



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola



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

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE FATIAS DE  
CAJU PARA A ELABORAÇÃO DE PASSAS**

**ELAINE CRISTINA OLIVEIRA DA SILVA**

**Campina Grande – Paraíba  
Fevereiro - 2022**

**ELAINE CRISTINA OLIVEIRA DA SILVA**

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE FATIAS DE  
CAJU PARA A ELABORAÇÃO DE PASSAS**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do Título de Doutora em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas.**

**Orientadores: Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva**

**Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes**

**Campina Grande – Paraíba**

**Fevereiro - 2022**

S586d Silva, Elaine Cristina Oliveira da.  
Desidratação osmótica e secagem convectiva de fatias de caju para a elaboração de passas / Elaine Cristina Oliveira da Silva. – Campina Grande, 2022.  
146 f.: il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.  
"Orientação: Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Josivanda Palmeira Gomes".  
Referências.

1. *Anacardium occidentale* L. 2. Solução de Sacarose. 3. Teoria da Difusão. 4. Bioativos. 5. Análise Sensorial. I. Silva, Wilton Pereira da. II. Gomes, Josivanda Palmeira. III. Título.

CDU 634.573(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

### FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

**ELAINE CRISTINA OLIVEIRA DA SILVA**

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM  
CONVECTIVA DE FATIAS DE CAJU PARA A  
ELABORAÇÃO DE PASSAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola como  
pré-requisito para obtenção do título de  
Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 22/02/2022

Wilton Pereira da Silva - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Josivanda Palmeira Gomes - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Rossana Maria Feitosa de Figueiredo - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Alexandre José de Melo Queiroz - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Cleide Maria Diniz Pereira da Silva e Silva - Examinador(a) Externo(a) - UAF/CCT/UFCG

Laerson Duarte da Silva - Examinador(a) Externo(a) - UAF/CCT/UFCG



Documento assinado eletronicamente por **WILTON PEREIRA DA SILVA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 25/02/2022, às 01:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **CLEIDE MARIA DINIZ PEREIRA DA SILVA E SILVA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 25/02/2022, às 01:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

Documento assinado eletronicamente por **ROSSANA MARIA FEITOSA DE FIGUEIREDO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 25/02/2022, às 10:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LAERSON DUARTE DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/02/2022, às 12:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE JOSE DE MELO QUEIROZ, PROFESSOR 3 GRAU**, em 25/02/2022, às 12:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSIVANDA PALMEIRA GOMES, COORDENADOR DE POS-GRADUACAO**, em 25/02/2022, às 13:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2140116** e o código CRC **70DD0B8D**.

*Sempre dando graças por tudo a  
Deus, o Pai, em nome do nosso  
Senhor Jesus Cristo.  
Efésios 5:20*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que com sua infinita bondade me proporcionou saúde em tempos tão difíceis, além de capacidade para realização deste trabalho me permitindo conquistar mais esta vitória, sou eternamente grata.

Ao meu esposo Misael por me apoiar e estar comigo em várias etapas, desde a compra da matéria-prima passando pelas madrugadas de cinéticas até a etapa final de análise sensorial.

A todos que me ajudaram com os meus filhos para que eu pudesse me dedicar à tese, seja nos laboratórios ou na parte escrita, em especial minhas irmãs Eloise e Eluana, minha mãe Eliane e meu esposo, sem eles, não teria conseguido.

A toda família, irmãos, avós, tias, cunhados, primos, sobrinhos, pelo apoio e incentivo em especial minha mãe que é e sempre foi nossa referência de dedicação aos estudos.

Aos meus sogros (*in memoriam*) Maximiano e Eliete por todo carinho que tinham comigo e pela torcida de sempre querer o meu melhor.

Aos meus orientadores Wilton por tanta paciência, disponibilidade e sabedoria com as palavras, fossem elas para corrigir ou para acolhimento e a Josivanda pelos direcionamentos e pela amizade de sempre.

Aos meus professores da pós-graduação pelo compartilhamento de seus conhecimentos, Wilton, Josivanda, Rossana, Alexandre, Mozaniel, Assis (*in memoriam*), Ana Paula, Diassis.

Aos colegas que foram tão importantes ao longo desta caminhada, Leidjane, Leiliane, Joan, Matheus, Sâmela, Daniele e Aline por toda ajuda.

Aos membros da banca, Rossana, Alexandre, Cleide e Laerson por aceitarem fazer parte deste projeto contribuindo com seus conhecimentos para melhoramento do trabalho.

As professoras Rossana por, sempre que requisitada, me orientar quanto às dúvidas em laboratório e Cleide por ter me acompanhado desde a apresentação de Seminários, passando pela Qualificação até a defesa final sempre me instruindo para melhoria.

A Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo acolhimento e oportunidade de realização deste curso. Assim como ao secretário Roberto, sempre tão disponível e prestativo.

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por me ter proporcionado apoio financeiro através da concessão da bolsa de estudo para a realização da pesquisa.

**Muito obrigada!**



*Aos meus filhos, Julia Emily e*

*Gabriel Victor, meus amores.*

***Dedico***

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>i</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS .....	3
1.1.1. Objetivo geral .....	3
1.1.2. Objetivos específicos .....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Caju.....	5
2.1.1 Propriedades físico-químicas do pseudofruto.....	7
2.2 Secagem .....	7
2.2.1 Modelagem matemática.....	9
2.3 Desidratação osmótica .....	10
2.3.1 Agentes osmóticos.....	12
2.4 Fruta-passa .....	12
2.5 Análise sensorial .....	13
2.6 Estado da arte.....	14
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
3.1 Material.....	17
3.2 Obtenção de caju-passa.....	17
3.2.1 Higienização, fatiamento e remoção da castanha .....	17
3.2.2 Desidratação osmótica.....	18
3.2.3 Secagem.....	22
3.2.3.1 Cinética de secagem.....	23

3.2.4	Acondicionamento e embalagem .....	25
3.3	Rendimento após secagem.....	25
3.4	Solução analítica da equação de difusão para o cilindro finito.....	25
3.5	Solução numérica da equação de difusão para o cilindro finito .....	30
3.5.1	Discretização dos volumes de controle internos .....	34
3.5.2	Discretização do volume de controle na fronteira leste.....	36
3.5.3	Discretização do volume de controle na fronteira oeste.....	38
3.6	Composição centesimal, caracterização físico-química e compostos bioativos de cajus in natura e cajus-passas.....	39
3.6.1	Teor de umidade.....	39
3.6.2	Cinzas .....	39
3.6.3	Proteínas .....	39
3.6.4	Lipídios.....	40
3.6.5	Carboidratos .....	40
3.6.6	Atividade de água.....	40
3.6.7	pH.....	40
3.6.8	Acidez total titulável (ATT).....	40
3.6.9	Sólidos solúveis totais – SST (°Brix).....	41
3.6.10	Ratio .....	41
3.6.11	Açúcares .....	41
3.6.12	Valor energético .....	41
3.6.13	Cor.....	42
3.6.14	Ácido ascórbico.....	42
3.6.15	Flavonoides e antocianinas.....	42
3.6.16	Clorofilas e Carotenoides .....	43
3.7	Análises microbiológicas dos cajus-passas.....	44
3.7.1	Coliformes totais e termotolerantes.....	44

3.7.2 <i>Escherichia Coli</i> .....	44
3.7.3 <i>Salmonella</i> sp. ....	44
3.7.4 Bolores e leveduras .....	45
3.8 Análise sensorial dos caju-passas.....	45
3.9 Análise estatística dos dados.....	45
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1 Caracterização do caju in natura .....	47
4.2 Estudo preliminar: definição do tempo de desidratação osmótica.....	51
4.3 Cinéticas de secagem .....	60
4.3.1 Tempos e rendimentos das secagens .....	60
4.3.2 Descrição das cinéticas de secagens através de modelos empíricos de regressão não-linear.....	63
4.3.3 Taxas de secagem .....	71
4.3.4 Descrição das cinéticas de secagem utilizando modelo analítico de difusão para o cilindro finito.....	73
4.4 Caracterização dos caju-passas .....	76
4.5 Análises microbiológicas .....	89
4.6 Análise sensorial .....	91
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>94</b>
<b>SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>112</b>
A. Desidratação osmótica .....	112
B. Cinéticas de secagem .....	116
C. Gráficos das cinéticas de secagens .....	132
D. Taxas de secagem .....	137
E. Análise sensorial .....	142

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Parâmetros físico-químicos do pseudofruto analisados por diferentes pesquisadores.....	7
Tabela 2.2: Frutos utilizados para desidratação e elaboração de passas. ....	13
Tabela 3.1: Características das soluções utilizadas na desidratação osmótica das fatias do caju. ....	18
Tabela 3.2: Equações do modelo de Peleg utilizado para a cinética de desidratação osmótica do caju. ....	22
Tabela 3.3: Experimentos de secagens realizados com as fatias do pseudofruto de caju. ....	22
Tabela 3.4: Modelos de secagem utilizados na cinética de secagem das fatias de caju. ....	23
Tabela 3.5: Equações da taxa de secagem obtidas através dos modelos empíricos. ....	24
Tabela 4.1: Caracterização físico-química do caju in natura.....	47
Tabela 4.2: Dados da desidratação osmótica de cajus fatiados com 5 mm de espessura após 300 min.....	54
Tabela 4.3: Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 5 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade percentual de água. ....	55
Tabela 4.4: Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 5 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade percentual de sacarose. ....	55
Tabela 4.5: Dados da desidratação osmótica de cajus fatiados com 10 mm de espessura após 300 min.....	57
Tabela 4.6: Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 10 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade de água. ....	58
Tabela 4.7: Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 10 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade de sacarose. ....	59
Tabela 4.8: Tempos necessários para realização das cinéticas de secagens e para elaboração do caju-passa e rendimento final.....	61
Tabela 4.9: Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem das fatias de caju ao modelo de Page.....	63
Tabela 4.10: Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Silva et alii.....	64
Tabela 4.11: Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Newton. ....	65

Tabela 4.12: Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Henderson e Pabis. ....	66
Tabela 4.13: Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Peleg. ....	67
Tabela 4.14: Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Wang e Sing. ....	68
Tabela 4.15: Resultados obtidos para as simulações das secagens utilizando o modelo de difusão com condição de contorno do terceiro tipo. ....	74
Tabela 4.16: Resultados obtidos para as simulações das secagens utilizando o modelo de difusão com condição de contorno do primeiro tipo. ....	76
Tabela 4.17: Composição centesimal dos cajus-passas. ....	77
Tabela 4.18: Caracterização físico-química dos cajus-passas, quanto a atividade de água ( $a_w$ ), pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e ratio. ....	80
Tabela 4.19: Valores médios dos açúcares totais, açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e valor energético dos cajus-passas. ....	83
Tabela 4.20: Análise colorimétrica dos cajus-passas. ....	85
Tabela 4.21: Compostos bioativos do caju-passa. ....	87
Tabela 4.22: Análises microbiológicas dos cajus-passas. ....	90
Tabela 4.23: Médias dos atributos sensoriais das passas de caju. ....	91
Tabela 0.1: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 40 °C e 40 °Brix. ....	112
Tabela 0.2: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 40 °C e 40 °Brix. ....	113
Tabela 0.3: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 40 °C e 60 °Brix. ....	113
Tabela 0.4: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 40 °C e 60 °Brix. ....	114
Tabela 0.5: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 60 °C e 40 °Brix. ....	114
Tabela 0.6: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 60 °C e 40 °Brix. ....	115
Tabela 0.7: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 60 °C e 60 °Brix. ....	115

Tabela 0.8: Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 60 °C e 60 °Brix. ....	116
Tabela 0.9: Cinética de secagem referente ao Experimento 1: 5 mm; D.O. - 40 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C. ....	116
Tabela 0.10: Cinética de secagem referente ao Experimento 2: 10 mm; D.O. - 40 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C. ....	117
Tabela 0.11: Cinética de secagem referente ao Experimento 3: 5 mm; D.O. - 60 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C. ....	119
Tabela 0.12: Cinética de secagem referente ao Experimento 4: 10 mm; D.O. - 60 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C. ....	120
Tabela 0.13: Cinética de secagem referente ao Experimento 5: 5 mm; D.O. - 40 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C. ....	121
Tabela 0.14: Cinética de secagem referente ao Experimento 6: 10 mm; D.O. - 40 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C. ....	122
Tabela 0.15: Cinética de secagem referente ao Experimento 7: 5 mm; D.O. - 60 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C. ....	123
Tabela 0.16: Cinética de secagem referente ao Experimento 8: 10 mm; D.O. - 60 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C. ....	124
Tabela 0.17: Cinética de secagem referente ao Experimento 9: 5 mm; <i>in natura</i> ; secagem a 50 °C. ....	126
Tabela 0.18: Cinética de secagem referente ao Experimento 10: 10 mm; <i>in natura</i> ; secagem a 50 °C. ....	127
Tabela 0.19: Cinética de secagem referente ao Experimento 11: 5 mm; <i>in natura</i> ; secagem a 60 °C. ....	128
Tabela 0.20: Cinética de secagem referente ao Experimento 12: 10 mm; <i>in natura</i> ; secagem a 60 °C. ....	130

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Faca utilizada para fatiar os pseudofrutos de cajus.....	17
Figura 3.2: Interseção de um cilindro infinito com uma parede finita. ....	26
Figura 3.3: Cilindro finito de raio $R$ e comprimento $C$ . ....	26
Figura 3.4: a) cilindro finito, (b) fatia simétrica deste cilindro e (c) retângulo do plano vertical que divide tal fatia em duas regiões simétricas. ....	30
Figura 3.5: Malha bidimensional para a solução numérica da equação de difusão no cilindro.....	31
Figura 3.6: (a) Malha bidimensional para o cilindro finito; (b) Destaque para o ponto nodal $P$ . ....	31
Figura 3.7: Volume de controle para a geometria cilíndrica. ....	32
Figura 3.8: Tipos de volumes de controle da malha bidimensional. ....	32
Figura 3.9: Volume de controle interno de ponto nodal $P$ e seus vizinhos ao norte (N), ao sul (S), a leste (E) e a oeste (W). ....	34
Figura 3.10: Volumes de controle no contorno leste e seus vizinhos a norte, sul e oeste. ....	36
Figura 3.11: Volumes de controle no contorno oeste e seus vizinhos a norte, sul e leste. ....	38
Figura 4.1: Cinética da quantidade de água obtidas nos experimentos 1 (a), 3 (b), 5 (c) e 7 (d) dos cajus fatiados com 5 mm de espessura. ....	52
Figura 4.2: Cinética da quantidade de sacarose obtidas nos experimentos 1 (a), 3 (b), 5 (c) e 7 (d) dos cajus fatiados com 5 mm de espessura.....	53
Figura 4.3: Cinética da quantidade percentual de água obtidas nos experimentos 2 (a), 4 (b), 6 (c) e 8 (d) dos cajus fatiados com 10 mm de espessura. ....	56
Figura 4.4: Cinética da quantidade percentual de sacarose obtidas nos experimentos 2 (a), 4 (b), 6 (c) e 8 (d) dos cajus fatiados com 10 mm de espessura.....	57
Figura 4.5: Cinética de secagem das fatias de caju com 5 e 10 mm de espessura a 50 e 60 °C usando o modelo de Page para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 . ....	70
Figura 4.6: Taxas de secagem das fatias de caju com 5 e 10 mm de espessura a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Page para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4;	



(c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12. ....	72
Figura 4.7: Intenção de compra dos cajus-passas das formulações 5, 6, 7 e 8.....	92
Figura 0.1: Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Silva et alii para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	132
Figura 0.2: Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Newton para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	133
Figura 0.3: Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Henderson e Pabis para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	134
Figura 0.4: Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Peleg para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	135
Figura 0.5: Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Wang e Sing para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	136
Figura 0.6: Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Silva et alii. para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	137
Figura 0.7: Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Newton para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	138
Figura 0.8: Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Henderson e Pabis para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d)	

Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	139
Figura 0.9: Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Peleg para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	140
Figura 0.10: Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Wang e Sing para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura. ....	141

## NOMENCLATURA

### Letras latinas

a	- parâmetro dos modelos	[-]
a*	- transição da cor verde (-a*) para a vermelha (+a*)	[-]
A <sub>n,1</sub>	- coeficiente da solução analítica dependente da posição	[-]
A <sub>m,2</sub>	- coeficiente da solução analítica dependente da posição	[-]
A <sub>p</sub> , A <sub>w</sub> , A <sub>e</sub> , A <sub>n</sub> , A <sub>s</sub>	- coeficientes da equação de difusão discretizada	[-]
ATT	- acidez total titulável	[%]
b	- parâmetro dos modelos	[-]
b*	- transição da cor azul (-b*) para a amarela (+b*)	[-]
B	- Termo independente de F na equação de difusão discretizada	[-]
Bi	- número de Biot de transferência de massa	[-]
B <sub>n,1</sub>	- coeficiente da solução analítica para o teor de umidade médio	[-]
B <sub>m,2</sub>	- coeficiente da solução analítica para o teor de umidade médio	[-]
C	- comprimento do cilindro	[mm]
C*	- croma ou saturação de cor	[-]
D	- difusividade efetiva de massa	[m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]
h	- coeficiente de transferência convectiva de massa	[Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
h	- ângulo hue	[°]
J <sub>0</sub>	- função de Bessel de primeira espécie de ordem zero	[-]
J <sub>1</sub>	- função de Bessel de primeira espécie de ordem um	[-]
L*	- luminosidade	[-]
m <sub>0</sub>	- massa inicial	[kg]
m <sub>ti</sub>	- massa total no instante t <sub>i</sub>	[kg]
MS(A <sub>in</sub> )	- massa seca da amostra in natura	[kg]
MS <sub>0</sub>	- massa seca inicial, sem a incorporação de sacarose	[kg]
MS <sub>ti</sub>	- massa seca no instante t <sub>i</sub> quando já existe incorporação de sacarose	[kg]
n	- número de coeficientes e constantes do modelo	[-]
N	- número de dados experimentais	[-]
QA	- quantidade de água	[%]
QS	- quantidade de sacarose	[%]
r	- raio do cilindro	[m]

