 70°C durante a secagem do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc) em diferentes temperaturas.

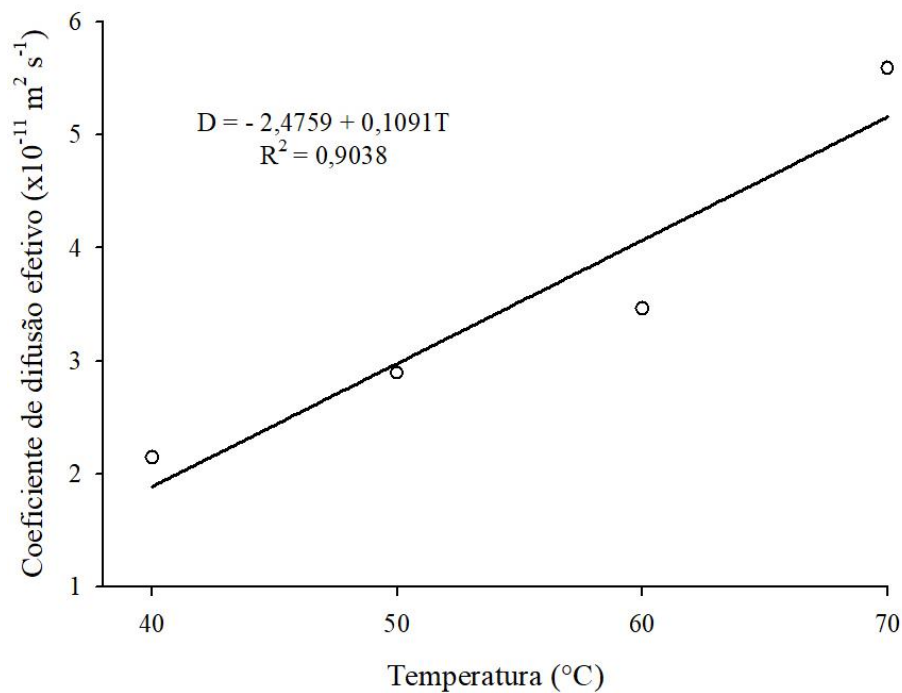
Parâmetros	Temperatura (°C)			
	40	50	60	70
a	0,981258**	0,979787**	0,983511**	-0,276334**
k	0,058887**	0,079067**	0,126251**	
n	1,290720**	1,402844**	1,273994**	
b	-0,012896**	-0,011004**	-0,011511**	0,019312**

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

A constante k do modelo de Midilli aumenta em função da temperatura do ar de secagem para a polpa de frutos de gueroba e obteve comportamento semelhante ao obtido por DIÓGENES *et al.* (2013) que realizaram um estudo para a cinética de secagem de grãos de abóbora e OLIVEIRA *et al.* (2015) estudando a modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de morangos.

A constante de secagem k pode ser utilizada como aproximação para representar o efeito da temperatura e está relacionada com a difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente (OLIVEIRA *et al.*, 2012)

Na Figura 6, estão os valores do coeficiente de difusão efetivo para o caule da gueroba do cerrado, sendo considerado o volume e área superficial, após a secagem em diferentes temperaturas. Os valores do coeficiente de difusão foram:  $2,146 \times 10^{-11}$ ;  $2,892 \times 10^{-11}$ ;  $3,459 \times 10^{-11}$  e  $5,592 \times 10^{-11}$  para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, respectivamente.



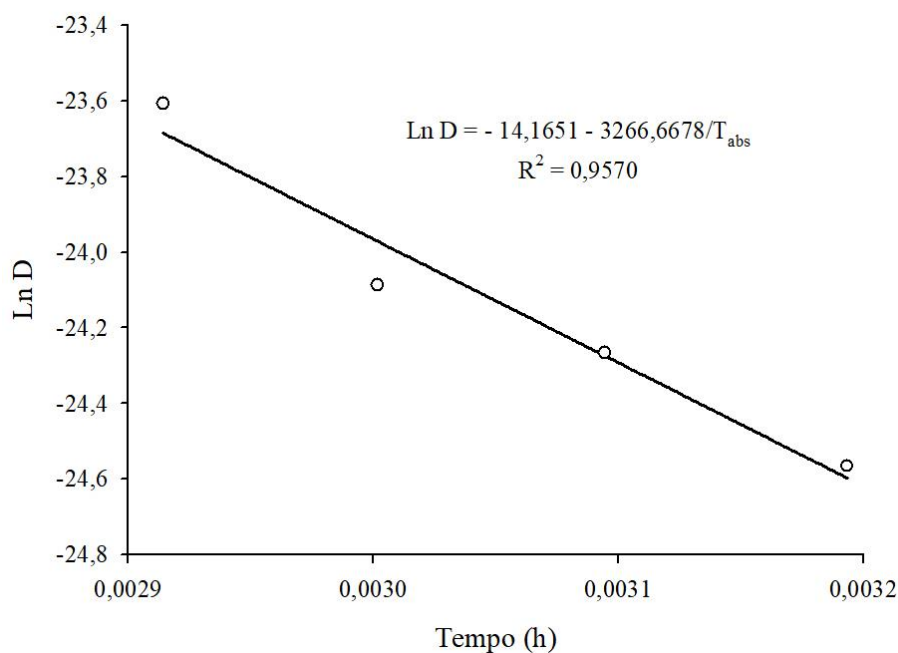
**Figura 6.** Coeficiente de difusão efetivo obtido para a secagem do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C.

Verifica-se comportamento linear crescente, sendo que os valores do coeficiente de difusão efetivo do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc) aumenta com o incremento da temperatura do ar de secagem, indicando que a elevação da temperatura também causa o aumento do nível das vibrações moleculares da água, e favorece a difusão da água (GONELI, 2016). Resultados semelhantes foram obtidos por CAVALCANTE *et al.* (2021), em estudo de ajuste de modelos matemáticos na secagem de polpa de cagaita em camada de espuma nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C e no estudo realizado por OLIVEIRA *et al.* (2013), com a cinética e as propriedades termodinâmicas dos grãos de soja durante o processo de secagem nas temperaturas de 40, 55, 70, 85 e 100°C.