$r_p$ – Posição radial do ponto nodal “P”	[m]
$r_e$ – Posição radial da fronteira “e”	[m]
$r_w$ – Posição radial da fronteira “w”	[m]
$R^2$ - coeficiente de determinação	[-]
S – termo fonte da equação de difusão	[-]
SC – componente constante do termo fonte linearizado	[-]
SP – componente do termo fonte linear em F	[-]
SST – sólidos solúveis totais	[°Brix]
t - tempo de secagem	[min]
$\bar{X}(t)$ - teor de umidade médio em base seca no instante t	[kg kg <sup>-1</sup> ]
X– teor de água no instante t, bs	[kg kg <sup>-1</sup> ]
$X_e$ – teor de água de equilíbrio, bs	[kg kg <sup>-1</sup> ]
$X_0$ – teor de água inicial, bs	[kg kg <sup>-1</sup> ]
$X_{exp,i}^*$ – razão de umidade experimental	[-]
$X_{pré,i}^*$ – razão de umidade predito pelo modelo	[-]

### Letras gregas

$\Phi$ – variável dependente de interesse no processo difusivo	[-]
$\Phi_p, \Phi_E, \Phi_w, \Phi_N, \Phi_S$ – Variáveis dependentes em equação discretizada	[-]
$\Phi_e''$ - fluxo difusivo na fronteira leste	[-]
$\Phi_w''$ - fluxo difusivo na fronteira oeste	[-]
$\Gamma^\Phi$ – parâmetro do processo	[-]
$\Gamma_e^\Phi$ – Coeficiente de transporte na interface entre “P” e “E”	[-]
$\Gamma_w^\Phi$ – Coeficiente de transporte na interface entre “W” e “P”	[-]
$\Gamma_n^\Phi$ – Coeficiente de transporte na interface entre “N” e “P”	[-]
$\Gamma_s^\Phi$ – Coeficiente de transporte na interface entre “S” e “P”	[-]
$\lambda$ – parâmetro do processo	[-]
$\mu_{n,1}$ , – raiz de equações característica	[-]
$\mu_{m,2}$ , – raiz de equações característica	[-]
$\chi^2$ – qui-quadrado	[-]
$\Delta$ – variação	[-]

## RESUMO

O caju possui sabor característico intenso e polpa avantajada, constituindo excelente matéria-prima para utilização em novos produtos. Logo, objetivou-se com este trabalho agregar valor sensorial e prolongar a vida útil do caju a partir da realização da desidratação osmótica (40 e 60 °Brix a 40 e 60 °C) com posterior secagem convectiva (50 e 60 °C) para elaboração de passas de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura. Ao todo foram realizadas secagens de 8 amostras desidratadas osmoticamente e 4 in natura. Verificou-se que com o aumento da concentração da solução osmótica e da temperatura diminuiu o teor de água e aumentou o teor de sacarose e que, quanto maior a espessura das fatias, maior o teor de água no fim do processo. Os pseudofrutos com 10 mm, desidratados a 40 °Brix e 40 °C e secos a 50 °C apresentaram o maior tempo de secagem. Os modelos de Page, Silva et alii, Newton e Henderson e Pabis descreveram satisfatoriamente o comportamento das cinéticas de secagem. Os experimentos das amostras desidratados osmoticamente e secos com as fatias com 5 mm de espessura apresentaram taxas de secagem decrescentes. A condição de contorno do terceiro tipo mostrou-se mais adequada para descrever os processos das secagens. Foram realizadas análises de caracterização dos 8 experimentos osmoticamente desidratados a fim de escolher quais os mais indicados para análises microbiológicas e sensorial. Foram escolhidas amostras dos experimentos secos a 60 °C, nas quais foi observado que os mesmos elevaram os teores de ratio, além de carboidratos, luminosidade, a\*, b\*, croma e carotenoides. A espessura de 10 mm elevou os teores de cinzas, proteínas, pH, acidez total, a\*, b\*, croma, carotenoides e as clorofilas a, b e totais. A espessura de 5 mm resultou em maior conteúdo de umidade, a<sub>w</sub>, SST, ratio, valor energético, ângulo de tonalidade e antocianinas. As análises microbiológicas mostraram a conformidade da elaboração das passas conforme preconizado pela ANVISA. Os cajus-passas apresentaram boa aceitabilidade com notas entre 6,0 (gostei ligeiramente) e 7,0 (gostei moderadamente) e intenção de compra (3,0 – talvez comprasse e 4,0 – possivelmente compraria).

**Palavras-chaves:** *Anacardium occidentale* L., solução de sacarose, teoria da difusão, bioativos, análise sensorial.

## ABSTRACT

Cashew has an intense characteristic flavor and advantageous pulp, constituting an excellent raw material for use in new products. Therefore, the objective of this work was to study the realization and aggregation (40 °Brix to 40 °C) useful and subsequent convective drying (50 and 60 °C) for the elaboration of cashew passages with 5 and 10 mm of thickness. In all, 8 samples were osmotically dehydrated and 4 in natura were dried. There was an increase in the concentration of the motic solution and in the temperature of the water with water content and increase in water content, the greater the thickness of the slices, the greater or greater the thickness at the end of the process. Pseudofruits with 10 mm, dehydrated at 40 °Brix and 40 °C and dried at 50 °C had the longest drying time. Page, Silva et alii, Newton and Henderson and Pabis models satisfactorily describe the behavior of drying kinetics. The experiments of osmotically dehydrated and dried samples with 5 mm thick slices showed decreasing drying evidence. The boundary condition of the third type proved to be more adequate to describe the drying processes. Osmotically tested characterization methods were selected in order to choose the most selected to look at microbiological and sensory. Samples from the experiments dried at 60 °C were chosen, in which they were observed to change the ratio contents, in addition to carbohydrates, luminosity, a\*, b\*, chroma and carotenoids. The 10 mm thickness increased the ash, protein, pH, total determination, a\*, b\*, chroma, carotenoids and chlorophyll a, b and total contents. The 5 mm thickness resulted in higher moisture content, aw, SST, ratio, energy value, shade angle and anthocyanins. The microbio companies by NVISA accept the conformity of the elaboration of the NVISA. The raisin cashews showed good acceptability with scores between 6.0 (I liked to minimize) and 7.0 (I liked it moderately) and purchase intention (3.0 – maybe and 4.0 – I would probably buy).

**Keywords:** *Anacardium occidentale* L., sucrose solution, diffusion theory, bioactives, sensory analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

A agroindústria busca constantemente inovações mercadológicas com frutas e vegetais que em especial, sejam encontrados em abundância, com potencial no mercado e que tenham atrativo ao público nos quesitos sabor, aparência e valor nutricional.

Sabe-se que o Brasil é o terceiro maior produtor frutícola do mundo, ficando atrás apenas da China e da Índia, com uma produção que tem superado os 40 milhões de toneladas nos últimos anos (SCOGNAMIGLIO, 2017).

Entre os frutos brasileiros, a castanha de caju é um dos destaques, principalmente na região Nordeste do país, com uma produção de 139.383 toneladas e rendimento médio de 327 kg/ha no ano de 2019 (IBGE, 2019).

A castanha é o verdadeiro fruto do cajueiro, entretanto, acoplado a ela existe o caju, pedúnculo dilatado pelo acúmulo de água e nutrientes, também chamado de pseudofruto, caracterizado pela maciez, suculência e sabor característico, sendo bastante consumido na região Nordeste e do qual se pode obter vários produtos alimentícios.

Contudo o caju possui polpa avantajada que representa cerca de 90% do fruto e devido ao seu elevado teor de umidade é propenso à deterioração microbiana rápida (RODRÍGUEZ et al., 2017).

Para inibir esse crescimento microbiano e aumentar a vida útil do caju, tendo em vista que é um dos principais propósitos da tecnologia de alimentos, e maximizar a retenção de nutrientes durante o processamento e armazenamento de produtos agrícolas, podem-se aplicar várias tecnologias, entre as quais se destacam a desidratação osmótica seguida da secagem (FONTELES et al., 2016; DAS e AMORA, 2017).

A realização de pré-tratamentos pode melhorar o processo de secagem e resultar em produtos de alta qualidade (FONTELES et al., 2016).

A desidratação osmótica trata-se de uma técnica que pode ser utilizada como pré-tratamento da secagem convectiva que visa reduzir a quantidade de água livre no alimento por meio da imersão do mesmo em uma solução hipertônica (sacarose), com o consequente ganho de solutos. A desidratação osmótica, preparada com soluções salinas ou de sacarose, é uma técnica simples e de baixo custo utilizada em diversos alimentos (CELESTINO, 2010; DELGADO et al., 2016).

A aplicação da desidratação osmótica como etapa inicial da desidratação de frutas, seguida por secagem com ar quente, é uma opção de processo que, no geral,

resulta em produto de qualidade superior à dos obtidos por meios convencionais (GERMER et al., 2011).

Além das vantagens citadas quanto à diminuição do conteúdo de água dos alimentos, os métodos combinados de secagem oferecem vantagens nos processos de embalagem e armazenamento, contribuindo também para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (CASTRO et al., 2018).

A elaboração de frutas do tipo passa é bastante promissora e sua preparação a partir da combinação da desidratação osmótica e da secagem tem sido estudada por diversos pesquisadores (SOUSA, 2003; JESUS et al., 2005; MOURA et al., 2007; MARQUES et al., 2007; GUIMARÃES e SILVA, 2008; GERMER et al., 2011; SOUZA et al., 2011; CASTRO et al., 2018).

Uma vez que se pretende produzir um alimento para ingresso no mercado é necessário analisar sua aceitabilidade comercial, que pode ser estimada por meio de análise sensorial na qual, segundo Stone e Sidel (2004), é uma ferramenta usada na elaboração de novos produtos, controle de matéria-prima, comparação de produtos, investigação do envelhecimento e vida comercial, além de avaliação da aceitação e preferência de consumidores.

Portanto, a elaboração do caju-passa é um procedimento promissor no processamento do caju, ensejando uma investigação sobre os melhores valores dos parâmetros necessários para sua obtenção, como espessura das fatias, temperatura de secagem, concentração da solução hipertônica (sacarose) e o tempo na desidratação osmótica e secagem, avaliando-se a aceitabilidade por meio de análise sensorial.



## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Utilizar fatias de caju, com diferentes espessuras, para elaboração de caju-passas por meio da desidratação osmótica seguida de secagem convectiva, bem como avaliar suas características físico-químicas e realizar análise sensorial dos produtos, visando avaliar sua aceitabilidade comercial.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Analisar o caju in natura quanto aos parâmetros: umidade, atividade de água, cinzas, pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), ratio, ácido ascórbico, lipídios, proteínas, carboidratos, valor energético e cor (luminosidade, a\*, b\*, croma e ângulo hue);
- Produzir caju-passas a partir da desidratação osmótica e secagem (50 e 60 °C) de caju fatiados com espessuras de 5 e 10 mm variando a concentração da solução de sacarose (40 e 60 °Brix) e a temperatura da solução (40 e 60 °C) sob agitação de 100 rpm;
- Determinar a partir da cinética de desidratação osmótica as melhores condições de desidratação osmótica, quanto a concentração, temperatura e espessura;
- Realizar cinética de secagem das fatias do pseudofruto de caju previamente desidratadas osmoticamente, nas temperaturas de 50 e 60 °C e avaliar os tempos de secagem;
- Calcular o rendimento de massa das amostras após realização das secagens;
- Modelar matematicamente as cinéticas de secagem com os modelos de Page, Silva et alii, Newton, Henderson & Pabis, Peleg e Wang & Sing;
- Analisar o comportamento das secagens a partir das taxas de secagem;
- Determinar através do modelo de difusão analítico, a condição de contorno apropriada para descrever o processo;

- Determinar a composição centesimal dos cajus-passas no que se referem à umidade, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, atividade de água, pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), ratio, açúcares (totais, redutores e não redutores) e o valor energético, analisando quanto à espessura das fatias;
- Determinar a cor dos cajus-passas no que se referem a luminosidade, cromaticidades  $a^*$  e  $b^*$ , croma e ângulo hue;
- Determinar os compostos bioativos dos cajus-passas determinando os teores de ácido ascórbico, flavonoides, antocianinas, carotenoides e clorofilas a, b e totais;
- Realizar análises microbiológicas de coliformes totais e termotolerantes, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., bolores e leveduras nos cajus-passas selecionados para a análise sensorial;
- Realizar análise sensorial de aceitabilidade e intenção de compra dos cajus-passas;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caju

O caju (*Anacardium occidentale* L.) é amplamente cultivado e comercialmente explorado em vários países, incluindo o Brasil, onde possui um papel econômico importante como cultura agrícola, especialmente na região Nordeste do país, onde o cajueiro é mais encontrado (ABREU et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2015; DEENANATH et al., 2015).

O cajueiro é uma árvore tropical e subtropical pertencente à família *Anacardiaceae*, do gênero *Anacardium* Linn e espécie *Anacardium occidentale* Linn var. *nanum* (TREVISAN et al., 2006; SANTOS et al., 2007; ASOGWA et al., 2008). Originou-se nos cerrados do Centro-Oeste e na restinga do Nordeste brasileiro, espalhando-se para vários outros lugares, como Camboja, Gambia, Índia, Indonésia, Quênia, Malásia, Moçambique, Mianmar, Filipinas, Sri Lanka, Sudão, Tanzânia, Tailândia, Uganda e Vietnã durante o século XV e XVI através dos exploradores portugueses e espanhóis (MARTIN et al., 1997; ASOGWA et al., 2008; HAMMED, et al., 2008).

Os cajueiros têm sido agrupados em dois tipos: o comum e o anão precoce. As plantas do tipo comum têm altura média de 5 a 8 m e diâmetro da copa de 12 e 14 m, com plantas em que a altura chega a 15 m de altura e a copa a 20 m de diâmetro. Por sua vez, as plantas do tipo anão precoce alcançam altura média de 4 m e diâmetro de copa entre 6 e 8 m, sendo possível, no entanto, encontrar plantas fora desse padrão (BARROS, 2017).

O caju é o pseudofruto ligado ao verdadeiro fruto que é a castanha. A castanha do caju é um fruto não climatérico pequeno, duro e com forma de pera bastante conhecido em todo o mundo (ASSUNÇÃO e MERCADANTE, 2003). Segundo o IBGE (2019), em 2019 a área plantada de castanha de caju foi de 425.797 ha com produção de 139.383 t e rendimento médio de 327 kg por hectare.

Embora a castanha represente apenas 10% do peso total do caju, é o principal produto explorado. Assim, grandes quantidades de pseudofrutos são perdidas no campo, durante colheita e pós-colheita, após a remoção da castanha. Cerca de 10 a 15 t de cajus são obtidas como subproduto por cada tonelada de castanha produzida. Apesar das perdas, o caju tem considerável relevância comercial devido a vários produtos derivados

como, polpas congeladas, sucos, néctares, geleias, gelatina, xaropes, bebidas variadas e conservas (AKOTO, 2011; SILVEIRA et al., 2012; ABREU et al., 2013; FONTES et al., 2013; ROCHA et al., 2014; TALASILA e SHAIK, 2015; BARROS et al., 2017; CUNHA et al., 2017; RODRÍGUEZ et al., 2017).

O caju totalmente desenvolvido/amadurecido é firme, fibroso e succulento com alta concentração de açúcar, forte sabor exótico, baixa acidez e alta adstringência com potencial para diversas aplicações biológicas contendo várias moléculas bioativas, como polifenóis, taninos, ácido anacárdico, carotenoides e ácido ascórbico, além de quantidade significativa de minerais, como cobre, zinco, sódio, potássio, cálcio, ferro, fósforo e magnésio (FIGUEIREDO et al., 2002; LOWOR e AGYENTE-BADU, 2009; DEENANATH et al., 2015).

O principal componente nutricional do caju é o ácido ascórbico, com maior concentração que outras frutas como uvas, mangas, limões e possui uma concentração de 3 a 6 vezes maior que as laranjas e 10 vezes superior a abacaxis, sendo a quantidade de ácido ascórbico maior em cajus de variedade amarela do que vermelha (AKINWALE, 2000; MICHODJEHOUN-MESTRES et al., 2009, ADOU et al., 2011; NAKA et al., 2015).

Outra característica do caju é o gosto adstringente e acre. O teor elevado de taninos (cerca de 8 vezes mais do que na carne) e à presença de uma substância oleosa ainda não identificada na pele do pseudofruto são atribuídos ao seu sabor adstringente (AZEVEDO e RODRIGUES, 2000; JAYALEKSHMY e JOHN, 2004).

Embora a importância econômica do caju tenha sido reconhecida por muitos pesquisadores, as práticas atuais para a adição de valor são muito limitadas (DAS e AMORA, 2017).

Azoubel et al. (2009) relataram a falta de informações adequadas disponíveis para tecnologias de armazenamento e processamento do caju, tal conhecimento é imprescindível, uma vez que a produção de cajus é sazonal e os pseudofrutos são altamente perecíveis.

Os frutos sofrem mudanças de cor, sabor, textura, aparência e valor nutricional, todos relacionados à perda de qualidade do suco extraído. Assim, a inibição do crescimento microbiano e a retenção de qualidade são dois parâmetros importantes para a extensão da vida útil do caju. Vários métodos de preservação podem ser utilizados para este fim, como uso de conservantes químicos, tratamento térmico, processamento

por alta pressão, desidratação osmótica, armazenamento a baixa temperatura, embalagem com atmosfera modificada e irradiação (DAS e AMORA, 2017).

### 2.1.1 Propriedades físico-químicas do pseudofruto

As análises físico-químicas são fundamentais durante a caracterização dos alimentos, controle de prováveis fraudes e determinação da quantidade dos nutrientes presentes para confecção da tabela nutricional exigida nos rótulos e embalagens.

Canuto et al. (2010) realizaram análises físico-químicas das polpas de pseudofrutos da região Norte do Brasil e para tal, escolheram frutos em estado de maturação totalmente maduros, os quais foram triturados em liquidificador antes das análises. Os autores descreveram características como a cor da polpa que mostrou-se luminosa, levemente alaranjada e opaca. Os demais parâmetros analisados podem ser vistos na Tabela 2.1.

Por sua vez, Gadelha et al. (2009) estudaram polpas prontas congeladas de pseudofrutos adquiridas em um supermercado da cidade de Campina Grande na Paraíba e obtiveram em suas análises valores que podem ser observados na Tabela 2.1, a seguir.

**Tabela 2.1:** Parâmetros físico-químicos do pseudofruto analisados por diferentes pesquisadores.

Parâmetros	Referências	
	Canuto et al. (2010)	Gadelha et al. (2009)
Umidade (g/100g)	93,8	-
Lipídios (g/100g)	0,1	-
Sólidos solúveis totais (°Brix)	5,0	11,525
pH	4,7	3,85
Acidez (mg ácido cítrico/100g)	0,2	0,5583
Ácido ascórbico (mg/100g)	12,4	-
Cinzas (g/100g)	-	0,2748
Açúcares (g/100g)	-	8,8931

### 2.2 Secagem

O processo de secagem é possivelmente um dos mais antigos utilizados no setor alimentício, sendo constantemente estudado por pesquisadores de todo o mundo.

Seu principal objetivo é a remoção de água para inibir a atividade microbiana e enzimática dos alimentos, gerando um produto com qualidade e segurança alimentar, aumentando seu tempo de vida útil, contribuindo para reduzir espaço nas embalagens e facilitar o transporte (RAKCEJEVA et al., 2011; ARAL e BESE, 2016; DEFRAEYE e VERBOVEN, 2017; HORUZ et al., 2017).

Segundo Özdemir et al. (2017) a secagem é o melhor método para preservar alimentos. Sendo uma alternativa ao consumo de frutas e vegetais frescos, permitindo seu uso durante a entressafra (RAKCEJEVA et al., 2011) contribuindo também com a redução de desperdícios, modificando o que muitas vezes poderia se transformar em rejeito em um novo produto, uma vez que alimentos com elevado conteúdo de água se deterioram com muito mais facilidade.

Para Fonteles et al. (2016) a secagem é uma tecnologia que promove modificações significativas nas propriedades físicas e químicas dos alimentos, que afetam os compostos bioativos e a atividade antioxidante.

A secagem pode ser caracterizada como natural, quando se utiliza ar ambiente durante o processo ou artificial, e emprega ar movimentado artificialmente com auxílio de equipamentos apropriados, como é o caso dos secadores convectivos.

A secagem convectiva é considerada a mais utilizada na desidratação de frutas e vegetais devido aos baixos custos, conforme Lewicki (2006); entretanto, Defraeye e Radu (2017) relataram que é necessário otimizar o processo de secagem a fim de reduzir o consumo de energia que é elevado devido à sua utilização intensiva para remoção da umidade, podendo tornar o processo dispendioso.

Obter mais informações no processo de troca de calor na interface ar-fruta é um passo fundamental para uma melhor compreensão e aprimoramento dos procedimentos de secagem por convecção (DEFRAEYE e RADU, 2017). Defraeye e Verboven (2017) afirmaram que compreender a cinética de desidratação é essencial para otimizar o processo de secagem, a fim de se obter a qualidade máxima das frutas secas.

No processo da secagem o período inicial é caracterizado por taxas de redução da umidade do produto relativamente altas (FIGIEL, 2010). O comportamento típico de secagem é sigmoideal, representando aquecimento, período de taxa constante e períodos de queda de taxa (HORUZ et al., 2017).

No decorrer da secagem a transferência de calor e massa ocorre simultaneamente. O conhecimento do mecanismo de transferência de calor e massa

como a difusividade da umidade, está relacionado á parâmetros de secagem como temperatura, velocidade e umidade relativa do ar de secagem necessários para o design ideal do secador e a qualidade final do produto seco (UNAL e SACILIK, 2011; CHAYJAN e KAVEH, 2014).

Moraes et al. (2014) após realizarem secagem convectiva do resíduo do caju em secador de bandejas na temperatura de 80 °C por 300 min, relataram que a mesma é uma estratégia que possibilitaria maior aproveitamento desse coproduto da indústria de caju, o qual diminuiria a potencial contaminação ambiental que o excesso desses resíduos vem causando.

Machado et al. (2010) realizaram secagem de fatias do caju com 1 e 2 cm de espessura em secador de bandejas nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C e relataram que as fatias obtidas apresentaram ótimas características sensoriais, sabor e cor agradáveis, com aspecto visual de cor amarela clara, mantendo as características avermelhadas da casca, apresentaram ainda textura crocante, com ausência de consistência elástica.

### **2.2.1 Modelagem matemática**

Os processos de secagem são geralmente descritos utilizando modelos fenomenológicos (semiempíricos) ou empíricos que servem para descrever a cinética de secagem de frutas e vegetais, assim como o design e otimização de secadores (DARVISHI et al., 2014).

Os modelos semiempíricos como o modelo de difusão, implicam iniciar a acessibilidade associada a uma convecção dinâmica, bem como a difusividade efetiva que é revelada durante o estágio de diminuição da taxa de secagem de acordo com a segunda lei de Fick. No entanto, um modelo empírico pode ser suficiente para representar as características de secagem quando o estudo se concentra basicamente na qualidade do produto seco (MOUNIR, 2015; MICHALSKA et al., 2016).

Se o modelo for apropriado para a cinética de secagem, ele pode ser usado para descrever o comportamento de secagem total. O modelo também pode fornecer informações sobre a última parte do período de queda da taxa (HORUZ et al., 2017).

Para avaliar se um modelo é apropriado para descrever o comportamento de um material durante a cinética de secagem, verifica-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o qui-quadrado ( $\chi^2$ ). De acordo com Zanoelo et al. (2007), qualquer modelo de

secagem com valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) maiores que 0,90 pode ser considerado aceitável, em termos de engenharia, para a descrição do processo. Porém o mais comum é a obtenção de coeficientes de determinação maiores que 0,99 para os melhores modelos de secagem (SILVA et al., 2008).

Os modelos contínuos dependem das propriedades de transporte de umidade, principalmente empiricamente determinadas ( $K_m$  - coeficiente de transferência de calor ou  $D_m$  - difusividade de massa), que são essenciais para uma modelagem bem-sucedida. No entanto, quando um estudo de modelagem é realizado, esses valores geralmente não são explicitamente determinados para a cultivar correspondente ou condições de secagem de interesse, mas sim retirados da literatura (DEFRAEYE e VERBOVEN, 2017).

### **2.3 Desidratação osmótica**

A desidratação osmótica é um método empregado para otimizar a remoção da umidade dos alimentos originando um produto de umidade intermediária como meio de garantir sua durabilidade. O processo recebe muita atenção devido ao seu baixo custo e pouca complexidade (AHMED et al., 2016; PROSAPIO e NORTON, 2017).

A desidratação osmótica é utilizada como pré-tratamento de vários processos para produzir melhor qualidade do produto final quanto aos aspectos sensorial e funcional, além de originar um produto nutritivo e saudável que estará disponível durante todo o ano (FALADE et al., 2007; LOMBARD et al., 2008; TORTOE, 2010; KHAN, 2012; PHISUT, 2012; AHMED et al., 2016).

Dentre os processos que sucedem a desidratação osmótica está a secagem. Prosapio e Norton (2017), assim como Das e Amora (2017) relataram que a desidratação osmótica deve ser utilizada como um pré-tratamento da secagem, uma vez que diferentes autores salientaram que o método permite reduzir o teor de água em até 50%. Ribeiro et al. (2016) observaram que quando a desidratação osmótica foi aplicada antes da secagem convencional em estufa, houve uma redução de 41,8% do tempo de secagem. Patil et al. (2012) verificaram que a aplicação do pré-tratamento para secagem convectiva permitiu reduzir o tempo de secagem da cebola em aproximadamente 40%. Lopez et al. (2010) apontaram que o pré-tratamento de desidratação osmótica levou a uma diminuição significativa do teor de umidade do chuchu, permitindo reduzir o tempo de secagem em até 65%, dependendo do desidratador usado.



Os produtos osmoticamente desidratados e, posteriormente secados, quando comparados com produtos apenas secos, apresentaram melhor textura, maior retenção de vitaminas, melhor sabor e estabilidade de cor. A vida útil de um produto osmoticamente desidratado e seco varia de 6 meses a 1 ano (FAVA, 2004).

O processo de desidratação osmótica consiste na imersão do gênero alimentício em uma solução hipertônica, desta forma a umidade difunde dos alimentos para a solução graças à semipermeabilidade da membrana celular e, de maneira inversa, o soluto, usado como desidratador osmótico, flui da solução para o alimento mesmo que em menor medida (TORTOE, 2010; RIBEIRO et al., 2016).

Ahmed et al. (2016) descreveram a desidratação osmótica como sendo um processo de transferência de massa contracorrente, em que o soluto flui para o alimento, enquanto a umidade é eluída (separada da mistura de partículas) do interior do alimento para a solução hipertônica, relataram ainda que a diferença de pressão osmótica entre o material alimentar e a solução hipertônica fornece a força necessária para a remoção de água do alimento para a solução osmo-ativa.

Em geral, a fruta submetida ao tratamento osmótico é cortada em pequenos pedaços (cubos, fatias, palitos), resultando em uma maior área de contato com a solução desidratante, favorecendo a troca de massa (MOURA et al., 2007).

Uma vez que o processo de desidratação osmótica envolve transferência de massa em dois sentidos, é possível controlar esse processo e introduzir substâncias nutritivas desejadas no vegetal (CIURZYNSKA et al., 2016).

A absorção de soluto e solubilização de constituintes alimentares durante o processo resulta em alteração da composição do produto original, levando, assim, à melhoria de algumas propriedades nutricionais, funcionais e organolépticas, além de aumentar o rendimento dos produtos desidratados e fornecer benefícios como minimização dos danos térmicos aos nutrientes, inibição do pardo enzimático e redução de custos (SHI, 2008; CHANDRA e KUMARI, 2015; AHMED et al., 2016).

É importante saber que devido à semipermeabilidade da membrana celular, os solutos orgânicos, ácidos, minerais, fragrâncias e corantes se movem para a solução hipertônica. Esta transferência é insignificante quantitativamente, mas é essencial em termos de composição do produto (TORTOE, 2010; PHISUT, 2012).

Variáveis como variedade, nível de maturidade e geometria dos materiais alimentares, bem como pré-tratamentos, temperatura, concentração e os tipos de agentes

osmóticos afetam a transferência de massa durante a desidratação osmótica (AHMED et al., 2016).

Durante o processo, a perda de umidade do produto ocorre em uma taxa mais rápida nas primeiras horas e, em seguida, a taxa diminui lentamente nas horas sucessivas e, finalmente, se estabiliza. No entanto a difusão do soluto no material não é significativa no estágio inicial do tratamento osmótico, mas como a taxa de desidratação diminui, a taxa de soluto aumenta para o material alimentar (WACK, 1994; PHISUT, 2012).

### **2.3.1 Agentes osmóticos**

Vários tipos de agentes osmóticos podem ser utilizados durante o processo a depender do produto final desejado, entre eles estão glicose, xarope de milho, cloreto de sódio (NaCl), sorbitol, concentrados de amido, frutose, sacarose ou outras substâncias aceitáveis para o consumidor (AHMED et al., 2016). Chiralt e Fito (2003) e Correa et al. (2016) relataram que a desidratação osmótica é geralmente conduzida utilizando soluções de sacarose e cloreto de sódio.

É importante procurar agentes osmóticos que resultem em menor impacto no valor calórico do alimento (MENDONÇA et al., 2016).

O sorbitol é considerado um agente osmótico eficaz. Ele exerce um efeito protetor sobre a cor, o teor de ácido ascórbico do produto desidratado e no processo fermentativo de frutas (RIVA et al., 2005; RIZZOLO et al., 2007). A frutose apresenta maiores coeficientes de difusão do que a sacarose devido ao seu pequeno tamanho molecular, o que permite a sua maior mobilidade em alimentos, isto é, um maior coeficiente de difusão (LOPEZ et al., 2011).

## **2.4 Fruta-passa**

Fruta-passa é o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados (BRASIL, 1978).

A elaboração de frutas-passas têm sido objeto de pesquisa de vários estudos há alguns anos devido a boa probabilidade de aceitação desses produtos por parte dos consumidores, entre as frutas utilizadas para este fim estão as descritas na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2:** Frutos utilizados para desidratação e elaboração de passas.

<b>Fruto</b>	<b>Referências</b>
Caju	Marques et al. (2007)
Goiaba	Castro et al. (2018); Pessoa et al. (2011)
Uva	Machado et al. (2015)
Pêssego	Germer et al. (2011)
Jaca	Souza et al. (2011)
Murici	Guimarães e Silva (2008)
Maçã	Moura et al. (2007)
Banana	Viana et al. (2017); Jesus et al. (2005)
Morango	Guimarães et al. (2014)
Mangaba	Mariano et al. (2013)
Cagaita	Silva et al. (2015)

As frutas do tipo passa com maior aceitação, segundo Celestino (2010) são banana, caju, uva e ameixa-preta.

O método apropriado para preparação de frutas tipo passa é a desidratação osmótica, pois além de proporcionar perda de água, também acarreta ganho de sólidos (sacarose), fator desejável principalmente para frutos com baixo teor de sólidos solúveis (SOUSA, 2003; CELESTINO, 2010).

Segundo Celestino (2010), um tratamento osmótico de 4 h em um banho termostaticado com temperatura de 30 °C e concentração da solução osmótica de 60 °Brix é a condição adequada para a produção de frutas passa. Já Sousa (2003) ao estudar a produção de goiaba-passa, afirmou que a temperatura da solução pode variar de 30 a 50 °C e a concentração pode ser de 40 °Brix, procedendo-se a secagem a 65 °C por 7 h. Marques et al. (2007) alegaram que o ponto final da secagem é definido pelo teor de água final previsto para o caju-passa, em torno de 10%.

## **2.5 Análise sensorial**

A qualidade sensorial é a medida final da qualidade e do sucesso do produto e compreende uma variedade de ferramentas poderosas e sensíveis para medir as respostas humanas aos alimentos e a outros produtos (DRAKE, 2007).

A análise sensorial é uma metodologia que utiliza os sensores humanos para caracterizar, medir, analisar e interpretar as reações sentidas, da forma como são percebidas. Utiliza os sensores humanos como único instrumento de medida, sendo usada com êxito nas indústrias de alimentos, cosméticos e automotivas e tem vindo, atualmente, a ser adaptada às indústrias têxteis e do vestuário, em que predomina a subjetividade dos materiais (NOGUEIRA, 2011).

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. Nesta avaliação os indivíduos, por meio dos próprios órgãos sensórios, utilizam os sentidos da visão, olfato, audição, tato e gosto (IAL, 2008).

A análise sensorial é uma ferramenta aplicável em todas as etapas da tecnologia de alimentos; desde a concepção de um novo produto alimentício até a padronização e avaliação do nível de qualidade do produto; para tanto, dispõe-se de diferentes tipos de testes: discriminativos, afetivos e descritivos. Os discriminativos medem atributos específicos pela discriminação simples indicando, por comparações, se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras, tendo como exemplo o triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla. Já os testes afetivos possibilitam que o julgador expresse seu estado emocional ao escolher um produto pelo outro. É a forma usual de se medir a opinião de um grande número de consumidores com respeito às suas preferências. As escalas mais empregadas são: de intensidade, a hedônica, do ideal e de atitude ou de intenção. Os julgadores não precisam ser treinados, mas consumidores frequentes do produto em avaliação (DUTCOSKY, 2007; ZENEON et al., 2008).

A seleção do teste apropriado, condições de teste e análise de dados decorre em resultados reproduzíveis, poderosos e relevantes enquanto que a aplicação apropriada desses testes permite informações específicas sobre o produto e o consumidor (DRAKE, 2007).

## **2.6 Estado da arte**

A desidratação osmótica seguida de secagem convectiva ou com vácuo do pseudofruto recebeu uma intensa atenção comercial e nas pesquisas, visando a extensão

do seu tempo de vida útil (FALADE et al., 2003). A temperatura, concentração da solução, agentes osmóticos, tempo de imersão e espessura das fatias afetam significativamente as características de desidratação osmótica dos pseudofrutos (AZOUBEL e MURR, 2003; FALADE et al., 2003).

Azoubel et al. (2009) estudaram as características físico-químicas e as propriedades sensoriais de fatias de pseudofrutos sob efeito combinado de desidratação osmótica e secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e relataram que embora o processo de desidratação osmótica tenha reduzido a atividade da água dos pseudofrutos de 0,72 a 0,48, associou-se à perda significativa de teor de ácido ascórbico, de 72 para 59 mg/100 mg. As taxas de secagem diminuíram significativamente devido à absorção de açúcar durante o processo de pré-secagem que conseqüentemente bloqueou a superfície, impondo resistência adicional à transferência de massa. Para a desidratação osmótica as fatias foram cortadas com espessuras de 5 cm e colocadas na solução osmótica seguindo a proporção 1:10 (pseudofruto: solução), o processo foi realizado em uma incubadora a 34 °C sob agitação a 80 rpm por 165 min.

Azoubel e Murr (2003) otimizaram o processo para a perda máxima de água e a permeação mínima de sólidos usando sacarose e xarope de milho. A temperatura, concentração de solução e o tempo de imersão foram utilizados na faixa de 30-50 °C, 40-60% e 90 a 240 min, respectivamente. Os efeitos combinados de alta pressão osmótica da solução de sacarose e alta viscosidade de polissacarídeos em xarope de milho controlaram a transferência de massa dos solutos e sua absorção. A perda no ácido ascórbico foi similar à obtida por Azoubel et al. (2009). As amostras pré-tratadas com solução de sacarose apresentaram maior aceitação com base na análise sensorial (AZOUBEL et al., 2009; OYEYINKA et al., 2009).

Marques et al. (2007) elaboraram cajus-passas com pseudofrutos inteiros e totalmente maduros, utilizando para desidratação osmótica xarope de sacarose elaborado com açúcar cristal e água na concentração de 50 °Brix. Ao xarope foram adicionados ácido cítrico em uma quantidade suficiente para que o mesmo atingisse pH 3,0 e metabissulfito de sódio na concentração de 0,5 ppm. A desidratação osmótica teve duração de 43 h seguida do cozimento do pseudofruto no próprio xarope na temperatura de 80 °C sob leve agitação por mais 1 h. As secagens do produto foram realizadas em um secador de bandejas com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. O ponto final de secagem foi definido pelo teor de água final prevista para o caju-passa, em torno de 10%. O objetivo final da pesquisa foi analisar qual modelo matemático

melhor se ajustaria aos dados da cinética de secagem, em que se constatou que o modelo de Cavalcanti-Mata foi o melhor entre os estudados, apresentando um valor médio de coeficientes de determinação de 99,94%.