Similar ao presente trabalho Jorge *et al.* (2021) obtiveram os coeficientes de difusão efetivo em polpa da fruta de gueroba com magnitudes de  $3,11 \times 10^{-9}$  e  $5,84 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para as temperaturas de 40 a 70°C. E também, Ataidés *et al.* (2022) em seu estudo sobre a cinética de secagem do epicarpo de araticum (*Annona crassiflora*) encontraram valores do coeficiente da difusão efetiva para o epicarpo de araticum de  $0,545 \times 10^{-9}$ ;  $1,201 \times 10^{-9}$ ;  $1,109 \times 10^{-9}$  e  $1,839 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C.

O coeficiente de difusão aumentou linearmente com a elevação da temperatura do ar de secagem, e a sua influência pode ser descrita por meio da representação de Arrhenius, conforme ilustrado na Figura 7.





**Figura 7.** Representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo em função da temperatura do ar de secagem, obtido durante a secagem do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc).

A expressão de Arrhenius (Figura 4) foi usada para representar a dependência do coeficiente de difusão efetivo do caule de gueroba do cerrado em diferentes temperaturas de secagem. A energia de ativação encontrada para a cinética de secagem foi de 27,159 kJ mol<sup>-1</sup>. Nos processos de secagem, quanto menor a energia de ativação maior será a difusividade de água no produto.

Nos processos de secagem, quanto mais baixa a energia de ativação, maior a difusividade da água no produto, porque indica a facilidade com que as moléculas de água superam a barreira de energia durante sua migração dentro do produto (SMANIOTTO *et al.*, 2017).

Ataides *et al.* (2022) obtiveram valores de coeficiente de difusão efetivo para o mesocarpo de araticum de 0,545x10<sup>-9</sup>; 1,201x10<sup>-9</sup>; 1,109x10<sup>-9</sup> e 1,839x10<sup>-9</sup> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C. Reis *et al.* (2018) durante a cinética de secagem de farinhas de baru em função da temperatura encontraram valores da energia de ativação de 22,39 e 39,37 kJ mol<sup>-1</sup> no processo de secagem, sendo valores próximos comparativamente ao presente trabalho.

As propriedades termodinâmicas do processo de secagem do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc) estão expressos na Tabela 4, apresentando os valores de entalpia (H), entropia (S) e energia livre de Gibbs (G), para as diferentes condições de

secagem. Nota-se que com acréscimo da temperatura de secagem, a entalpia diminuiu, enquanto a entropia e a energia livre de Gibbs aumentam.

**Tabela 4.** Propriedades termodinâmicas do processo de secagem do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc).

Temperatura (°C)	Temperatura (°C)		
	H	S	G
40	24555,81	-127,55	64497,08
50	24472,67	-127,81	65773,86
60	24389,53	-128,06	67053,21
70	24306,39	-128,31	68335,06

A entalpia está relacionada com a energia necessária para remover a água ligada ao produto durante a secagem, desta forma, a entalpia é reduzida com o aumento da temperatura de secagem (Oliveira *et al.*, 2010). No presente trabalho a entalpia apresentou menores valores com o aumento da temperatura, com isso, menor quantidade de energia é exigida para que a secagem ocorra em temperaturas mais elevadas. Os valores de entalpia para o processo de secagem do resíduo do caule da gueroba do cerrado foram de 24.555,81; 24.472,67; 24.389,53 e 24.304,39 J mol<sup>-1</sup> para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, respectivamente.

A entropia é uma propriedade termodinâmica que está associada ao grau de desordem entre a água e o produto. O fato de os valores de entropia caírem quando aumenta a temperatura, acontece por conta da maior excitação das moléculas de água dentro do produto (Goneli *et al.*, 2010). Os valores de entropia foram de -127,55; -127,81; -128,06; -128,31 para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, respectivamente. Os valores negativos de entropia foram atribuídos à existência de adsorção química e/ou modificações estruturais do adsorvente.

Nkolo Meze'e *et al.* (2008) relatam que a energia livre de Gibbs é atribuída ao trabalho necessário para tornar os locais de sorção disponíveis. No presente trabalho, com o aumento da temperatura de secagem, a energia livre de Gibbs apresenta valores positivos, indicando que a secagem não foi espontânea. Os valores encontrados foram de 64.497,08; 65.773,86; 67.053,21 e 68.0335,06 J mol<sup>-1</sup> respectivamente para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C.

A média dos valores obtidos nas análises químicas da farinha do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc) estão expressos na Tabela 5.

**Tabela 5.** Média dos valores obtidos nas análises químicas da farinha do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc).

Análises	Temperatura (°C)			
	40	50	60	70
Teor de água (%)	12,93 a	13,16 a	14,05 a	13,81 a
Proteína (%)	12,86 a	11,85 a	12,11 a	13,2 a
Lipídeos (%)	2,74 a	2,98 a	2,54 a	0,58 b
Cinzas (%)	25,12 a	25,55 a	27,08 a	27,00 a
Carboidratos (g.100 g <sup>-1</sup> )	46,35 a	46,44 a	44,21 a	45,39 a
Valor energético (kcal por 100 g)	261,51 a	260,03 a	248,22 ab	239,67 b
pH	5,66 a	5,65 a	5,26 b	5,19 b
AT (%)	27,29 a	30,36 ab	32,75 ab	37,19 b
SS (°Brix)	1,33 a	1,34 b	1,34 b	1,34 b
L*	54,70 a	53,80 a	72,11 b	71,65 b
a*	5,02 a	5,14 a	1,95 b	2,48 b
b*	20,71 a	20,82 a	20,26 a	20,12 a
IAA (%)	123,61 a	124,36 a	133,66 a	126,27 a
IAS (%)	17,10 a	17,11 a	22,07 b	19,00 ab

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

\*SS: Sólidos Solúveis; AT: Acidez Titulável; IAA: Índice de Absorção de Água; ISA: Índice de Solubilidade de Água; VI: Volume de Intumescimento. L \*(luminosidade ou brilho), a \* (coordenada a), b \* (coordenada b).