Falade et al. (2003) estudaram pseudofruto em fatias cortadas transversalmente com espessuras de 10, 15 e 20 mm desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose com concentrações de 52, 60 e 68 °Brix durante 10 h na temperatura de 27 °C. Posteriormente realizaram secagem convectiva e a vácuo, ambos com a temperatura de 50 °C por 6 h. Os autores descreveram que não foram observadas diferenças dos atributos de cor, sabor, aroma, textura e aceitabilidade geral entre os pseudofrutos tratados osmoticamente e em seguida, foram submetidos à secagem convectiva e a vácuo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Transferência de Calor e Massa (LTCM) da Unidade Acadêmica de Física, ambos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande, PB.

#### 3.1 Material

Cajus (*Anacardium occidentale*) em estágio de maturação maduros, firmes e com coloração vermelha, adquiridos na EMPASA de Campina Grande utilizados para elaboração dos caju-passas.

#### 3.2 Obtenção de caju-passa

##### 3.2.1 Higienização, fatiamento e remoção da castanha

Inicialmente lavou-se os cajus em água corrente e imergiu-se em solução de hipoclorito de sódio (50 ppm) durante 5 min, em seguida, novamente lavados em água corrente para remoção da solução sanitizante.

Logo após, utilizou-se uma faca (Figura 3.1) com regulagem de espessura de corte que permitiu, com o auxílio de um paquímetro digital, medir e obter fatias com 5 e 10 mm de espessura. Durante este processo as castanhas foram consecutivamente removidas.



**Figura 3.1:** Faca utilizada para fatiar os pseudofrutos de caju.

Percebeu-se que as fatias dos cajus apresentavam grande quantidade de água livre em sua superfície a qual poderia interferir nos resultados de quantidade de água e de sacarose durante a desidratação osmótica, sendo assim, colocou-se as fatias sobre uma peneira para que a água visível na superfície das fatias pudesse escorrer em temperatura ambiente ( $28 \pm 2$  °C). Cerca de 15 h depois fez-se necessário ainda, remover o excesso de umidade da superfície das fatias com papel absorvente.

### 3.2.2 Desidratação osmótica

Preparou-se a solução osmótica com água destilada e açúcar cristal comercial (sacarose) nas concentrações de 40 e 60 °Brix, sendo essa variável ajustada com auxílio de um refratômetro.

Realizou-se o experimento na incubadora orbital refrigerada (marca Tecnal®, modelo TE-421, Brasil), tendo como principais características: (a) controle de temperatura entre 0 e 60 °C; (b) agitação orbital entre 30 e 250 rpm. Preencheu-se parcialmente um frasco de 2000 mL de massa (240,0 mm de altura, com um diâmetro de topo e de fundo de 110,0 mm) com a solução osmótica na proporção de 1:15 (pseudofruto: solução) com agitação de 100 rpm nas temperaturas de 40 e 60 °C.

Por fim, realizou-se oito experimentos distintos conforme mostra a Tabela 3.1 .

**Tabela 3.1:** Características das soluções utilizadas na desidratação osmótica das fatias do caju.

Experimento	Espessura das fatias (mm)	Concentração (°Brix)	Temperatura (°C)
1	5	40	40
2	10	40	40
3	5	60	40
4	10	60	40
5	5	40	60
6	10	40	60
7	5	60	60
8	10	60	60



Em cada experimento, para avaliação da cinética de desidratação osmótica, foram utilizadas 11 amostras, além de uma amostra in natura para determinação da massa seca e massa inicial de água, todas em triplicata.

Pesou-se as amostras em cestas teladas de plástico, previamente numeradas de 1 a 11 (em triplicata) para determinação da massa inicial de cada uma.

Imergiu-se as cestas na solução osmo-desidratante pré-aquecida com um ebulidor portátil elétrico (mergulhão) e, em seguida, colocou-se na incubadora com agitação nas temperaturas de 40 e 60 °C. Os períodos de imersão,  $t_i$ , foram de 10, 20, 30, 50, 70, 90, 110, 150, 190, 230 e 300 min. Para cada período de imersão fixou-se uma amostra  $A_i$ , com  $i$  variando de 1 a 11.

Logo após os primeiros 10 min, retirou-se as amostras  $A_1$  da solução, borrifou-se com água destilada para remoção da camada de sacarose aderida a superfície da amostra, posteriormente enxugou-se levemente com papel absorvente e aferiram-se suas massas. Em seguida as amostras  $A_1$  foram levadas para a estufa a 105 °C onde permaneceram por 24 h para determinação da matéria seca. Realizou-se o mesmo procedimento para cada amostra  $A_i$  até a última ( $A_{11}$ ).

A partir do procedimento descrito foi possível determinar as massas de água e de sacarose contidas na amostra  $A_{11}$ , em todos os instantes  $t_i$ , a partir das massas de água e de sacarose da amostra  $A_i$ , como exposto a seguir.

- No instante inicial

Para se determinar a massa seca de  $A_{11}$  no início do processo,  $MS_0(A_{11})$ , utilizou-se a massa seca obtida com a amostra in natura através de uma regra de três simples como mostra a Equação 3.1.

$$m_0(A_{in}) \rightarrow MS(A_{in})$$

$$m_0(A_{11}) \rightarrow MS_0(A_{11})$$

$$MS_0(A_{11}) = \frac{m_0(A_{11}) \times MS(A_{in})}{m_0(A_{in})} \quad (3.1)$$

em que:  $m_0$  – massa inicial;

$MS(A_{in})$  – massa seca da amostra in natura; e,

$MS_0(A_{11})$  – massa seca inicial, sem a incorporação de sacarose.

A massa de água  $MA_0(A_{11})$  foi obtida através da Equação 3.2:

$$MA_0(A_{11}) = m_0(A_{11}) - MS_0(A_{11}) \quad (3.2)$$

em que:  $m_0$  – massa inicial;

$MS_0(A_{11})$  – massa seca inicial, sem a incorporação de sacarose.

- Para cada instante  $t_i$ , com  $i$  variando de 1 a 10

De maneira geral, foi associado cada instante  $t_i$  a amostra  $A_i$ .

Obteve-se a massa  $m_{t_i}(A_{11})$ , através da regra de três foi construída utilizando-se a massa de  $A_i$  no instante  $t_i$  como mostra a Equação 3.3.

$$m_0(A_i) \rightarrow m_{t_i}(A_i)$$

$$m_0(A_{11}) \rightarrow m_{t_i}(A_{11})$$

$$m_{t_i}(A_{11}) = \frac{m_0(A_{11}) \times m_{t_i}(A_i)}{m_0(A_i)} \quad (3.3)$$

em que:  $m_0$  – massa inicial; e,

$m_{t_i}$  – massa total no instante  $t_i$ .

Já a massa seca  $MS_{t_i}(A_{11})$  foi determinada através da Equação 3.4.

$$m_{t_i}(A_i) \rightarrow MS_{t_i}(A_i)$$

$$m_{t_i}(A_{11}) \rightarrow MS_{t_i}(A_{11})$$

$$MS_{t_i}(A_{11}) = \frac{m_{t_i}(A_{11}) \times MS_{t_i}(A_i)}{m_{t_i}(A_i)} \quad (3.4)$$

em que:  $m_{t_i}$  – massa total no instante  $t_i$ ; e,

$MS_{t_i}$  – massa seca no instante  $t_i$  quando já existe incorporação de sacarose.

Para o instante  $t_{11} = 300$  min, a massa da amostra  $A_{11}$  aferiu-se em balança digital e sua massa seca foi obtida através do peso da amostra após 24 h na estufa. Os cálculos da massa de água e do ganho de sacarose, neste instante, foram obtidos através das Equações 3.5 e 3.6, respectivamente.

$$MA_{t_i}(A_{11}) = m_{t_i}(A_{11}) - MS_{t_i}(A_{11}) \quad (3.5)$$

em que:  $m_{t_i}$  – massa total no instante  $t_i$ ,

$MS_{t_i}$  – massa seca no instante  $t_i$  quando já existe incorporação de sacarose.

$$SG_{t_i}(A_{11}) = MS_{t_i}(A_{11}) - MS_0(A_{11}) \quad (3.6)$$

em que:  $MS_0$  – massa seca inicial, sem a incorporação de sacarose;

$MS_{t_i}$  – massa seca no instante  $t_i$  quando já existe incorporação de sacarose

No presente trabalho, fez-se as análises em termos de quantidade de água (QA) e quantidade de sacarose (QS) existente nas fatias de caju ao longo do processo de desidratação osmótica. Definiu-se estes parâmetros a partir das Equações 3.7 e 3.8, respectivamente, apresentados em forma percentual.

$$QA_{t_i}(A_{11}) = \frac{MA_{t_i}(A_{11})}{MA_0(A_{11})} \times 100 \quad (3.7)$$

$$QS_{t_i}(A_{11}) = \frac{SG_{t_i}(A_{11})}{MS_0(A_{11})} \times 100 \quad (3.8)$$

Para construção dos gráficos e ajuste matemático das curvas de quantidade de água (QA) e de sacarose (QS) utilizou-se as equações de Peleg como mostra a Tabela 3.2 no o software “LAB Fit Ajuste de Curvas” (SILVA e SILVA, 2009a). A definição dos valores de equilíbrio das cinéticas envolvidas (quantidade de água e de sacarose) e a definição do tempo do processo deu-se a partir deste modelo.

**Tabela 3.2:** Equações do modelo de Peleg utilizado para a cinética de desidratação osmótica do caju.

Quantidade percentual de água	Quantidade percentual de sacarose	Referência
$100 - \frac{t}{a + MS_0bt}$	$\frac{t}{a + bt}$	Mercali et al. (2010)

Realizaram-se os experimentos em triplicata e utilizou-se a média aritmética dos valores obtidos para as grandezas de interesse em cada experimento.

### 3.2.3 Secagem

Realizou-se 12 ensaios de secagens, em triplicata, desenvolvidos como mostra a Tabela 3.3 em uma estufa com circulação mecânica (MOD 320E, FANEM, SP, Brasil).

**Tabela 3.3:** Experimentos de secagens realizados com as fatias do pseudofruto de caju.

Experimento	Espessura das fatias (mm)	Desidratação osmótica		Temperatura da secagem (°C)
		Concentração (°Brix)	Temperatura (°C)	
1	5	40	40	50
2	10	40	40	50
3	5	60	40	50
4	10	60	40	50
5	5	40	60	60
6	10	40	60	60
7	5	60	60	60
8	10	60	60	60
9	5	-	-	50
10	10	-	-	50
11	5	-	-	60
12	10	-	-	60

Pesou-se cerca de 30 g das fatias desidratadas e in natura em uma cesta de arame com o material distribuído de forma que permitisse que a secagem ocorresse da maneira mais uniforme possível. Durante os primeiros 30 min de secagem efetuou-se pesagens

do conjunto (cesta + amostra) a cada 5 min. A partir deste tempo as pesagens realizaram-se a cada 10 min por 1 h. Em seguida fez-se pesagens a cada 15 min por mais 1 h, logo depois de 30 min durante 2,5 h, logo após a cada 1 h, até que não existisse mais variação significativa da massa da amostra. As amostras, em triplicata, foram posicionadas no centro da estufa durante todo o processo de secagem para minimizar o efeito do gradiente de temperatura da taxa de secagem. Atingindo-se o valor de equilíbrio da massa, levou-se as amostras para estufa a 105 °C por 24 h para a obtenção da massa seca. Com os dados das umidades em base seca calculou-se os valores da razão de teor de água ( $X^*$ ) conforme mostra a Equação 3.9:

$$X^* = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.9)$$

em que:  $X^*$  – razão de teor de água (adimensional);

$X_t$  – teor de água no instante t, base seca, bs;

$X_e$  – teor de água de equilíbrio, bs; e,

$X_0$  – teor de água inicial, bs.

### 3.2.3.1 Cinética de secagem

Construiu-se com os dados coletados as curvas de cinética de secagem e os modelos matemáticos (Tabela 3.4) de Page, Silva et alii, Newton, Henderson e Pabis, Peleg e Wang e Sing foram ajustados aos dados experimentais, usando regressão não linear através do ajuste de curva do “LAB Fit Curve Fitting Software” (SILVA e SILVA, 2009a).

**Tabela 3.4:** Modelos de secagem utilizados na cinética de secagem das fatias de caju.

Nome do modelo	Equação	Referência
Page	$X^* = \exp(-a * t^b)$	Page (1949)
Silva et alii	$X^* = e^{-a*t-b\sqrt{t}}$	Silva et al. (2014)
Newton	$X^* = \exp(-a * t)$	O' Callaghan et al. (1971)
Henderson e Pabis	$X^* = a * \exp(-b * t)$	Henderson & Pabis (1961)
Peleg	$X^* = 1 - t/(a + b * t)$	Peleg, (1988)
Wang e Sing	$X^* = 1 + a * t + b * t^2$	Wang & Sing (1978)

em que:  $X^*$  - Razão de teor de água;  
 $t$  – tempo de secagem (min);  $e$ ,  
 $a$  e  $b$  – parâmetros dos modelos.

Utilizou-se para identificar o melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o qui-quadrado ( $\chi^2$ ), calculado pela Equação 3.10:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{exp,i}^* - X_{pre,i}^*)^2}{N - n} \quad (3.10)$$

em que:  $\chi^2$  – qui-quadrado;  
 $X_{exp,i}^*$  – razão de umidade experimental;  
 $X_{pre,i}^*$  – razão de umidade predito pelo modelo;  
 $N$  – número de dados experimentais;  $e$ ,  
 $n$  – número de coeficientes e constantes do modelo.

A partir dos modelos empíricos apresentados na Tabela 3.4, obteve-se as equações matemáticas para a taxa de secagem em função do tempo as quais são apresentadas na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5:** Equações da taxa de secagem obtidas através dos modelos empíricos.

Nome do modelo	Taxa de secagem
Page	$d\bar{X}^*/dt = abt^{b-1}\exp(-at^b)$
Silva et alii	$d\bar{X}^*/dt = (a + bt^{-1/2}/2)\exp(-at - b\sqrt{t})$
Newton	$d\bar{X}^*/dt = a\exp(-at)$
Henderson e Pabis	$d\bar{X}^*/dt = ab\exp(-bt)$
Peleg	$d\bar{X}^*/dt = a/(a + bt)^2$
Wang e Sing	$d\bar{X}^*/dt = -(a + 2bt)$

### **3.2.4 Acondicionamento e embalagem**

Após as secagens, as passas de caju foram colocadas no dessecador para esfriarem por 1 h e em seguida, embalou-se a vácuo e refrigerou-se para posteriores análises. Observou-se que o acondicionamento em embalagem laminada e o armazenamento na temperatura ambiente provocaram estufamentos das embalagens indicando fermentação das passas.

### **3.3 Rendimento após secagem**

Após realização das cinéticas estudou-se o tempo de secagem para elaboração final dos caju-passas nos experimentos desidratados osmoticamente (1 ao 8). Posteriormente às secagens, em cada tempo determinado, realizou-se então o cálculo do rendimento a partir da Equação 3.11:

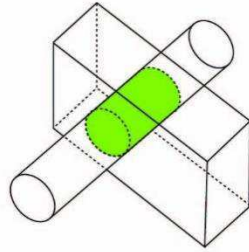
$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa final das fatias}}{\text{Massa inicial das fatias}} \times 100 \quad (3.11)$$

### **3.4 Solução analítica da equação de difusão para o cilindro finito**

Considerou-se as seguintes hipóteses para a obtenção da solução analítica:

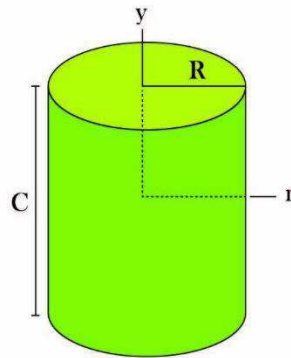
- Cilindro homogêneo e isotrópico;
- A distribuição do teor de umidade no interior do cilindro deve ter simetria radial e ser inicialmente uniforme;
- As condições do meio de secagem permanecem as mesmas durante todo o processo;
- O único mecanismo de transporte de água dentro do cilindro é a difusão líquida;
- O raio e o comprimento do cilindro não variam durante a difusão;
- A difusividade efetiva não varia durante o processo;
- A condição de contorno é do terceiro tipo.

Diante das hipóteses expostas, a equação de difusão tem solução analítica para várias geometrias simples, incluindo o cilindro finito. É importante ressaltar que um cilindro finito pode ser obtido pela interseção de dois sólidos ainda mais simples: o cilindro infinito e a parede finita, conforme mostra a Figura 3.2.



**Figura 3.2:** Interseção de um cilindro infinito com uma parede finita.

A geometria de um cilindro finito de raio  $R$  e comprimento  $C$  a qual utilizou-se para apresentar a solução analítica da equação de difusão está exibida na Figura 3.3.



**Figura 3.3:** Cilindro finito de raio  $R$  e comprimento  $C$ .

Para a geometria cilíndrica apresentada (Figura 3.3) a equação de difusão bidimensional aplicada à difusão de uma propriedade pode ser escrita, em coordenadas cilíndricas com base na Equação (3.12)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\lambda\Phi) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r\Gamma^{\Phi} \frac{\partial\Phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \Gamma^{\Phi} \frac{\partial\Phi}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \Gamma^{\Phi} \frac{\partial\Phi}{\partial z} \right) \quad (3.12)$$

Diante da Equação 3.12 e pressupondo as hipóteses estabelecidas ( $\partial\Phi/\partial\theta = 0$ ), tem-se:



$$\frac{\partial}{\partial t}(\lambda\Phi) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r\Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial y} \right) + S \quad (3.13)$$

em que:  $\Phi$  – variável dependente de interesse no processo difusivo;

$\lambda$  e  $\Gamma^\Phi$  – parâmetros do processo; e,

$S$  – termo fonte.

Na Equação 3.13,  $r$  é definido em relação ao eixo central do cilindro e, juntamente com  $y$  (em substituição a  $z$ , na Equação 3.12) define-se um determinado ponto no interior do cilindro a ser estudado.

Considerando-se  $\lambda = 1$ ,  $\Gamma^0 = D$  (difusividade efetiva de massa),  $\Phi = X$  (teor de umidade em base seca) e  $S = 0$ , a Equação 3.14 pode ser reescrita para descrever o transporte de umidade em um sólido considerado como um cilindro finito, conforme mostra a Equação 3.14.

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( rD \frac{\partial X}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D \frac{\partial X}{\partial y} \right) \quad (3.14)$$

Diante da Equação 3.14 apresenta-se a seguir, a solução analítica referente à condição de contorno convectiva (terceiro tipo). Tal condição é expressa através da imposição de igualdade entre o fluxo interno (difusivo) na superfície do cilindro finito e o fluxo externo (convectivo) nas vizinhanças desta superfície.

$$-D \frac{\partial X(r, y, t)}{\partial r} \Big|_{r=R} = h[X(r, y, t)|_{r=R} - X_{eq}] \quad (3.15)$$

e

$$-D \frac{\partial X(r, y, t)}{\partial y} \Big|_{y=\pm C/2} = h[X(r, y, t)|_{y=\pm C/2} - X_{eq}] \quad (3.16)$$

em que:  $X(r,y,t)$  – teor de umidade em base seca numa posição  $(r,y)$  do cilindro num instante  $t$  e

$D$  - difusividade efetiva de massa; e,

$h$  – coeficiente de transferência convectiva de massa.

Para um cilindro homogêneo e isotrópico, de raio  $R$  e comprimento  $C$ , com teor de umidade inicial uniformemente distribuído  $X_0$  e com teor de umidade de equilíbrio  $X_e$ , obtêm-se a solução  $X(r,y,t)$  da Equação 3.14, para as condições de contorno definidas nas Equações 3.15 e 3.16, por separação de variáveis (LUIKOV, 1968; CRANK, 1992) como mostra a Equação 3.17.

$$X(r, y, t) = X_{eq} - (X_{eq} - X_i) \times \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{n,1} A_{m,2} J_0\left(\mu_{n,1} \frac{r}{R}\right) \cos\left(\mu_{m,2} \frac{y}{C/2}\right) \exp\left[-\left(\frac{\mu_{n,1}^2}{R^2} + \frac{\mu_{m,2}^2}{(C/2)^2}\right) Dt\right] \quad (3.17)$$

Os coeficientes  $A_{n,1}$  e  $A_{m,2}$  são definidos nas Equações (3.18) e (3.19) a seguir:

$$A_{n,1} = \frac{2Bi_1}{J_0(\mu_{n,1})(Bi_1^2 + \mu_{n,1}^2)} \quad (3.18)$$

e

$$A_{m,2} = (-1)^{m+1} \frac{2Bi_2(Bi_2^2 + \mu_{m,2}^2)^{1/2}}{\mu_{m,2}(Bi_2^2 + Bi_2 + \mu_{m,2}^2)} \quad (3.19)$$

A equação para o valor médio do teor de umidade, num determinado instante  $t$ , dá-se por:

$$\bar{X}(t) = \frac{1}{V} \int X(r, y, t) dV \quad (3.20)$$

Por sua vez, a solução da equação de difusão para o valor médio  $\bar{X}(t)$  em um cilindro finito no instante  $t$  dá-se pela substituição da Equação 3.17 na Equação 3.20.

$$\bar{X}(t) = X_{eq} - (X_{eq} - X_i) \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_{n,1} B_{m,2} \exp \left[ - \left( \frac{\mu_{n,1}^2}{R^2} + \frac{\mu_{m,2}^2}{(C/2)^2} \right) Dt \right] \quad (3.21)$$

em que:  $\bar{X}(t)$  – teor de umidade médio em base seca no instante t.

O coeficiente  $B_{n,1}$  é definido a seguir:

$$B_{n,1} = \frac{4Bi_1^2}{\mu_{n,1}^2 (Bi_1^2 + \mu_{n,1}^2)} \quad (3.22)$$

em que  $Bi_1$  é o número de Biot referente ao cilindro infinito, e é dado por:

$$Bi_1 = \frac{hR}{D} \quad (3.23)$$

O coeficiente  $B_{m,2}$  é definido do seguinte modo:

$$B_{m,2} = \frac{2Bi_2^2}{\mu_{m,2}^2 (Bi_2^2 + Bi_2 + \mu_{m,2}^2)} \quad (3.24)$$

em que  $Bi_2$  é o número de Biot referente à parede infinita, e é dada por:

$$Bi_2 = \frac{hC/2}{D} \quad (3.25)$$

Nas Equações 3.23 e 3.25, h é o coeficiente de transferência convectiva de massa e, na solução apresentada, atribuiu-se o mesmo valor de h para todas as superfícies do cilindro.

Nas Equações 3.18 e 3.22,  $\mu_{n,1}$  são raízes da equação característica para o cilindro infinito e calculam-se através da Equação 3.26, sendo  $J_0$  e  $J_1$  funções de Bessel de primeiro tipo de ordens 0 e 1, respectivamente.

$$\frac{J_0(\mu_{n,1})}{J_1(\mu_{n,1})} = \frac{\mu_{n,1}}{Bi_1} \quad (3.26)$$

Por sua vez, nas Equações 3.19 e 3.24,  $\mu_{m,2}$  são as raízes da equação característica para a parede infinita, e calculam-se através da Equação 3.27.

$$\cot \mu_{m,2} = \frac{\mu_{m,2}}{Bi_2} \quad (3.27)$$

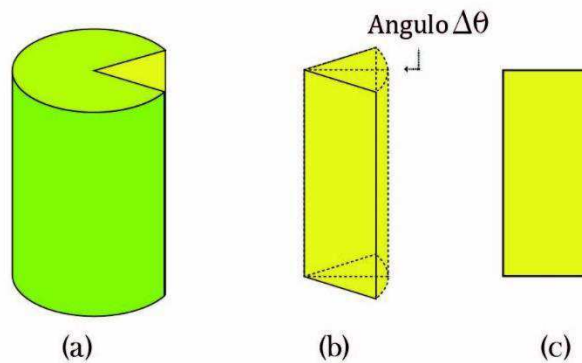
### 3.5 Solução numérica da equação de difusão para o cilindro finito

Considerou-se as seguintes hipóteses para a obtenção da solução numérica:

- Cilindro finito com raio R e comprimento L;
- Cilindro homogêneo e isotrópico;
- A distribuição do teor de umidade no interior do cilindro deve ter simetria radial;
- O único mecanismo de transporte de água dentro do cilindro é a difusão;
- O raio e o comprimento do cilindro podem variar durante a difusão;
- Os parâmetros do processo podem variar durante a difusão.

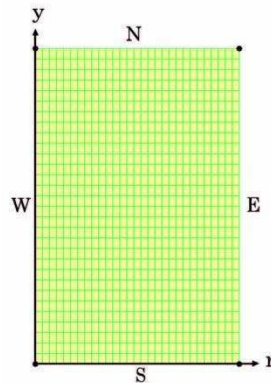
Utilizou-se para discretização da equação de difusão, o método numérico dos volumes finitos com uma formulação totalmente implícita (PATANKAR, 1980; MALISKA, 2013).

Na Figura 3.4 expôs-se: (a) o cilindro finito, (b) uma fatia simétrica deste cilindro e (c) o retângulo do plano vertical que divide tal fatia em duas regiões simétricas.



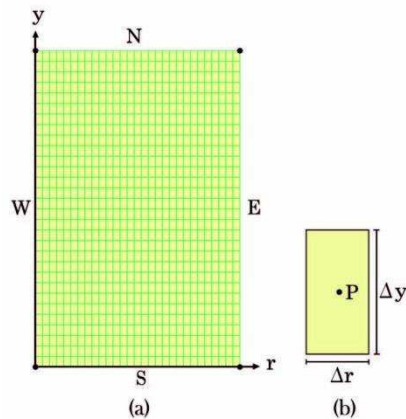
**Figura 3.4:** a) cilindro finito, (b) fatia simétrica deste cilindro e (c) retângulo do plano vertical que divide tal fatia em duas regiões simétricas.

Uma vez considerada a hipótese de simetria radial, pode-se analisar apenas o retângulo da Figura 3.4(c), o qual criou-se uma malha bidimensional, conforme mostra a Figura 3.5.



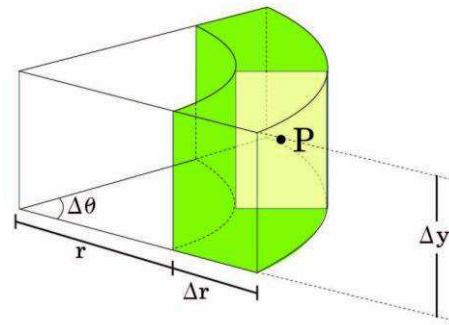
**Figura 3.5:** Malha bidimensional para a solução numérica da equação de difusão no cilindro.

Na Figura 3.6 apresentou-se um elemento retangular da malha, no qual é destacado o ponto nodal P, a largura ( $\Delta r$ ) e o comprimento ( $\Delta y$ ). A partir desta malha bidimensional pode-se expressar o volume de cada volume de controle:  $\Delta\theta r_p \Delta r \Delta y$ , em que  $r_p$  define a posição do ponto nodal do elemento da malha com relação ao eixo do cilindro.



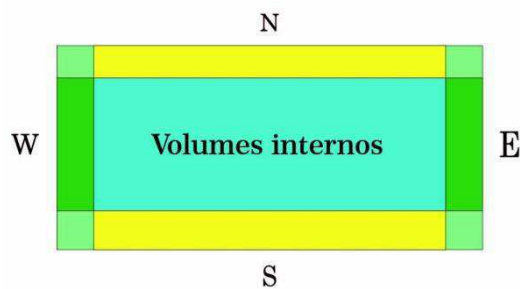
**Figura 3.6:** (a) Malha bidimensional para o cilindro finito; (b) Destaque para o ponto nodal P.

Ilustrou-se o volume de controle definido para cada elemento da malha na Figura 3.7. Observa-se que cada elemento da malha retangular, divide o volume de controle em duas partes simétricas.



**Figura 3.7:** Volume de controle para a geometria cilíndrica.

Por meio da Figura 3.8 é possível analisar que existem nove tipos distintos de volumes de controle, são eles: internos, ao norte, ao sul, a leste, a oeste, a nordeste, a noroeste, a sudeste e a sudoeste.



**Figura 3.8:** Tipos de volumes de controle da malha bidimensional.

Pode-se escrever a equação de difusão bidimensional aplicada à difusão de uma propriedade em coordenadas cilíndricas da seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\lambda\Phi) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r\Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial y} \right) + S \quad (3.28)$$

em que:  $\Phi$  – variável dependente de interesse no processo difusivo;

$\lambda$  e  $\Gamma^\Phi$  – parâmetros do processo; e,

$S$  – termo fonte.

Utilizou-se o método dos volumes finitos com uma formulação totalmente implícita para integrar a Equação 3.28 no espaço ( $\Delta\theta$   $r_p$   $\Delta r$   $\Delta y$ ) e no tempo ( $\Delta t$ ), como mostra nas Equações 3.29 e 3.30, e obteve-se a Equação 3.31 para um volume de controle P:

$$\begin{aligned}
& \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \int_S^n \frac{\partial(\lambda\Phi)}{\partial t} \Delta\theta r_p dy dr dt \\
&= \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \int_S^n \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial r} \right) \Delta\theta r_p dy dr dt \\
&+ \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \int_S^n \frac{\partial}{\partial y} \left( \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial y} \right) \Delta\theta r_p dy dr dt \\
&+ \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \int_S^n S(\Phi) \Delta\theta r_p dy dr dt
\end{aligned} \tag{3.29}$$

Efetuada as integrações obtém-se:

$$\begin{aligned}
& (\lambda_P \Phi_P - \lambda_P^0 \Phi_P^0) \Delta\theta r_P \Delta y \Delta r \\
&= \left( r \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial r} \Big|_e - r \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial r} \Big|_w \right) \Delta\theta \Delta y \Delta t \\
&+ \left( \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial y} \Big|_n - \Gamma^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial y} \Big|_s \right) \Delta\theta r_P \Delta r \Delta t + S(\Phi_P) \Delta\theta r_P \Delta r \Delta y \Delta t
\end{aligned} \tag{3.30}$$

Por fim, dividindo a Equação 3.31 por  $\Delta\theta\Delta t$ , obtém-se:

$$\begin{aligned}
& (\lambda_P \Phi_P - \lambda_P^0 \Phi_P^0) r_P \frac{\Delta r \Delta y}{\Delta t} \\
&= \left( r_e \Gamma_e^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial r} \Big|_e - r_w \Gamma_w^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial r} \Big|_w \right) \Delta y \\
&+ \left( \Gamma_n^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial y} \Big|_n - \Gamma_s^\Phi \frac{\partial\Phi}{\partial y} \Big|_s \right) r_P \Delta r + (S_C + S_P \Phi_P) r_P \Delta r \Delta y
\end{aligned} \tag{3.31}$$

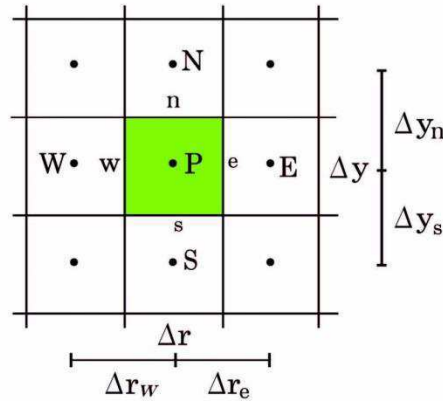
Sabe-se que o subscrito 0 representa o termo que avalia-se no tempo t, anterior ao tempo de interesse; enquanto os termos sem sobrescrito são avaliados no tempo de interesse t + Δt. Já os subscritos e, w, n, e s significam as fronteiras do volume de controle leste, oeste, norte e sul respectivamente, enquanto que P é o ponto nodal deste volume de controle.

É ainda possível observar que o termo fonte da Equação 3.31 foi escrito na forma linearizada, e que tal equação depende de Δθ devido à hipótese de simetria radial.

A partir da Equação 3.31 obtiveram-se as equações discretizadas para todos os tipos de volume de controle.

### 3.5.1 Discretização dos volumes de controle internos

Os volumes de controle internos possuem quatro volumes vizinhos (não têm contato com o meio externo), são eles: ao norte, ao sul, a leste e a oeste. A Figura 3.9 mostra o volume de controle interno com seu ponto nodal P e seus vizinhos.



**Figura 3.9:** Volume de controle interno de ponto nodal P e seus vizinhos ao norte (N), ao sul (S), a leste (E) e a oeste (W).

Com base na Figura 3.9 podem-se definir as derivadas da Equação (3.31) do seguinte modo:

$$\left. \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right|_e = \frac{\Phi_E - \Phi_P}{\Delta r_e} \quad (3.32)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right|_w = \frac{\Phi_P - \Phi_W}{\Delta r_w} \quad (3.33)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right|_n = \frac{\Phi_N - \Phi_P}{\Delta y_n} \quad (3.34)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right|_s = \frac{\Phi_P - \Phi_S}{\Delta y_s} \quad (3.35)$$

Recordando que a malha retangular é uniforme, deve-se observar que  $\Delta r_e = \Delta r_w = \Delta r$  e  $\Delta y_n = \Delta y_s = \Delta y$ . Realizando a substituição das Equações 3.32 a 3.35 na Equação 3.31, tem-se:



$$\begin{aligned}
& (\lambda_P \Phi_P - \lambda_P^0 \Phi_P^0) r_P \frac{\Delta r \Delta y}{\Delta t} \\
& = r_e \Gamma_e^\Phi \left( \frac{\Phi_E - \Phi_P}{\Delta r} \right) \Delta y - r_w \Gamma_w^\Phi \left( \frac{\Phi_P - \Phi_w}{\Delta r} \right) \Delta y \\
& + \Gamma_n^\Phi \left( \frac{\Phi_N - \Phi_P}{\Delta y} \right) r_P \Delta r - \Gamma_s^\Phi \left( \frac{\Phi_P - \Phi_S}{\Delta y} \right) r_P \Delta r \\
& + S_C r_P \Delta r \Delta y + S_P \Phi_P r_P \Delta r \Delta y
\end{aligned} \tag{3.36}$$

Organizando os termos semelhantes obtém-se a seguinte equação algébrica para os volumes de controle internos:

$$A_P \Phi_P = A_e \Phi_E + A_w \Phi_w + A_n \Phi_N + A_s \Phi_S + B \tag{3.37}$$

em que:

$$A_P = \lambda_P \frac{r_P \Delta r \Delta y}{\Delta t} + r_e \Gamma_e^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} + r_w \Gamma_w^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} + r_P \Gamma_n^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} + r_P \Gamma_s^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} - S_P r_P \Delta r \Delta y \tag{3.38}$$

$$A_e = r_e \Gamma_e^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} \tag{3.39}$$

$$A_w = r_w \Gamma_w^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} \tag{3.40}$$

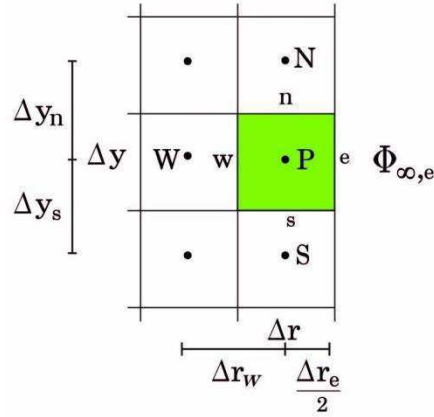
$$A_n = r_P \Gamma_n^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} \tag{3.41}$$

$$A_s = r_P \Gamma_s^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} \tag{3.42}$$

$$B = \lambda_P^0 \frac{r_P \Delta r \Delta y}{\Delta t} \Phi_P^0 + S_C r_P \Delta r \Delta y \tag{3.43}$$

### 3.5.2 Discretização do volume de controle na fronteira leste

Observa-se na Figura 3.10, na fronteira leste os volumes de controle estão em contato com o meio externo (a leste) e com os vizinhos ao norte, ao sul e a oeste.



**Figura 3.10:** Volumes de controle no contorno leste e seus vizinhos a norte, sul e oeste.

Como se estabeleceu a condição de contorno convectiva para a discretização deve-se salientar que tal condição é expressa através da imposição de igualdade entre o fluxo interno (difusivo) no contorno do cilindro finito e o fluxo externo (convectivo) nas vizinhanças deste contorno. Por outro lado, o fluxo difusivo a leste é dado por:

$$\Phi_e'' = -\Gamma_e^\Phi \frac{\Phi_e - \Phi_P}{\Delta r/2} \quad (3.44)$$

em que  $\Phi_e$  é o valor de  $\Phi$  no contorno leste.