Em relação as análises de estudo do teor de água no caule da gueroba do cerrado, estas, não apresentaram diferença entre si, com resultados variando de 12,93 a 14,05%. O teor de água encontra-se dentro do padrão da ANVISA (2005), a qual determina que deve ser inferior a 15% b.u..

O resultado do teor de água do presente trabalho apresentou semelhança ao obtido por MENESES *et al.* (2018) para o resíduo desidratado de manga (casca) de 13,42% b.u., no estudo de subprodutos de frutas tropicais desidratados por secagem convectiva e ressaltaram que quanto menor o teor de água e a atividade de água do resíduo obtido após o processamento da fruta, melhor a qualidade do alimento e a estabilidade microbiológica dos resíduos desidratados. E, resultados superiores ao encontrado por SANTOS *et al.* (2020) em seu estudo sobre a avaliação das características físico-químicas, atividade antioxidante e fenólicos totais da farinha do extrato da jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) apresentando o teor de água de 11,29% b.u..

Os teores de proteínas variaram de 11,85 e 13,2% nas diferentes temperaturas de secagem do caule da gueroba do cerrado, não sendo identificadas diferenças entre si. Maior parte das proteínas são solúveis a temperatura ambiente e a solubilidade tendem a aumentar conforme a elevação da temperatura até 40-50°C, acima dessa temperatura as proteínas começam a sofrer desnaturação, no qual, é irreversível pela estabilidade das novas interações ou ligações que se formam e da aleatoriedade das mudanças na configuração espacial da molécula (RIBEIRO, 2007).

Resultado similar ao encontrado por CLEMENTE *et al.* (2012) e, realizaram um trabalho sobre as características da farinha de resíduos do processamento de laranja, e encontraram resultado de 11,08% de proteína, e valores inferiores quando comparado com NASCIMENTO *et al.* (2018) em estudo sobre farinha de pimentão verde submetido a secagem a 60°C com 19,6% de proteína.

Em relação aos lipídeos, observa-se que ocorreu de acordo com o aumento da temperatura da secagem e apresentaram diferença apenas para a temperatura de 70°C, que apresentou menor valor. Os resultados de lipídeos da temperatura de 70°C (0,58) diferiram das amostras de 60°C (2,54), 50°C (2,98) e 40°C (2,74), indicando redução nos valores de lipídeos em temperaturas mais elevadas. Segundo DAMODARAN *et al.* (2010), o oxigênio é uma substância solúvel em óleo e sua presença pode provocar a oxidação lipídica, com isso, o aumento da temperatura é capaz de promover o incremento da velocidade da oxidação de lipídeos.

Valores semelhantes ao do presente trabalho foram encontrados por SOUZA *et al.* (2020) na caracterização físico-química e tecnológica de farinha de batata-doce biofortificada seca em diferentes temperaturas e obteve teor de lipídeos de 0,55 (g 100 g<sup>-1</sup>) e por MORAIS *et al.*, (2019) em seu estudo sobre caracterização Química, física e tecnológica da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.), que obteve teor de lipídios da farinha da casca de buriti de 1,19% em secagem a 55°C.

A análise de cinzas é realizada para avaliar a quantidade de substâncias minerais presentes no material após sua queima (SILVA *et al.*, 2021). O teor de cinzas na farinha do resíduo do caule da gueroba do cerrado variou de 25,12 a 27,08%, não sendo identificadas diferenças entre si.

Para a CNNPA –ANVISA (BRASIL, 1978), os resultados encontrados estão fora dos parâmetros estipulados de cinzas para as farinhas que variam de 1,0 a 6,0. Segundo WANG & ZHENG (2003) o teor cinzas pode estar relacionado com a qualidade nos alimentos, visto que maiores teores de cinzas apresentam também maiores teores de cálcio, magnésio, ferro, fósforo, sódio e outros componentes minerais nos frutos e seu valor pode ser alterado em função dos substratos de cultivo.

SILVA *et al.* (2020), estudando a caracterização física, físico-química e proximal do fruto de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) obtiveram teor de cinzas de 4,02% para a farinha da polpa; 2,29% para farinha de semente e 2,25% para farinha da casca de jatobá-do-cerrado, sendo esses valores inferiores comparativamente ao presente trabalho.

Os valores de carboidratos encontrados na farinha de gueroba do cerrado variaram de 44,21 a 46,44% para as diferentes temperaturas de secagem com valor médio de 45,59%. O teor de carboidrato é encontrado em maior parte na casca das frutas, sendo representado pelo amido, celulose, hemicelulose, lignina, pectina e outros biopolímeros. Por este motivo, os teores de fibras estão inclusos nos valores encontrados de carboidratos totais (SILVA *et al.*, 2020).

SILVA (2017) avaliando as propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*dipteryx alata* Vogel) em função de diferentes condições de secagem do fruto, encontraram o teor médio de carboidratos totais das amostras FEMB de 77,41 g 100 g<sup>-1</sup>, valor superior quando comparado com o presente trabalho. E, por GOMES *et al.* (2020), estudando a elaboração e caracterização do pão enriquecido com farinha à base de buriti (*Mauritia flexuosa* L.), com teor de carboidrato de 61,24%.

Para o valor energético total, segundo a Anvisa (1998), para um alimento ser considerado fonte de energia deve fornecer 40 Kcal por 100g de alimento, quando os resultados são inferiores a 20 Kcal por 100 gramas o alimento é tido como de baixo valor calórico.

Os resultados encontrados na secagem do caule da gueroba do cerrado variaram de 239,67 a 261,51 para as diferentes temperaturas, havendo diferença entre as amostras. Evidencia-se que a farinha do resíduo da gueroba apresenta alto valor calórico.

O presente trabalho apresentou resultados inferiores quando comparados com MORAIS *et al.* (2019) que relataram a caracterização química, física e tecnológica da farinha obtida a partir da casca de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) com valor energético de 359,78 kcal por 100 g; e por SILVA *et al.* (2020) na caracterização física, físico-química e proximal do fruto de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) com valor de 318,94 kcal por 100g para farinha da polpa, 379,06 kcal por 100 g para farinha da semente e 285,65 para farinha da casca.

Os valores de pH das farinhas do caule da gueroba nas quatro diferentes temperaturas variaram de 5,19 a 5,66, para 70 e 40°C, respectivamente. As diferenças ocorrem entre as temperaturas de 40 e 50°C que apresentaram valores maiores de pH (5,66 e 5,65), e as temperaturas de 60 e 70°C (5,26 e 5,19). Constata-se que o valor de pH ácido observado no presente trabalho traz benefícios ao produto, pois favorece o aumento da vida de prateleira, por apresentar efeitos tóxicos aos microrganismos, sendo desfavorável ao seu desenvolvimento (ARAUJO *et al.*, 2017).

SILVA *et al.* (2020), realizaram estudo com a farinha da polpa, semente e casca do jatobá do cerrado e encontraram valores de pH próximos ao do trabalho 5,41, 5,67 e 5,04, respectivamente. Valores semelhantes também foram encontrados por SILVA *et al.* (2019), para farinha do epicarpo e mesocarpo do baru em diferentes temperaturas, sendo: FEMB40

(5,65), FEMB60 (5,66), FEMB80 (5,31), FEMB100 (5,32) foram diferentes da amostra FEMBCT (5,95). Portanto, a diminuição do pH e aumento da acidez titulável das farinhas foi observada com o aumento temperatura de secagem, demonstrando que a farinha de baru era levemente ácida.

O teor de sólidos solúveis totais (SST), conhecido como °Brix, é considerado a porcentagem de açúcar presente no produto e representa todos os sólidos dissolvidos na água, entre eles estão o conteúdo de açúcares (glicose, frutose e sacarose), sais, proteínas e ácidos orgânicos que possuem relação direta com o grau de doçura do produto (SILVA *et al.*, 2021).

As farinhas do caule da gueroba apresentam baixa quantidade de açúcar, com o valor de °Brix de 1,33 em todas as temperaturas analisadas e não apresentaram diferença. MENEZES FILHO *et al.* (2019) apresentaram resultados próximos na análise de SST para farinhas da casca, arilo e semente do fruto de *H. Stigonocarpa* (jatobá-do-cerrado), com valores de 2,77; 5,90 e 1,50, respectivamente. ARAUJO *et al.* (2017) também encontram valores de SST semelhantes para a farinha da casca do abacaxi de 0,90 e para a farinha da casca de banana de 1,00%.

Os valores de acidez da farinha do caule da gueroba do cerrado variaram de 27,3 a 37,19 apresentando diferença entre as amostras de 40 e 70°C. De acordo com BRASIL (2005), o valor máximo permitido para acidez em farinhas é de 3%, valor inferior ao encontrado neste estudo. Isso pode ocorrer pelo grau de maturação e também aos fatores climáticos que influenciam na composição do fruto. Segundo Araújo (2004), a oxidação em alimentos secos ou desidratados é acelerada por diversos fatores, incluindo a exposição à luz, temperatura elevada e ocorre mais rapidamente em níveis de baixa atividade de água.

Estudo realizado por SILVA (2019) na elaboração e caracterização de farinha do resíduo de umbu-cajá (*Spondias spp.*) encontrou valores de acidez de 11,14; 10,99 e 10,81% para as temperaturas de 60, 70 e 80°C, respectivamente, sendo inferiores ao encontrado no presente trabalho. Já MORAIS *et al.* (2019) no estudo sobre caracterização química, física e tecnológica da farinha obtida a partir da casca de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) relataram valores de acidez de 6,73 para farinha da casca de buriti na temperatura de 55°C, valor inferior comparativamente ao presente trabalho.

A luminosidade ou brilho ( $L^*$ ) é o atributo de cores em superfície plana, que varia desde o preto (0) ao branco (100); a saturação é também chamada de Chroma ( $a^*$  e  $b^*$ ), possuindo intensidades variadas do verde ( $-a^*$ ) ao vermelho ( $+a^*$ ) e do azul ( $-b^*$ ) ao amarelo ( $+b^*$ ), sendo estas particularidades para cada composto farináceo (MENEZES FILHO *et al.*,

2019).

Na tabela 5 estão apresentados os valores médios de cor das farinhas do caule da gueroba do cerrado, secas a 40; 50; 60 e 70°C. O aumento da temperatura de secagem provocou o aumento da luminosidade (L\*), ou seja, houve clareamento das amostras, que variaram de 50,80 a 72,11, não diferiram entre as temperaturas de 40 e 50°C e entre as temperaturas de 60 e 70°C. Para a coordenada a\* as amostras variaram de 5,02 (40°C) a 1,95 (60°C), e as amostras não apresentaram diferença entre si, a farinha obtida por secagem a 60°C apresentou menor valor comparada com as demais; e a coordenada b\* variou de 20,82 (50°C) a 20,12 (70°C) e não houve diferença entre as amostras, os valores reduziram com o aumento da temperatura de secagem. Os valores baixos de saturação, que são as coordenadas b\*, estão associados às colorações mais pálidas.

Estudos realizados por Meneses Filho & Castros (2020) na avaliação físico-química e tecnológica de farinhas obtidas a partir dos resíduos de frutos com secagem na temperatura de 50°C, destacam que a fruta que mais obteve semelhança quando comparado com o presente trabalho foi a farinha da casca de manga com L\* 56,67 a\* 3,34 e b\*24,65. E BELTRAN *et al.* (2021) no estudo de avaliação da capacidade antioxidante e propriedades tecnológicas da farinha do fruto da Palmeira (*Aiphanes aculeata*) encontraram valores de L\* 50,38, a\* 8,22 e b\* 31,13, sendo esses, levemente superiores ao do presente trabalho.