Por sua vez, o fluxo convectivo a leste é dado por:

$$\Phi_e'' = h_e(\Phi_e - \Phi_{\infty,e}) \quad (3.45)$$

Igualando as Equações 3.44 e 3.45 e isolando  $\Phi_e$ , tem-se:

$$\Phi_e = \frac{h_e \Phi_{\infty,e} + \frac{2\Gamma_e^\Phi}{\Delta r} \Phi_P}{\frac{2\Gamma_e^\Phi}{\Delta r} + h_e} \quad (3.46)$$

Substituindo-se a Equação 3.46 na Equação 3.45 e fazendo-se as devidas simplificações, obtém-se o fluxo por unidade de área no contorno leste, descrito na Equação 3.46.

$$\Phi_e'' = \frac{(\Phi_P - \Phi_{\infty,e})}{\frac{1}{h_e} + \frac{\Delta r}{2\Gamma_e^\Phi}} \quad (3.47)$$

Dessa forma, a Equação 3.44 pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\Gamma_e^\Phi \frac{\Phi_e - \Phi_P}{\Delta r/2} = \frac{(\Phi_{\infty,e} - \Phi_P)}{\frac{1}{h_e} + \frac{\Delta r}{2\Gamma_e^\Phi}} \quad (3.48)$$

A Equação 3.48, assim como todas as outras derivadas necessárias para a discretização da equação de difusão referente ao volume de controle P no contorno leste que já se definiram nas Equações de 3.33 a 3.35, podem ser devidamente substituídas na Equação 3.31. Organizando os termos tem-se:

$$A_p \Phi_P = A_e \Phi_E + A_w \Phi_W + A_n \Phi_N + A_s \Phi_S + B \quad (3.49)$$

em que:

$$A_p = \lambda_p \frac{r_p \Delta r \Delta y}{\Delta t} + \frac{r_e \Delta y}{\frac{1}{h_e} + \frac{\Delta r}{2\Gamma_e^\Phi}} + r_w \Gamma_w^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} + r_p \Gamma_n^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} + r_p \Gamma_s^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} - S_p r_p \Delta r \Delta y \quad (3.50)$$

$$A_w = r_w \Gamma_w^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} \quad (3.51)$$

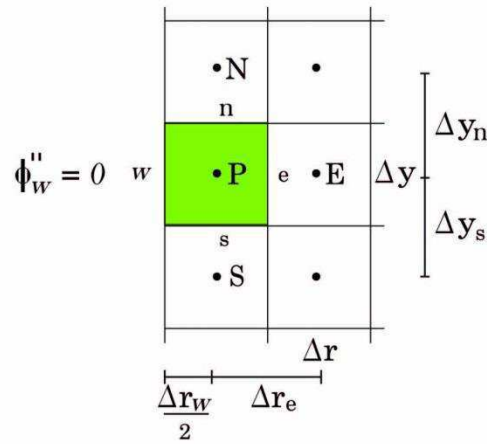
$$A_n = r_p \Gamma_n^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} \quad (3.52)$$

$$A_s = r_p \Gamma_s^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} \quad (3.53)$$

$$B = \lambda_p^0 \frac{r_p \Delta r \Delta y}{\Delta t} \Phi_p^0 + \frac{r_e \Delta y}{\frac{1}{h_e} + \frac{\Delta r}{2\Gamma_e^\Phi}} \Phi_{\infty,e} + S_C r_p \Delta r \Delta y \quad (3.54)$$

### 3.5.3 Discretização do volume de controle na fronteira oeste

Apresenta-se na Figura 3.11 que na fronteira oeste os volumes de controle estão em contato com o centro do cilindro (a oeste) e com seus vizinhos ao norte, ao sul e a leste.



**Figura 3.11:** Volumes de controle no contorno oeste e seus vizinhos a norte, sul e leste.

Uma vez que a condição de simetria é radial, o fluxo na fronteira oeste é igual a zero ( $\Phi''_w = 0$ ). Com base nesta informação e com as derivadas já definidas pelas Equações 3.32, 3.34 e 3.35 devidamente substituídas na Equação 3.31, após reorganizarem-se os termos tem-se:

$$A_p \Phi_p = A_e \Phi_E + A_n \Phi_N + A_s \Phi_S + B \quad (3.55)$$

em que:

$$A_p = \lambda_p \frac{r_p \Delta r \Delta y}{\Delta t} + r_e \Gamma_e^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} + r_p \Gamma_n^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} + r_p \Gamma_s^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} - S_P r_p \Delta r \Delta y \quad (3.56)$$

$$A_e = r_e \Gamma_e^\Phi \frac{\Delta y}{\Delta r} \quad (3.57)$$

$$A_n = r_p \Gamma_n^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} \quad (3.58)$$

$$A_s = r_p \Gamma_s^\Phi \frac{\Delta r}{\Delta y} \quad (3.59)$$

$$B = \lambda_p^0 \frac{r_p \Delta r \Delta y}{\Delta t} \Phi_p^0 + S_c r_p \Delta r \Delta y \quad (3.60)$$

### **3.6 Composição centesimal, caracterização físico-química e compostos bioativos de cajus in natura e cajus-passas**

#### **3.6.1 Teor de umidade**

O teor de umidade foi verificado determinando-se a massa seca por secagem direta de 5 g da amostra aquecida em estufa a 105 °C até peso constante, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

#### **3.6.2 Cinzas**

Quantificaram-se as cinzas a partir da pesagem de 10 g da amostra carbonizada em uma chapa aquecedora, colocadas em seguida para incinerar em uma mufla a 525 °C por 24 h segundo as normas da AOAC (2002).

#### **3.6.3 Proteínas**

Inicialmente, se determinou o teor de nitrogênio pelo processo de digestão de Kjeldahl, com conversão à proteína por meio do fator 6,25 conforme normas do IAL (2008).

### **3.6.4 Lipídios**

Determinou-se, segundo o método descrito por Bligh e Dyer (1959) utilizando 2 g da amostra, clorofórmio, metanol, água destilada e solução de sulfato de sódio a 1,5%. Após agitação filtrou-se a camada inferior e evaporou-se o solvente em estufa a 100 °C.

### **3.6.5 Carboidratos**

Determinaram-se os carboidratos por cálculo de diferença, a partir da Equação 3.61.

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (A + B + C + D) \quad (3.61)$$

em que: A – umidade, %; B – cinzas, %; C – proteínas, % e D – lipídios, %

### **3.6.6 Atividade de água**

Estabeleceu-se a atividade de água por medida direta, colocando-se a amostra no compartimento do equipamento Aqualab, modelo 3TE (Decagon, WA, EUA), na temperatura de 25 °C, em que se aguardou o tempo requerido pelo equipamento para realizar a leitura.

### **3.6.7 pH**

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com o medidor de pH da marca Tecnal, modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 conforme normas do IAL (2008).

### **3.6.8 Acidez total titulável (ATT)**

Determinou-se com aproximadamente 5g da amostra homogeneizada em 50 mL de água destilada e fenolftaleína. A titulação ocorreu com solução de hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante até coloração rósea persistente por 30 s. Expressou-se o resultado em % de ácido cítrico conforme metodologia do IAL (2008).

### 3.6.9 Sólidos solúveis totais – SST (°Brix)

Determinou-se os sólidos solúveis totais conforme metodologia refratométrica, com refratômetro do tipo Abbé, expressos em °Brix segundo as normas do IAL (2008).

### 3.6.10 Ratio

Obteve-se o ratio pela razão direta dos valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável, como mostra a Equação 3.62:

$$\text{Ratio} = \frac{\text{SST}}{\text{ATT}} \quad (3.62)$$

em que: SST – sólidos solúveis totais; e,

ATT – acidez total titulável

### 3.6.11 Açúcares

Determinaram-se os açúcares totais e redutores pelo método de Lane e Eynon (1934), calculando-se, posteriormente, os açúcares não redutores por diferença e multiplicando pelo fator de correção de 0,95.

### 3.6.12 Valor energético

O valor energético foi calculado pela soma das calorias fornecidas por carboidratos, lipídios e proteínas, multiplicando-se os seus valores em gramas pelos fatores de conversão de Atwater 4, 9 e 4 kcal/g, respectivamente, de acordo com a Equação 3.63.

$$\text{Valor Energético} = 4xA + 9xB + 4xC \quad (3.63)$$

em que: A – carboidratos; B – lipídios; C – proteínas

### 3.6.13 Cor

Determinaram-se os parâmetros de cor utilizando-se o espectrofotômetro Mini Scan Hunter Lab XE Plus (Reston, VA, EUA), no sistema de cor Cielab. O instrumento, equipado com iluminante D65/10° foi calibrado com placa preta e placa branca padrão, conforme instruções do fabricante. Determinou-se os seguintes parâmetros: L\* - luminosidade; a\* - transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*); e b\* - transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*). Para o cálculo do croma ou saturação da cor (C\*) e do Ângulo Hue (h) utilizou-se as Equações 3.64 e 3.65 respectivamente.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3.64)$$

$$h = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.65)$$

### 3.6.14 Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado em triplicata, segundo a metodologia da AOAC (2002) modificada por Benassi e Antunes, (1998), que utiliza ácido oxálico como solução extratora e se baseia na titulação da amostra, empregando-se o sal 2,6-diclorofenolindofenol, sódio que apresenta cor rosa em solução ácida e cor azul em solução alcalina. Expressou-se os resultados em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

### 3.6.15 Flavonoides e antocianinas

Determinou-se o conteúdo de flavonoides e antocianinas utilizando aproximadamente 0,5 g do caju macerado com 10 mL da solução Etanol:HCl na proporção 85:15 (v/v) e mantendo-se em repouso por 24 h. Decorrido o período, foi centrifugado a 5 °C por 5 min e 3000 rpm em centrífuga compacta Quimis. A leitura do sobrenadante realizou-se em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 374 nm e 535 nm conforme descreve Francis (1982). As concentrações desses compostos foram calculadas por meio das seguintes equações:



$$\text{Flavonoides (mg/g)} = \frac{Fd * A374}{76,6} \quad (3.66)$$

$$\text{Antocianinas (mg/g)} = \frac{Fd * A535}{98,2} \quad (3.67)$$

em que:

$$Fd = \frac{100}{(\text{massa(g)}/\text{Volume da diluição(mL)})} \quad (3.68)$$

### 3.6.16 Clorofilas e Carotenoides

Determinaram-se as clorofilas e carotenoides com aproximadamente 0,5 g do caju colocado em um almofariz e macerado com 5 mL de acetona 80% e 0,2 g de carbonato de cálcio. Em seguida centrifugou-se o conteúdo por 10 min a 10 °C e 300 rpm, em centrífuga compacta QUIMIS, seguindo-se para as leituras em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm conforme metodologia proposta por Lichtenthaler (1987). Calculou-se as concentrações de clorofilas e carotenoides pelas seguintes equações:

$$\text{Clorofila a (mg/100g)} = \left[ \frac{(12,21 A663 - 2,81 A646)}{\text{massa(g)}} \right] * 0,1 \quad (3.69)$$

$$\text{Clorofila b (mg/100g)} = \left[ \frac{(20,13 A646 - 5,03 A663)}{\text{massa(g)}} \right] * 0,1 \quad (3.70)$$

$$\text{Clorofila Total (}\mu\text{g/g)} = \left[ \frac{(17,3 A646 + 7,18 A663)}{\text{massa(g)}} \right] \quad (3.71)$$

$$\text{Carotenoides Totais (}\mu\text{g/g)} = \left[ \frac{(1000 * A470 - 1,82 * Ca - 85,02 * Cb)}{198} \right] \quad (3.72)$$

### **3.7 Análises microbiológicas dos cajus-passas**

#### **3.7.1 Coliformes totais e termotolerantes**

Quantificaram-se os coliformes totais utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP). Realizou-se o teste presuntivo com a inoculação de alíquotas de 1 mL das diluições  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  em série de três tubos, contendo tubos de Durhan invertidos. Os tubos foram incubados em estufa a 35 °C por 24 h.

Considerou-se tubos positivos, aqueles que mostraram turvação e/ou produção de gás. Transferiu-se uma alçada dos tubos positivos do teste presuntivo para tubos contendo 9 mL do meio de cultura Caldo Bile Verde Brilhante 2% (CBVB) e incubados a 35 °C por 24 a 48h.

Para os coliformes termotolerantes a partir dos tubos contendo Caldo Lauryl Sulfato Triptose (CLST) com turvação e/ou produção de gás, transferiu-se uma alçada para tubos contendo 9 mL de caldo *Escherichia coli* (EC) que foram incubados a 45 °C em banho-maria por 24 h. Expressou-se os resultados em Número Mais Provável por grama (NMP/g)

#### **3.7.2 *Escherichia Coli*.**

Isolaram-se as colônias suspeitas de *E. coli* em ágar MacConkey Sorbitol (SMAC) em ágar nutriente, incubadas a  $35 \pm 1$  °C por 18 a 24 h e submeteu-se às provas bioquímicas complementares de indol, ureia, motilidade, produção de H<sub>2</sub>S, vermelho de metila, Voges-Proskauer, fermentação de carboidratos (Triple Sugar Iron) e citrato.

#### **3.7.3 *Salmonella* sp.**

Realizou-se a pesquisa de *Salmonella* sp. em 25 g de fruto com pré-enriquecimento, em caldo lactosado, com incubação a 35 °C, por 24 h, seguida de enriquecimento seletivo, em caldo tetrionato e caldo Rappaport incubados, respectivamente, a 350 e 420 °C, por 24 h (APHA, 2004).

### **3.7.4 Bolores e leveduras**

A análise de bolores e leveduras foi realizada através do método descrito pela American Public Health Association (APHA, 2004), utilizando Ágar Batata Dextrose (BDA). Preparou-se e esterilizou-se o meio bacteriológico em autoclave durante 15 min a 121 °C e 15 psi. Após resfriado, acidificou-se com ácido tartárico 10% e vertido em placas de Petri estéreis sob condições assépticas. Pesou-se 25 g de cada amostra em balança semianalítica, acrescentando-se volume igual a 225 mL de solução peptonada 0,1 % para posteriores diluições. Realizaram-se os plaqueamentos, em triplicatas, pela técnica Spread Plate, os quais foram transferidos 0,1 mL de cada diluição para placas de Petri contendo BDA, e espalhou-se com auxílio de uma alça de Drigalski. Incubou-se as placas de Petri durante 5 dias à temperatura de  $25 \pm 1$  °C. Realizou-se após o período de incubação a contagem das colônias presentes em cada placa. Efetuou-se a leitura calculando o número médio de Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra (UFC/g) vezes o fator de diluição.

### **3.8 Análise sensorial dos cajus-passas**

Para realização da análise sensorial inicialmente submeteu-se o projeto ao Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Universitário Alcides Carneiro da Universidade Federal de Campina Grande / HUAC – UFCG do qual se recebeu aprovação conforme parecer 4.872.498 apresentado no Apêndice E deste trabalho.

A avaliação sensorial dos cajus-passas foi realizada na Universidade Federal de Campina Grande com 100 provadores na faixa etária de 18 a 72 anos, de ambos os sexos. Avaliaram-se: aparência, cor, odor, textura, sabor, impressão global em uma escala hedônica de 9 pontos, com os termos variando de 9 (gostei extremamente) a 1 (desgostei extremamente). Para intenção de compra foi utilizado escala hedônica de 5 pontos, sendo os extremos: 5 (certamente compraria) e 1 (certamente não compraria). As fichas utilizadas encontram-se no Apêndice E.

### **3.9 Análise estatística dos dados**

Submeteu-se os resultados obtidos, referentes à composição dos pseudofrutos in natura e caju-passa à análise estatística de comparação das médias pelo teste de Tukey à

nível de 5% de probabilidade utilizando o programa Assistat 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização do caju *in natura*

Os resultados das análises de caracterização do caju *in natura* encontram-se na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1:** Caracterização físico-química do caju *in natura*

Parâmetro	Pseudofruto
Umidade (% b. u.)	85,22 ± 0,02
Atividade de água	0,988 ± 0,0
Cinzas (%)	0,36 ± 0,01
pH	4,47 ± 0,0
ATT (% de ácido cítrico)	0,32 ± 0,01
SST (°Brix)	11,17 ± 0,06
Ratio	34,73 ± 0,14
Ácido ascórbico (mg /100 g)	81,86 ± 1,68
Lipídios (%)	0,43 ± 0,10
Proteínas (%)	0,96 ± 0,22
Carboidratos (%)	13,00 ± 0,16
Valor energético (kcal/100 g)	59,9 ± 0,29
L*	67,35 ± 0,31
+a*	4,44 ± 0,09
+b*	37,48 ± 0,34
Croma	37,74 ± 0,33
Ângulo Hue (°)	83,24 ± 0,18

ATT – Acidez Total Titulável; SST – Sólidos Solúveis Totais; L\* – luminosidade; a\* – transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*); e b\* – transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*).

A análise de umidade mostrou que o caju é composto por uma elevada quantidade de água, tornando-o bastante susceptível a alterações microbiológicas que interferem no tempo de vida e na sua comercialização, sendo assim, justifica-se a utilização de métodos como a desidratação osmótica e a secagem para proporcionar um produto com maior qualidade. O resultado encontrado foi próximo ao referenciado pela

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, de 88,1% (NEPA, 2011). Silva et al. (2015), ao estudarem a desidratação osmótica para obtenção de cagaita-passa, obtiveram o teor de umidade da fruta in natura no valor de 92,8, sendo maior que a do caju, enquanto que Viana et al. (2017) estudaram a produção de bananas-passa com frutos de variedades melhoradas e comerciais e obtiveram valores menores que variaram entre 69,20 para a variedade melhorada BRS princesa e 77,22% para a variedade comercial grande Naine, ambos os valores inferiores aos deste estudo.

A atividade de água presente na polpa do caju mostrou-se bastante elevada, indicando que a maior parte da água encontra-se livre, reforçando a importância da desidratação do produto a fim de prolongar sua conservação, reduzindo as possíveis reações químicas e enzimáticas, além de crescimento de microrganismos que podem ocorrer em razão deste valor elevado. De maneira geral, as polpas de fruta apresentam elevada atividade de água, como constatado por Santos et al. (2015) que realizaram a secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro e encontraram o valor de 0,995 para a atividade de água da polpa. Cavalcante et al. (2018), estudando o comportamento higroscópico da polpa de graviola em pó obtida em secador por aspersão, encontraram o valor de 0,98 para a polpa da graviola integral e Pê et al. (2015) que avaliaram as características físico-químicas do mamão ‘Formosa’ e reportaram  $A_w$  0,99.