O valor de IAA encontrado na farinha de gueroba do cerrado em diferentes temperaturas variou de 123,61 a 133,66% e não houve diferença entre os tratamentos. Os valores de índice de solubilidade em água variaram de 17,10 a 22,07 havendo diferença entre as amostras de 40 e 50°C e as amostras de 60 e 70°C.

Segundo FERREIRA (2018) os índices de absorção de água (IAA) indicam a capacidade de absorção e retenção de água da amostra e dependem da exposição de grupos hidrofílicos e/ou hidrofóbicos das moléculas, e o aumento da concentração de fibras e proteínas em farinhas pode elevar o índice de absorção de água. A solubilidade das farinhas se relaciona com a quantidade de moléculas solúveis em água, podendo ser notado na comparação entre os valores de solubilidade em água e os teores de sólidos solúveis totais das amostras.

De acordo os resultados obtidos na secagem do caule da gueroba do cerrado, os resultados de IAA encontrados são importantes, pois facilitam o manuseio de massas evitando ressecamento durante seu armazenamento, além de influenciar na aparência e comportamento do produto. Além disso, os valores de ISA por serem elevados, auxiliam no processo de homogeneização dos ingredientes.

BARROS *et al.* (2021) em estudo sobre a obtenção e caracterização de farinhas de

caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) e de casca de bacaba (*Oenocarpus bacaba*) encontraram valores de IAA de 6,53 na farinha do caroço de açaí e 6,52 na farinha da casca de bacaba e ISA; 2,10 para farinha do caroço de açaí; e 3,29 para a farinha da casca da bacaba, em comparação com o presente trabalho apresentaram resultados bem inferiores, principalmente no índice de absorção de água. PRADRO (2022) no estudo sobre os parâmetros de secagem para obtenção da farinha de pupunha obteve 3,12 g/g em relação ao índice de absorção (IAA) e aproximadamente 7,98% de solubilidade em água (ISA), dados inferiores aos encontrados no presente trabalho.

## 6. CONCLUSÃO

O processo de secagem de frutos do cerrado possui a vantagem de conservar o alimento e facilitar o processo de armazenamento e transporte pela diminuição da massa. Os resultados deste estudo mostraram que o aumento da temperatura de secagem reduz o tempo de secagem de 14,00 a 7,17 h em temperaturas de secagem de 40 e 70°C. O modelo de Midilli apresentou melhor ajuste experimental aos dados de secagem do resíduo da gueroba do cerrado para as temperaturas de 40, 50 e 60°C e o modelo de Wang e Singh se ajustou melhor para a temperatura de 70°C. Os coeficientes de difusão efetivos apresentaram magnitudes de  $2,146 \times 10^{-11}$ ;  $2,892 \times 10^{-11}$ ;  $3,459 \times 10^{-11}$  e  $5,592 \times 10^{-11}$  para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, respectivamente. O coeficiente de difusão foi descrito pela representação de Arrhenius que possui energia de ativação de  $27,159 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

A secagem do resíduo do caule da gueroba do cerrado (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc) propicia a redução do teor de água inicial, lipídeos, valor energético, pH, SS e IAA e análises de AT e IAS apresentaram comportamentos inversos. A secagem não alterou os teores de proteínas, cinzas e carboidratos, mas influenciou na cor das farinhas para os parâmetros L\* e a\* e manteve o padrão para a coordenada b\*. A farinha do resíduo da gueroba do cerrado tem o potencial de enriquecer alimentos ou até mesmo substituir parcialmente outro tipo de farinha.

## 7. REFERÊNCIAS

AACC Internacional. **Approved Methods of Analysis, 10th Ed.** Approved November 8, 2000.



AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

AIOLFI, A. H; BASSO, C. Preparações elaboradas com aproveitamento integral dos alimentos. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 109-114, 2013.

ALVES, A. A. C. (2018). **Biometria dos diásporos e germinação de *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc. em diferentes substratos**. 2018. 20f. Trabalho Final (Engenharia Florestal) apresentada a Universidade de Brasília em BRASÍLIA-DF, 2018.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, L. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrusion-Cooking. **Cereal Science Today, St. Paul**. V.14, n.1, p. 4-12, 1969.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução -RDC nº 263, de 17 de outubro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/leisref/public/showact.php>. Acesso em 22 de julho de 2022.

AOAC (1995). Official Methods of Analysis of the AOAC international, 16th ed. Method 970.12. **Association of Official Analytical Chemists International**. Washington, DC, USA.

AOAC (2000) Official Methods of Analysis. 17th Edition, **The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods** 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.

ARAÚJO, K. T. A; SILVA, R. M; SILVA, R. C; FIGUEREDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização Físico-Química De Farinhas De Frutas Tropicais. **Revista Brasileira De Agrotecnologia (Brasil) Issn: 2317-3114 V. 7, N. 2 Páginas 110-115, 2017**.

ATAIDES, I. M. R; OLIVEIRA, D. E. C. D; FERREIRA JUNIOR, W. N; RESENDE, O; QUEQUETO, W. D. Drying kinetics of araticum (*Annona crassiflora*) epicarpo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v42, e09521, 2022.

BARBOSA, E. S; **MUDAS DE GUARIROBA [*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.] PRODUZIDAS EM FUNÇÃO DO NÍVEL E DO PERÍODO DE ESTRESSE HÍDRICO**.

Dissertação (título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -AGRONOMIA) apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde, Rio Verde, 2015.

BARBOSA, N. P; CONCEIÇÃO, E. C. (2016). Aproveitamento de Resíduos Industriais de Alimentos com Potencial Aplicação em Cosméticos Naturais. **Revista Processos Químicos**, 10 (20), 127-131, Jul / Dez de 2016.