No que diz respeito a quantidade de cinzas, segundo Cecchi (2003) seu conteúdo varia de 0,4 a 2,1% em frutas frescas e representam os minerais contidos nos alimentos que podem estar em grandes quantidades, como o K, Na e Ca, ou em pequenas quantidades, como o Fe, Mn e Zn. Para o caju o valor obtido foi próximo, porém inferior a 0,4%. De acordo com a TACO (NEPA, 2011) o valor de cinzas é de 0,3% para o caju, valor este um pouco menor que o encontrado neste trabalho. Já Aragão et al. (2017), avaliando o potencial de utilização de pré-tratamento osmótico na produção de manga desidratada obtiveram valor maior, sendo encontrado 0,38% para a polpa de manga espada in natura.

O resultado de pH mostrou que a polpa do caju é ácida, uma vez que o pH 7,00 representa a neutralidade e que quanto menor o seu valor mais ácido é o alimento. O resultado encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, sendo de no mínimo 3,8 para a polpa do caju, segundo Brasil (2016). Neves et al. 2016 obtiveram pH de 4,48 para a polpa do caju, valor bem próximo ao obtido neste trabalho. Lima et al. (2016) analisaram a caracterização físico-química de gabioba (*Campomanesia lineatifolia*) e murta (*Blepharocalyx salicifolius*) nativas da região serrana de Ibiapaba,

CE, e obtiveram valor semelhante, de 4,5 para a murta e para a gabioba encontraram o valor de 3,47. Aragão et al. (2017) alcançaram pH de 3,67 para a manga espada, logo observa-se que o caju é menos ácido que a gabioba e a manga espada.

O valor referente à acidez total titulável do caju encontra-se dentro do limite estabelecido pela legislação de no mínimo 0,30% conforme prescreve Brasil (2016), indicando mais uma vez que o sabor do caju é ácido. Aragão et al. (2017) obtiveram acidez mais elevada para a manga espada que apresentou o valor de 0,54%. Menezes et al. (2017) estudaram a influência do estágio de maturação na qualidade físico-química de amostras de umbu (*Spondias tuberosa*) e também encontraram valores mais elevados, sendo eles: 2,25, 2,05 e 2,12% para as polpas de umbu com grau de maturação verde, intermediário e maduro, respectivamente.

Os sólidos solúveis totais (SST), que representam os constituintes solúveis presentes no pseudofruto, principalmente os açúcares encontram-se dentro do estabelecido na legislação de no mínimo 10 °Brix, de acordo com Brasil (2016). O resultado obtido foi semelhante ao encontrado por Lima et al. (2016), com o valor de 11,55 °Brix para a gabioba. Menezes et al. (2017) obtiveram 11 °Brix para os umbus no estágio de maturação intermediário, 10,25 °Brix para as polpas de umbu maduras e 10,62 °Brix para as verdes, estando o valor encontrado para o caju similar ao encontrado no estágio de maturação intermediário do umbu. Já Neves et al. (2016) estudaram a caracterização físico-química do caju obtido na região do oeste potiguar e obtiveram um valor um pouco maior, de 13 °Brix.

O ratio que representa o valor de equilíbrio entre a doçura (açúcares medidos em °Brix) e a acidez, sendo utilizado como referência indicativa de sabor e maturação das frutas. Segundo Brugnara (2016), quanto maior essa relação melhor o sabor. Observou-se que o caju apresentou um resultado elevado, revelando um bom grau de maturação e indicando que teria uma boa aceitação do caju por parte dos consumidores. O valor encontrado foi muito maior que os de umbu obtidos por Menezes et al. (2017), os quais encontraram os valores de 4,72, 5,40 e 4,82 para os estágios de maturação verde, intermediário e maduro, respectivamente, e os de Silva et al. (2017), que realizaram a avaliação físico-química da banana e determinaram o valor de 7,71. Já Sousa et al. (2018) determinaram as propriedades físicas e físico-químicas do pêssego da cultivar Rubimel e obtiveram um ratio de 38,4, um pouco maior do que o obtido nesta pesquisa.

O caju também apresentou um importante teor de ácido ascórbico, conforme estabelecido pela legislação de no mínimo 80 mg/100 g de acordo com Brasil (2016).

Alguns autores como Lima et al. (2016) encontraram valores inferiores, sendo 74,44 mg/100 g para a gabirola e 37,00 mg/100 g para a murta. Musa et al. (2015) avaliando o teor de ácido ascórbico em morangos de diferentes cultivares, obtiveram valores 16,62 mg/100 g para a cultivar festival e 42,19 mg/100 g para a cultivar San Andreas cultivadas organicamente, além de 34,85 mg/100 g para a cultivar festival e 69,31 mg/100 g para a cultivar San Andreas cultivadas convencionalmente. Já Araújo et al. (2017) avaliaram o teor de ácido ascórbico em 5 polpas de acerola comercializadas em supermercados de Piripiri-PI e obtiveram valores muito superiores que variaram de 111,0 a 610,0 mg/100 g.

O teor de lipídios encontrado no caju foi pequeno, entretanto a TACO (NEPA, 2011) descreve um valor ainda menor, de 0,3%, devido ao fato de que as frutas em sua maioria não apresentam grandes teores de gorduras em sua composição. Fernandes et al. (2017) ao estudarem a caracterização da pitáia orgânica encontraram o valor de 0,47%, próximo ao deste trabalho. Menezes et al. (2016) ao estudarem a composição centesimal, compostos bioativos, atividade antioxidante e caracterização fenólica da polpa de goiaba, encontraram um valor de lipídios ainda menor de apenas 0,04% para a goiaba. Sá et al. (2018) estudaram a caracterização pós-colheita de três variedades de caqui produzidas no Cerrado de Goiás e obtiveram valores mais elevados de lipídios sendo eles: 1,50; 1,65 e 1,00% para as variedades Rama Forte, Pomelo e Giombo, respectivamente.

O teor de proteínas encontrado no caju foi bastante próximo do descrito na TACO (NEPA, 2011) de 1,0%. Sabe-se que de maneira geral os alimentos cárneos são as fontes majoritárias deste nutriente, entretanto, também se pode encontrar teores proteicos em alimentos vegetais em maior ou menor percentual. Observou-se que o valor proteico encontrado neste trabalho é maior que os encontrados em outras frutas por Menezes et al. (2016) e Fernandes et al. (2017), que obtiveram 0,4 e 0,63% para a goiaba e pitáia, respectivamente.

Em relação aos carboidratos, verificou-se que o valor encontrado no caju foi maior que o encontrado por Gazola et al. (2016) para as polpas de pitanga (12,09%) e amora (7,28%), entretanto foi menor que a polpa de mirtilo (16,26%). Menezes et al. (2016) estudaram a composição centesimal da goiaba e Oliveira et al. (2018) analisaram a fruta amazônica maná-cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) também encontrando valores menores, sendo 4,37% para a polpa de goiaba da variedade *Paluma* e 4,84% para o maná-cubiu. Já Land et al. (2017), ao estudarem a composição centesimal,



compostos bioativos e parâmetros físico-químicos da mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Tréc) proveniente do Cerrado Mineiro encontraram o valor de 13,35% bastante próximo ao do caju.

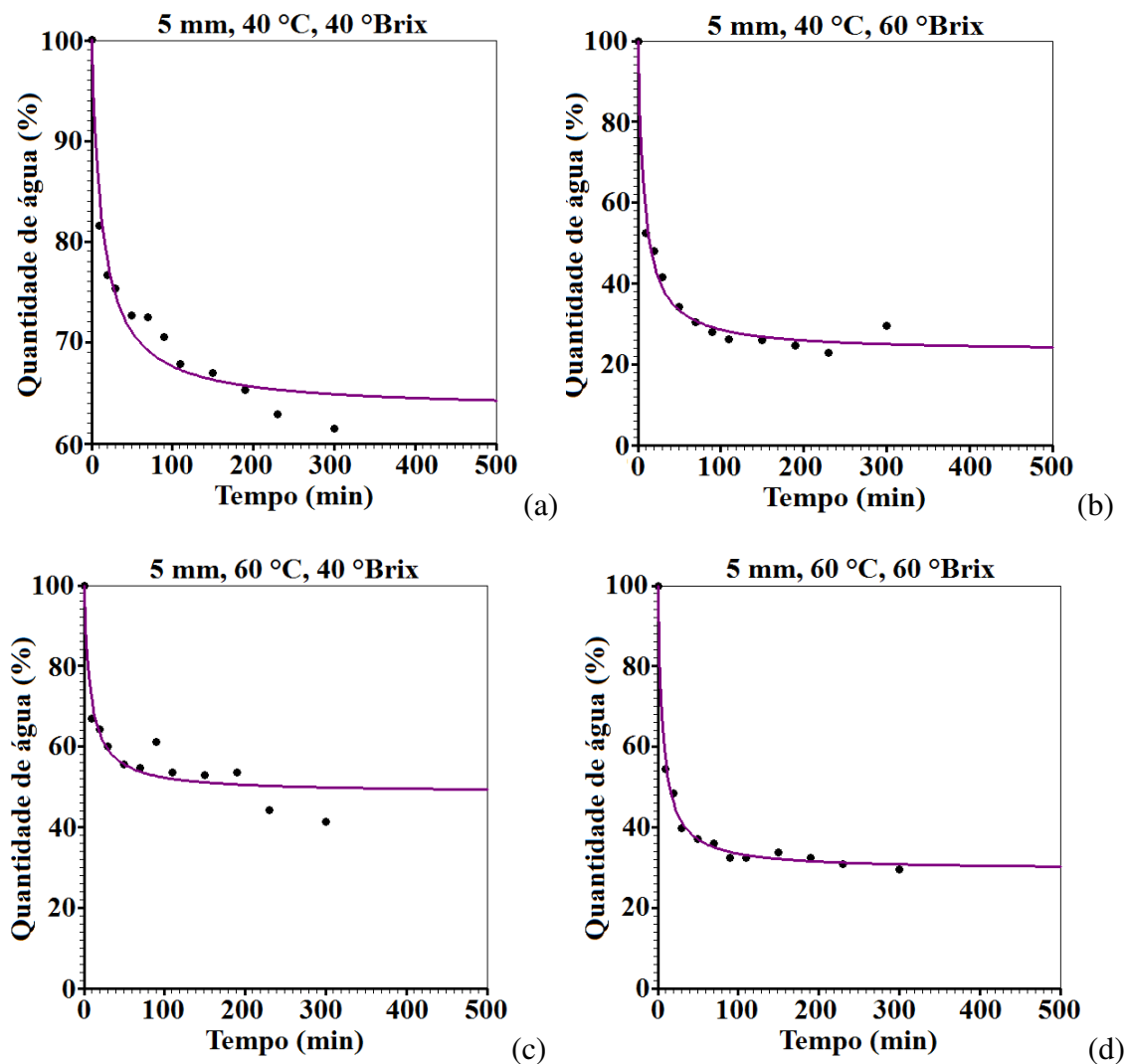
Quanto ao valor energético, o caju mostrou ter um baixo valor, contudo Silvino et al. (2017), investigando a qualidade nutricional e os parâmetros morfológicos do cajá, obtiveram valor ainda menor, de 49,15 kcal/100 g; e Pereira et al. (2015), estudando os aspectos de qualidade e a composição centesimal dos frutos de *Syzygium cumini* (L.) Skeels e *Syzygium paniculatum gaertn.*, espécies popularmente conhecidas como jamelão, encontraram o valor calórico de 78,91 e 26,34 kcal/100 g, respectivamente, sendo este último também inferior. Já Ribeiro et al. (2017) estudando a composição centesimal dos frutos da bacaba (*Oenocarpus distichus mart.*), encontraram um valor calórico bastante superior de 211,52 kcal/100 g.

Quanto a cor do caju, foram analisados os parâmetros L\* - luminosidade (mais clara tende a 100 e mais escura tende a zero); a\* - transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*); e b\* - transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*); o croma que indica a saturação da cor e o ângulo h que representa o ângulo de tonalidade da cor. Observou-se que a luminosidade foi elevada e que o croma indicou uma saturação viva da cor representando que a cor da amostra é clara. O parâmetro +a\* mostrou uma leve tendência à coloração vermelha o que pode ser explicado por partículas da casca do fruto. Já o parâmetro +b\* indicou uma maior coloração amarela reforçada pelo ângulo de tonalidade h elevado. Logo, o caju apresentou-se predominantemente luminoso, claro e amarelo.

#### **4.2 Estudo preliminar: definição do tempo de desidratação osmótica**

Os cajus foram fatiados conforme está apresentado na metodologia descrita na Seção 3.2.2 para realização dos experimentos de desidratação osmótica. O modelo de Peleg foi ajustado aos dados experimentais utilizando o software “LAB Fit Ajuste de Curvas” (SILVA e SILVA, 2009a).

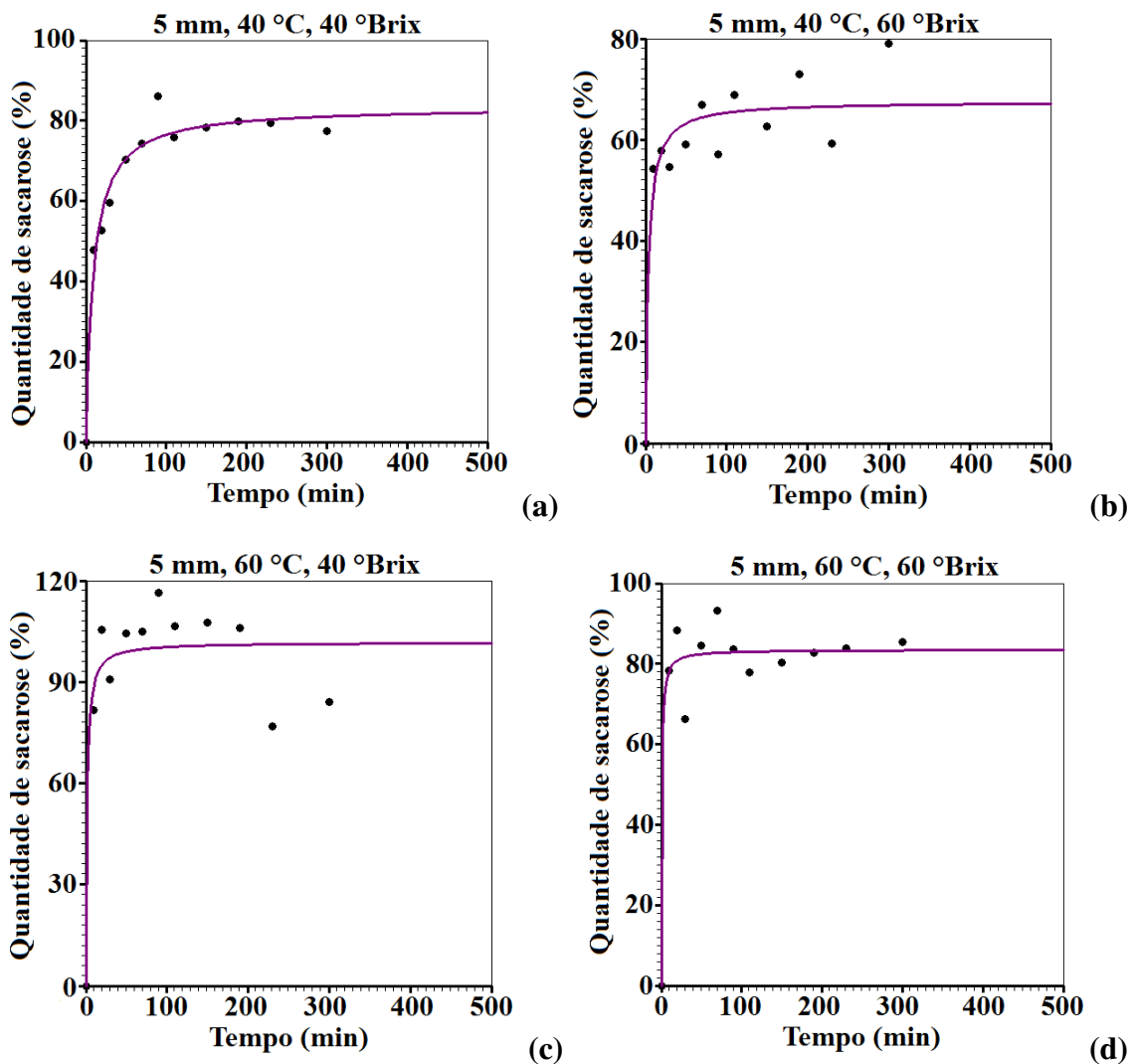
A Figura 4.1 mostra os gráficos das cinéticas das quantidades percentuais médias de água obtidos através dos Experimentos 1, 3, 5 e 7, descritos pelo modelo de Peleg, para pseudofrutos fatiados com 5 mm de espessura respectivamente.



**Figura 4.1:** Cinética da quantidade de água obtidas nos experimentos 1 (a), 3 (b), 5 (c) e 7 (d) dos cajus fatiados com 5 mm de espessura.

Ao analisar os gráficos da Figura 4.1 percebe-se que por volta dos 100 min (1 h e 40 min) de desidratação osmótica a quantidade de água já estava praticamente em equilíbrio, não ocorrendo mais perdas significativas para os quatro experimentos realizados com os pseudofrutos fatiados com 5 mm.

A Figura 4.2 mostra os gráficos das quantidades percentuais de sacarose obtidas através dos experimentos 1, 3, 5 e 7, descritos pelo modelo de Peleg, para pseudofrutos cortados com 5 mm de espessura.



**Figura 4.2:** Cinética da quantidade de sacarose obtidas nos experimentos 1 (a), 3 (b), 5 (c) e 7 (d) dos cajus fatiados com 5 mm de espessura.

Os gráficos da Figura 4.2 apresentam pontos experimentais mais dispersos para a quantidade de sacarose, porém confirmam uma tendência de equilíbrio por volta dos 100 min de desidratação osmótica.

Castro et al. (2014) analisaram a influência da temperatura no processo de desidratação osmótica de fatias de goiaba, em que foi respeitada a espessura média do fruto de 0,9 cm, e relataram que a incorporação de sacarose ocorreu nos pedaços de goiaba com maior intensidade nos primeiros 240 min (4 h) de desidratação osmótica, tempo este, maior que o deste estudo.

A Tabela 4.2 apresenta a quantidade percentual de água (QA) e de sacarose (QS), inicial e de equilíbrio, para os experimentos em que foram utilizados cajus fatiados com 5 mm de espessura.