BARROS, S. K. A; DE SOUZA, A. R. M; DAMIANI, C; PEREIRA, A. S; ALVES, D. G; CLEMENTE, R. C; DA COSTA, D. M. Obtenção e caracterização de farinhas de caroço de açaí (*Euterper Oleracea*) e de casca de bacaba (*Oenocarpus Bacaba*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e2710413724, 2021.

BELTRAN, L. B; SOUZA, A. C; MELONI, C. E. P; MAGIERO, P. E; BERGAMASCO, R; VIEIRA, A. M. S. Avaliação da capacidade antioxidante e propriedades tecnológicas da farinha do fruto da Palmeira *Aiphanes Aculeata*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.4, p. 36868-36884 apr 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Aprova normas técnicas especiais do estado de São Paulo, relativa a alimentos e bebidas. Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos- CNNPA n. 12, D.O.U. de 24 de julho de 1978. Seção 1, pt.1. 1978.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 360 de 23 de dezembro de 2003. **Regulamento técnico referente à Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 23 de setembro de 2005. Seção 1, p.368-369.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Diário Oficial [da]

República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 dez, 1998. Disponível em: . Acesso em: 26 de agosto de 2022.

CABRAL, F. S; SANTOS, S. G. F; CRUZ, D. R. C., ALMEIDA, V. G; RODOVALHO, R. S; MELO, M. F. (2021). Cinética de secagem de raspas de abóbora. **Científica, Jaboticabal**. v.49, n.1, p.01-08, 2021.

CAGNIN, C; LIMA, M.S; SILVA, R.M; PLÁCIDO, G.R; SILVA, M.A.P; FREITAS, B.S.M; OLIVEIRA, D.E.C. Alho: cinética de secagem e propriedades termodinâmicas. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 4, p. 905-913, July/Aug. 2017.

CARDOSO, I. M. A. S; SOUZA, A. M; PEREIRA, J. E. S. The palm tree *Syagrus oleracea* Mart. (Becc.): A review. **Scientia Horticulturae**. v.225, 18 Novembro de 2017, Páginas 65-73.

CAVALCANTE, M.D; BELISARIO, C.M; OLIVEIRA, D.E.C.D; MAIA, G.P.A.G; FERREIRA JUNIOR, W.N; RESENDE, O. Adjustment of mathematical models in the drying of cagaita pulp in foam-layer. **Food Science and Technology**, Campinas, 41(Suppl. 2): 563-567, December 2021.

CECCHI, H. M. (2003). **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora da UNICAMP.

CLEMENTE, E; FLORES, A. C; ROSA, C. I. L. F; OLIVEIRA, D. M. Características da farinha de resíduos do processamento de laranja. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol.14, nº 2, Jul/Dez 2012.

COIMBRA, M. C. (2010). **Caracterização dos frutos e dos óleos extraídos da polpa e amêndoa de guariroba (*Syagrus oleracea*), Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e macaúba (*Acromia aculeata*)**. Dissertação (título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos (Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de São Jose do Rio Preto, 2010.

COSTA FILHO, D. V; SILVA, A. J; SILVA, P. A. P; SOUSA, F. C; (2017). Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias–COINTER–PDVAgro 2017**.

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

DA SILVA, E. C. O; DA SILVA, W. P; DE ALMEIDA, M. E. T; LOPES, J. D; DE GUSMÃO, R. P. Obtenção e caracterização da farinha do albedo de maracujá, *Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*, para uso alimentício. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.3, p. 69-74, 2016.

DA SILVA, R. D. S; PEREIRA, E. M; DA COSTA, J. C; DE OLIVEIRA, F. L. N; DE AZERÊDO, G. A. Qualidade físico-química de farinhas de genótipos de berinjela (*Solanum melongena* L.) submetidas ao cultivo orgânico. **Revista Verde**, v.11, n.3, p. 59-64, 2016.

DAMIANI, C; SILVA, F. A; RODOVALHO, E. C; BECKER, F. S; ASQUIERI, E. R; OLIVEIRA, R. A; LAGES, M. A. (2011). Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada Utilization of waste vegetable for the production of seasoned cassava flour. **Alimentos e Nutrição Araraquara**. v. 22, n. 4, p. 657-662, out./dez. 2011.

DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DE ANGELIS, R.C. **Fisiologia da nutrição: fundamentos para nutrição e desnutrição**. São Paulo: EDART/EDUSP. v. 1, p. 44, 1977.

DE FREITAS, B. S; CAVALCANTE, M. D; CAGNIN, C; SILVA, R. M. D; PLÁCIDO, G. R; DE OLIVEIRA, D. E. Physical-chemical characterization of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) foam-mat drying at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.6, p.430-435, 2018.

DE MENESES, V. P; DA SILVA, J. R. A; NETO, J. F; ROLIM, H. O; DE ARAÚJO, A. L. M;

LIMA, P. S. E. Subprodutos de frutas tropicais desidratados por secagem convectiva. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, - (Pombal - PB) v. 13, n.4, p.472-482, out.-dez., 2018.

DE MENEZES FILHO, A. C. P; DA SILVA, M. A; PEREIRA, A. V; DE OLIVEIRA FILHO, J. G; DE SOUZA CASTRO, C. F. Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenóides das farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne). **Multi-Science Journal**, v.2, n. 1, 93-100, 2019.

DE MENEZES FILHO, A. C. P; DE SOUZA CASTRO, C. F.. Avaliação físico-química e tecnológica de farinhas obtidas a partir dos resíduos de frutos. **Revista Eixo**, Brasília-DF, v. 9, n. 3, setembro-dezembro de 2020.

DE 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**, 2013; volume XLIV.

DE OLIVEIRA, D. E. C; RESENDE, O; SMANIOTTO, T. A. D. S; CAMPOS, R. C. Cinética de secagem dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 190-201, 2012.

DIAS, J. E; LAUREANO, L. C; MING, L. C. Cadeia produtiva do óleo de amêndoas de gueroba (*Syagrus oleracea*): geração de renda para agricultores familiares e promoção da agrobiodiversidade. **Rev. Bras. de Agroecologia**. 9(1): 122-133, 2014.

DIÓGENES, A. D. M. G; QUEIROZ, A. J. D. M; DE FIGUEIRÊDO, R. M. F; SANTOS, D. D. C. Cinética de secagem de grãos de abóbora. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 1, p. 71-80, jan.-mar., 2013.

DO NASCIMENTO, A. M; DA COSTA, F. B; DA SILVA, J. L; DOS SANTOS, K. P; GADELHA, T. M. Composição centesimal e teores de açúcares da farinha de pimentão verde. **Revista Verde**, v.13, n.4, p.568-571, 2018.

DOS SANTOS, T. A; DE ABREU, J. P; TORRES, T. L. Avaliação das características físico-químicas, atividade antioxidante e fenólicos totais da farinha do extrato da jaboticaba (myrciaria jaboticaba). **Científica-Multidisciplinary Journal**, v.8, n.2, p.1 – 13, 2020.

FARIA, R. Q. D; TEIXEIRA, I. R; DEVILLA, I. A; ASCHERI, D. P. R; RESENDE, O. (2012). Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.5, p.573–583, 2012.

FERREIRA, K. C. (2018). **Caracterização integral de frutos tamarindo (tamarindus indica L.) do cerrado de goiás, brasil e aplicação em produtos drageados**. Dissertação ( título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) apresentado a Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

GAUER, J. C. C; GONELLA, S. S. P; **Cinética de secagem das folhas de piper aduncum l**. Trabalho de Conclusão de Curso para conclusão do curso de Engenharia Agrícola, apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2015.

GIANNONI, J. A; IMAMURA, K. B; VENÂNCIO, A. C; NASCIMENTO, R. R; FREITAS, V. J; MARINELLI, P. S. Aproveitamento de resíduos orgânicos para o desenvolvimento de "beijinho" a base de mandioca amarela e rosada. **RASBRAN - Revista da Associação Brasileira de Nutrição**. São Paulo, SP, Ano 8, n. 2, p. 50-57, Jul-Dez. 2017.

GOMES, R. C; COIMBRA, K. L. F; DA SILVA, A. D. S. S; DA SILVA JÚNIOR, A. C. S. Elaboração e caracterização do pão enriquecido com farinha a base de buriti (Mauritia flexuosa L.). **Pubvet**, v.14, n.1, a497, p.1-5, Jan., 2020.

GONELI, A. L. D. **Cinética de secagem dos frutos de macaúba (Acrocomia aculeata)**. Trabalho de conclusão de curso (curso de Graduação em Agronomia) apresentado a Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS Mato Grosso do Sul 2016.

Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Oliveira, G. H. H.; Botelho, F. M. Water desorption and thermodynamic properties of okra seeds. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 53, n. 1, p. 191-197, 2010.

GONELI, A. L. D. et al. Water desorption and thermodynamic properties of okra seeds. *Transaction of the ASAE, St. Joseph*, v. 53, n. 1, p. 191-197, 2010.

GUERI, M. V. D; DE SOUZA, S. N. M; KUCZMAN, O; SCHIRMER, W. N; BURATTO, W. G; RIBEIRO, C. B; BESINELLA, G. B. Digestão anaeróbia de resíduos alimentares utilizando ensaios bmp. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1 p. 08-16, 2018.

HIANE, P. A; SILVA, V. C. F; RAMOS FILHO, M. M; RAMOS, M. I. L; CAMPOS, R. P. (2011). Caracterização química do palmito guariroba in natura e congelado. **Ciência Rural**, v.41, n.6, p.1082-1087, jun, 2011.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v.1, 2005. 12p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Método físico-químicos para análise dealimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p, 2008.

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.

JORGE, A. P.P; Ferreira Junior, W. N; Silva, L. C. D. M; Oliveira, D. E. C; Resende, O. (2021). Cinética de secagem da polpa dos frutos de guerobera (*Syagrus oleracea*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.25, n.1, p.23-29, 2021.

MARTINS, F. P; NETO, J. C. B; SILVA, A. J. O; Siqueira, A. M. O. Secagem: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.6, n.4, 2020.

MENEZES FILHO, A. C. P., DA SILVA, M. A., PEREIRA, A. V., DE OLIVEIRA FILHO, J. G., & DE SOUZA CASTRO, C. F. (2019). Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenóides das farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne). **Multi-Science Journal**, v. 2, n. 1 (2019), 93-100.

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

MORAIS, R. A.; DE SOUSA MELO, K. K.; DE OLIVEIRA, T. T. B.; TELES, J. S., PELUZIO, J. M.; DE SOUZA MARTINS, G. A. Caracterização química, física e tecnologia da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 23307-23322, nov. 2019.

MOSCON, E. S; MARTIN, S; SPEHAR, C. R; DEVILLA, I. A; JUNIOR, F. R. Cinética de secagem de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). **Engenharia na Agricultura**, v.25, n.4, p. 318-325, 2017.

NKOLO MEZE'E, Y. N.; NOAH NGAMVENG, J.; BARDET, S. Effect of enthalpyentropy compensation during sorption of water vapour in tropical woods: the case of Bubinga (*Guibourtia Tessmanii* J. L'ézaonard; *G. Pellegriniana* J. L.). **Thermochimica Acta, HigashiHiroshima**, v. 468, n. 3-4, p. 1-5, 2008.

NUNES, H. F; REAIS, E. F; GUILHERME, F. A. G; PINTO, J. F. N; SILVA, D. F. P. FENOLOGIA REPRODUTIVA DA GUARIROBA EM JATAÍ-GO. **Revista Engenharia na Agricultura**. v.26, n.05, p.399-406, 2018.

OLIVEIRA, G. H. H. D; ARAGÃO, D. M. S; OLIVEIRA, A. P. L. R. D; SILVA, M. G; GUSMÃO, A. C. A. (2015). Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 18, n. 4, p. 314-321, out./dez.2015.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; ARAÚJO, E. F.; VALENTE, D. S. M.; BOTELHO, F. M. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, Londres, v. 45, n. 3, p. 546-554, 2010.

PINTO, J. F. N; REIS, E, F; NETTO, A, P. C; PINTO, J. F. N; ASSUNÇÃO, H, F; NUNES, H, F; Efeito de Diferentes tratamentos na superação da dormência de sementes da palmeira *Syagrus oleracea* BECC. **Cerne**. Lavras, v. 18, n. 3, p. 487-493, jul./set. 2012.



PREREIRA, J. S. G. (2018). **Aproveitamento de resíduos alimentares para geração de produto gourdizado**. Dissertação ( título de Mestre em em desenvolvimento e meio ambiente) apresentado a Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

RANDOLPHO, G. A; DO AMARAL, L. A; ARELHANO, L. E; DOS SANTOS, E. F. Resíduos de frutas transformados em novos produtos alimentícios: uma revisão sistemática. **Multítemas**, Campo Grande, MS, v. 25, n. 61, p. 297-311, set./dez. 2020.

REIS, D. R; BRUM, F. B; SOARES, E. J; MAGALHÃES, J. R; SILVA, F. S; PORTO, A. G. Drying kinetics of baru flours as function of temperature. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.10, p.713-719, 2018.

SANTOS, D. D. C; COSTA, T. N. D; FRANCO, F. B; CASTRO, R. D. C; FERREIRA, J. P. D. L; SOUZA, M. A. D. S; SANTOS, J. C. P. Cinética de secagem e propriedades termodinâmicas da polpa de patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, e2018305, 2019.

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

SANTOS, S. K. S., ORTEGA, J. R., ROCHA, G. P., DE MELO, A. F., DE OLIVEIRA, D. A., BRANDÃO, M. M; ROYO, V. A; MENEZES, E. V; (2020). Transferibilidade de marcadores SSR, diversidade e estrutura genética em *Syagrus oleracea*. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 8, p. 59931-59947 aug. 2020.

SILVA, A. B. S; DA SILVA, E. G; RIGO, L., DE OLIVEIRA, M. P; LOSS, R. A; GUEDES, S. F; DE PAULA, J. M. Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 14 (10) October 2021.

SILVA, A. B. S; SILVA, E. G; RIGO, L; OLIVEIRA, M. P; LOSS, R. A; GUEDES, S. F; PAULA, J. M. Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v.14, n.10, 2021.

SILVA, D. V. (2017). **Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*dipteryx alata vogel*) em função de diferentes condições de secagem do fruto**. Dissertação ( ao título de mestre em tecnologia de alimentos com área de concentração tecnologia e processamento de alimentos) apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, 2017.

SILVA, E. F; BATISTA, E. M; ALMEIDA, E. J. N; LEMOS, L. M. R; BARCELOS, S. C; SOUZA, P. A. Caracterização física, físico-química e centesimal do fruto de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Revista Verde**, v.15, n.2, p.139-145, 2020.

SILVA, E. S; Oliveira, J; MACHADO, A. V; COSTA, R. O. (2015). Secagem de grãos e frutas: revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**. v.5, n.1, p. 19-23,Jan-Dez, 2015.

SILVA, I. G. D; ANDRADE, A. P. C. D; SILVA, L. M. R. D; GOMES, D. S. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. **Brazilian Journal of Food Technology**. V. 22, 2019.

SILVA, R. H. F. (2019). **Elaboração e caracterização de farinha do resíduo de umbu-cajá (*spondias spp.*)**. Trabalho de conclusão de curso ( título de Bacharel em Engenharia de Alimentos) apresentado a Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns, 2019.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Drying kinetics of *Jatropha* seeds. *Revista Ceres*, v. 59,n. 2, p. 03-293, 2012.

SMANIOTTO, T. A. D. S; RESENDE, O; SOUSA, K. A; DE OLIVEIRA, D. E. C, & CAMPOS, R. C. Drying kinetics of sunflower grains. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.3, p. 203-208, 2017.

SNIFFEN, C. J.; PEREZ, V. D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattlediets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

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 kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, v. 199, n. 1, p. 471–478, 2016.

SOUSA, M. S. B., VIEIRA, L. M., LIMA, A. D. (2011). Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, 14, páginas 202-210.

VERONEZI, C. M; JORGE, N. Aproveitamento de sementes de abóbora (*Cucurbita* sp) como fonte alimentar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.1, p.113-124, 2012.

VIEIRA, D. M; BARROS, S. L; SILVA, V. M. A; SANTOS, N. C; NASCIMENTO, A. P. S; MELO, M. O. P. Cinética de secagem e sua influência nas dimensões de sementes de abóbora sem casca. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.14, n.5, p.665-670, 2019.

VILELA, R. S. (2019). **Desenvolvimento de biossensores enzimáticos utilizando tecidos de fruto de lobeira (*Solanum lycocarpum*), bainha de guariroba (*Sygarus oleracea Becc*) e amêndoa de manga (*Mangifera indica*) aplicados à determinação de paracetamol**. Tese (título de Doutor em Química) apresentada ao Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

WENCESLAU, B. R; SANTOS, K. A; SILVA, E. A; CARDOZO-FILHO, L; DA SILVA, C; FAVARETO, ROGÉRIO. Extração de óleo de caroço de guariroba (*syagrys oleracea*) utilizando CO2 supercrítico e propano comprimido a sua caracterização. **Elsevier**, Volume 177 , novembro de 2021.

FELLOWS, P.J. Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática. 2ª 29 Edição. Porto Alegre. Artmed, 2006.

BATISTA, G. S. Morfologia e germinação de sementes de *Syagrus oleracea* Becc. (Mart.) Becc (Arecaceae). 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

RIBEIRO, Eliana Paula; SERAVALLI, Elisena A. G. Química de alimentos. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

ARAÚJO, Júlio Maria de Andrade. Química de alimentos: teoria e prática. 3. ed Viçosa, MG: UFV, 2004.

WANG, S.Y.; ZHENG, W. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. J. Agric. Food Chem. 2003., v. 51, n. 2, p.873-878.