**Tabela 4.2:** Dados da desidratação osmótica de cajus fatiados com 5 mm de espessura após 300 min.

Experimento	Parâmetros	QA (%)		QS (%)	
		Inicial	Equilíbrio	Inicial	Equilíbrio
1	5 mm, 40 °C, 40 °Brix	100	61,462	0	77,387
3	5 mm, 40 °C, 60 °Brix	100	29,487	0	79,007
5	5 mm, 60 °C, 40 °Brix	100	41,257	0	84,161
7	5 mm, 60 °C, 60 °Brix	100	29,463	0	85,482

Observa-se que os valores de equilíbrio da quantidade percentual de água foram coerentes uma vez que, conforme se aumentou a concentração da solução de sacarose a quantidade de água de equilíbrio foi menor, sobretudo para as formulações 1 e 3, em que a quantidade de água passou de 61,462% (40 °Brix) para 29,487% (60 °Brix).

Para a quantidade de sacarose de equilíbrio notou-se que o aumento da concentração de sacarose na solução osmótica para 60 °Brix fez com que a porcentagem de sacarose ao fim do experimento fosse maior. Ao final do experimento 7, realizado a 60 °Brix observou-se que a quantidade de sacarose praticamente triplicou em relação a quantidade percentual de água chegando ao valor de 85,482%.

Com relação ao acréscimo da temperatura, percebeu-se que ao aumentar de 40 para 60 °C a quantidade de água diminuiu. Já a quantidade de sacarose aumentou conforme se aumentou a temperatura, logo nota-se que ao elevar a temperatura da solução osmótica, a sacarose torna-se mais concentrada no caju.

Silva et al. (2015) realizaram desidratação osmótica para obtenção de cagaita-passa utilizando solução de sacarose a 45 e 65 °Brix e temperaturas de 50 e 70 °C, relatando que um aumento na concentração da solução provocou um aumento na taxa de perda de água e de massa das amostras, constataram ainda que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey provocada pela diferença de temperatura.

A seguir, podem ser analisadas nas Tabelas 4.3 e 4.4 os parâmetros obtidos a partir do ajuste do modelo de Peleg para a quantidade percentual de água e de sacarose respectivamente dos experimentos realizados com fatias de 5 mm de espessura.

**Tabela 4.3:** Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 5 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade percentual de água.

Experimento	Condições	Parâmetros		R <sup>2</sup>	$\chi^2$ (10 <sup>2</sup> )
		a	b		
1	5 mm, 40 °C, 40 °Brix	0,364641	0,010078	0,959496	0,4851
3	5 mm, 40 °C, 60 °Brix	0,099916	0,006056	0,985906	0,7194
5	5 mm, 60 °C, 40 °Brix	0,151835	0,008712	0,910284	2,1919
7	5 mm, 60 °C, 60 °Brix	0,085234	0,006984	0,995107	0,2082

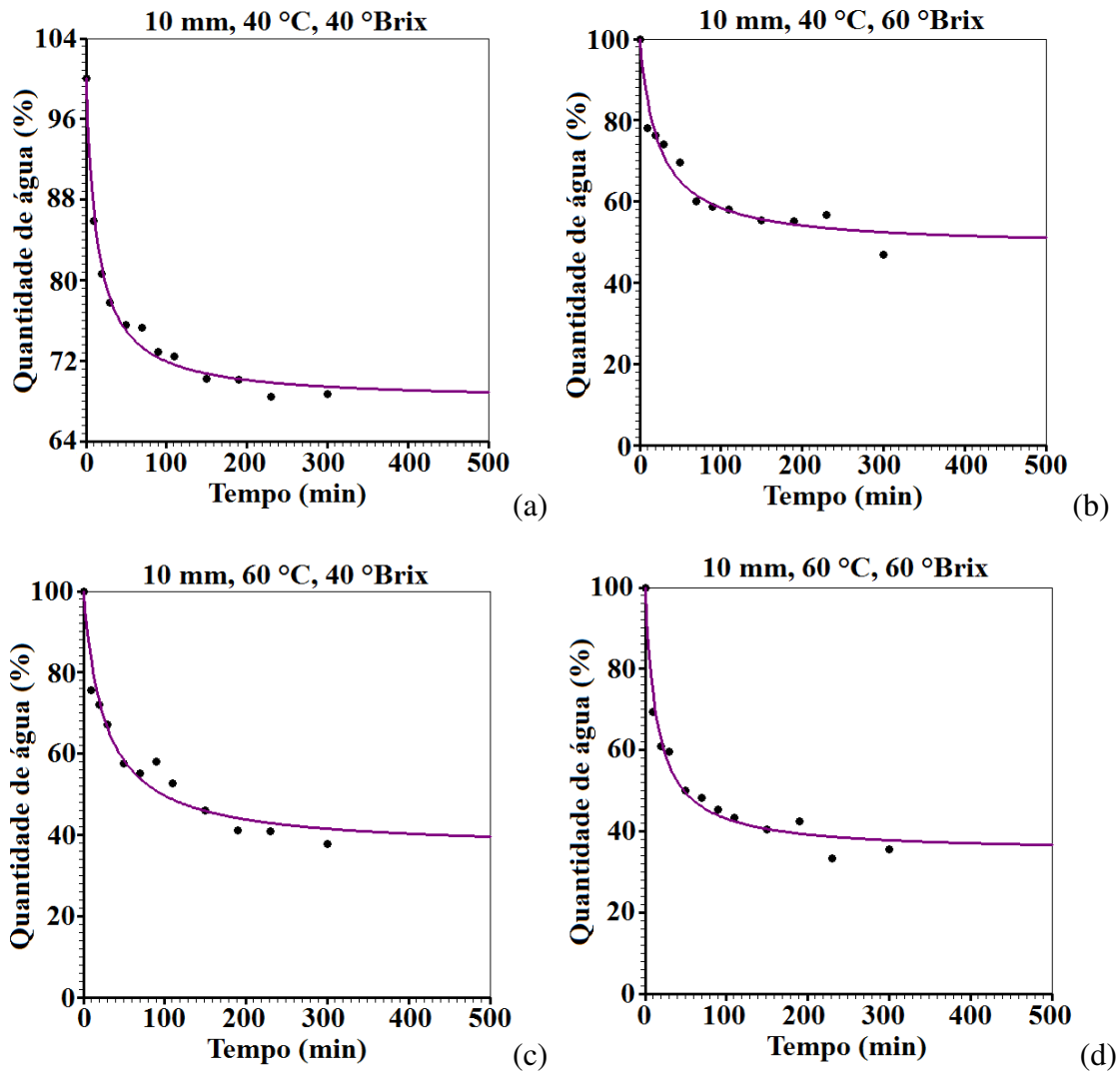
Observa-se que apenas o experimento 7, com fatias de 5 mm, desidratado osmoticamente a 60 °C na concentração de 60 °Brix, obteve valor para o coeficiente de determinação maior que 0,99, além do menor valor de qui-quadrado a partir do modelo de Peleg. Os experimentos desidratados com 60 °Brix apresentaram ainda os menores valores dos parâmetros a e b.

**Tabela 4.4:** Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 5 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade percentual de sacarose.

Experimento	Condições	Parâmetros		R <sup>2</sup>	$\chi^2$ (10 <sup>3</sup> )
		a	b		
1	5 mm, 40 °C, 40 °Brix	0,110505	0,011978	0,971249	0,1765
3	5 mm, 40 °C, 60 °Brix	0,051210	0,014797	0,904658	0,4078
5	5 mm, 60 °C, 40 °Brix	0,013826	0,009832	0,857289	1,5081
7	5 mm, 60 °C, 60 °Brix	0,007889	0,011979	0,932292	0,4518

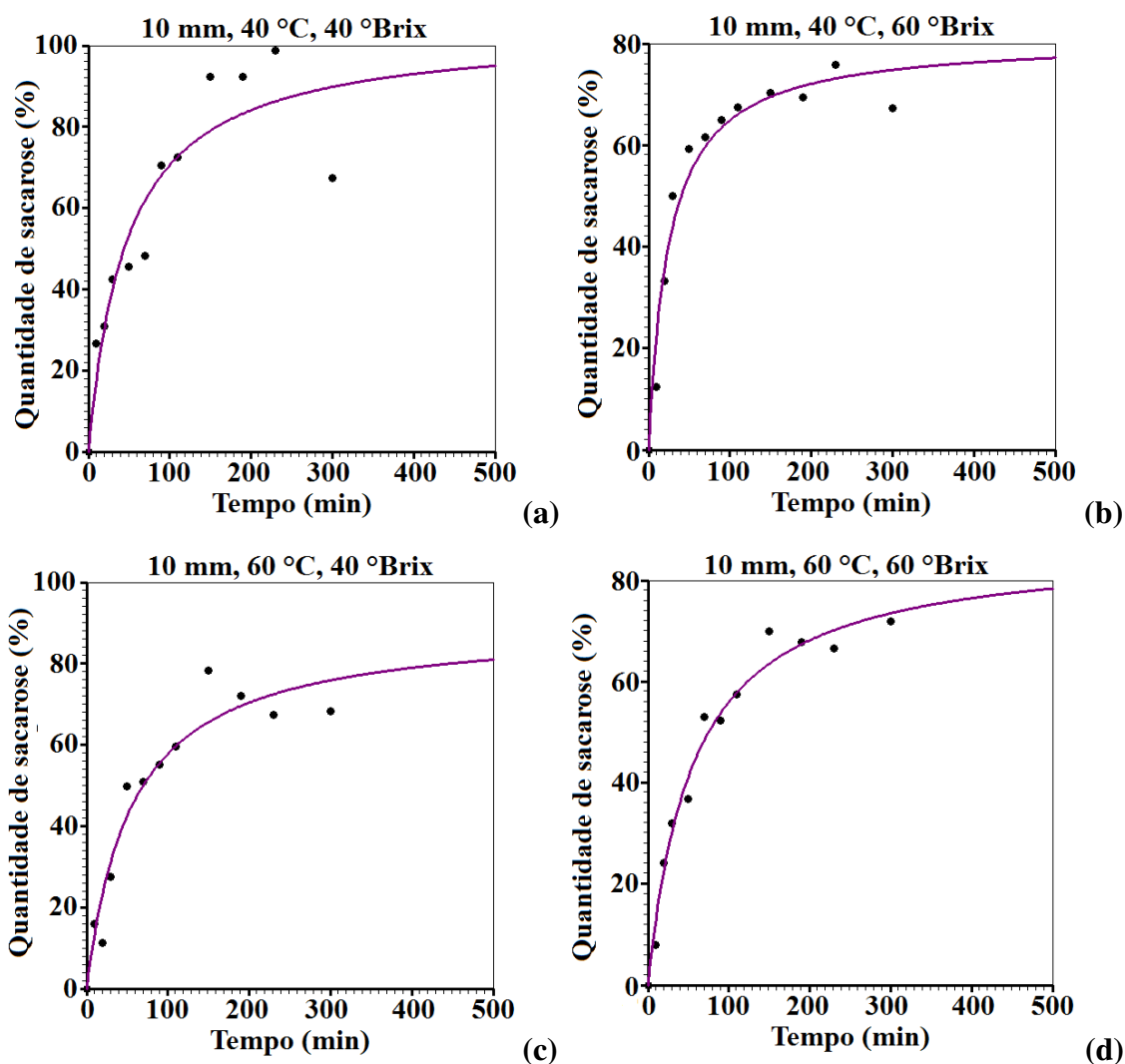
Com base nos valores obtidos a partir do modelo de Peleg para a quantidade percentual de sacarose, destaca-se o experimento 1 como o mais adequado, por ter apresentado o maior coeficiente de determinação e o menor valor de qui-quadrado.

As Figuras 4.3 e 4.4 mostram os gráficos das cinéticas das quantidades médias de água e de sacarose obtidas através dos Experimentos 2, 4, 6 e 8 para cajus fatiados com 10 mm de espessura respectivamente.



**Figura 4.3:** Cinética da quantidade percentual de água obtidas nos experimentos 2 (a), 4 (b), 6 (c) e 8 (d) dos caju s fatiados com 10 mm de espessura.

Os gráficos da Figura 4.3 revelam que a quantidade percentual de água dos caju s fatiados atingiram seu equilíbrio por volta dos 150 a 190 min de desidratação osmótica. Já com relação ao ganho de sacarose a Figura 4.4 revela que seria necessário um tempo bem maior de desidratação osmótica para que as fatias com 10 mm de espessura atingissem o equilíbrio.



**Figura 4.4:** Cinética da quantidade percentual de sacarose obtidas nos experimentos 2 (a), 4 (b), 6 (c) e 8 (d) dos cajus fatiados com 10 mm de espessura.

A Tabela 4.5 apresenta a quantidade percentual de água (QA) e de sacarose (QS), inicial e de equilíbrio, para os experimentos em que foram utilizados cajus fatiados com 10 mm de espessura.

**Tabela 4.5:** Dados da desidratação osmótica de cajus fatiados com 10 mm de espessura após 300 min.

Experimento	Parâmetros	QA (%)		QS (%)	
		Inicial	Equilíbrio	Inicial	Equilíbrio
2	10 mm, 40 °C, 40 °Brix	100	68,712	0	67,314
4	10 mm, 40 °C, 60 °Brix	100	46,884	0	67,346
6	10 mm, 60 °C, 40 °Brix	100	39,391	0	68,325
8	10 mm, 60 °C, 60 °Brix	100	35,491	0	71,896

Observa-se que o aumento da concentração da solução osmótica colaborou para reduzir a quantidade de água das fatias de caju, uma vez que parte da água do produto migra para a solução osmótica enquanto que a sacarose é incorporada. A quantidade de sacarose aumentou com o aumento da concentração da solução osmótica. Em relação à temperatura, verifica-se que o seu aumento contribuiu para a redução da quantidade de água de equilíbrio, mas não de sacarose.

Coimbra et al. (2017) estudaram os coeficientes de difusão de água e sacarose durante a desidratação osmótica de sapoti utilizando concentrações de 20, 40 e 60 °Brix e também relataram que maiores concentrações na solução promoveram maiores perdas de água e ganho de sólidos.

Castro et al. (2014) descreveram que o aumento da temperatura de osmose influenciou significativamente a quantidade de água presente nas fatias de goiaba durante todo o processo de desidratação, porém não influenciou na quantidade de sacarose final do produto.

Quando analisadas as Tabelas 4.2 e 4.5 no que diz respeito à espessura das fatias, percebe-se que os experimentos com 5 mm de espessura atingiram a quantidade de água de equilíbrio com menor percentual, logo quanto maior a espessura da fatia, maior o percentual de água presente. Com relação a quantidade de sacarose, os experimentos realizados com 10 mm apresentaram menor percentual e percebeu-se ainda que ao aumentar a temperatura da solução osmótica, aumenta-se a quantidade de sacarose.

Os parâmetros obtidos pelo modelo de Peleg para as desidratações osmóticas realizadas com fatias de 10 mm para a quantidade de água podem ser observados na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6:** Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 10 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade de água.

Experimento	Condições	Parâmetros		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup> (10 <sup>2</sup> )
		a	b		
2	10 mm, 40 °C, 40 °Brix	0,435102	0,011547	0,990150	0,0890
4	10 mm, 40 °C, 60 °Brix	0,451849	0,008116	0,951116	1,1620
6	10 mm, 60 °C, 40 °Brix	0,404397	0,009204	0,962139	1,3523
8	10 mm, 60 °C, 60 °Brix	0,222746	0,629029	0,978175	0,1000



Observa-se na Tabela 4.6 que apenas o experimento 2 apresentou coeficiente de determinação acima de 0,99, estando os demais acima de 0,95, o experimento 2 destaca-se ainda por apresentar o menor valor de qui-quadrado.

Uma análise semelhante foi realizada considerando a quantidade de sacarose durante o processo de desidratação osmótica, os resultados podem ser vistos na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7:** Parâmetros obtidos para as fatias de caju com 10 mm de espessura pelo modelo de Peleg para a quantidade de sacarose.

Experimento	Condições	Parâmetros		R <sup>2</sup>	$\chi^2$ (10 <sup>3</sup> )
		a	b		
2	10 mm, 40 °C, 40 °Brix	0,456816	0,009612	0,875658	1,2567
4	10 mm, 40 °C, 60 °Brix	0,307169	0,012345	0,961973	0,2630
6	10 mm, 60 °C, 40 °Brix	0,620020	0,011114	0,967953	0,4833
8	10 mm, 60 °C, 60 °Brix	0,639217	0,011479	0,981103	0,1295

Em relação à quantidade de sacarose, o destaque foi o experimento 8 como o melhor ajustado ao modelo de Peleg no que diz respeito ao maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e ao menor valor de qui-quadrado.

Notou-se que, para o modelo de Peleg, os melhores ajustes observados a partir de R<sup>2</sup> e de  $\chi^2$  para a quantidade de água foram os dos experimentos 7 (5 mm) e 2 (10 mm) enquanto para quantidade de sacarose foram 1 (5 mm) e 8 (10 mm).

Os dados das cinéticas de desidratação osmótica obtidos em cada um dos experimentos encontram-se no Apêndice A deste trabalho.

Ao observar os resultados percebe-se que ao final de 300 min de desidratação osmótica, a quantidade de água nas amostras é menor para as fatias com 5 mm de espessura, atingindo praticamente o equilíbrio. Portanto, escolheu-se o tempo total de desidratação osmótica com base nesta espessura para o restante do trabalho que envolveu a secagem convectiva complementar. Os gráficos da Figura 4.1 indicam que um tempo de apenas 90 min é suficiente para remover quase toda a água possível por meio da desidratação osmótica. Assim, este foi o tempo de desidratação osmótica para todas as fatias (de 5 e 10 mm) que foram posteriormente submetidas à secagem convectiva.

### **4.3 Cinéticas de secagem**

Foram realizadas 12 cinéticas de secagens, sendo 8 com as fatias de caju previamente desidratadas osmoticamente e 4 in natura. Em todas as cinéticas foram estudados os tempos de secagem, descrição das cinéticas de secagens através dos modelos empíricos de regressão não-linear, além da determinação dos parâmetros dos processos para a solução analítica.

#### **4.3.1 Tempos e rendimentos das secagens**

Sabe-se que um dos objetivos ao desenvolver um produto é fazê-lo da maneira mais econômica possível, analisando todas as formas para reduzir custos, entre elas, deve-se considerar o gasto de energia necessário para obtenção do produto, logo é importante avaliar os tempos de utilização dos equipamentos ou tempo de processo. Diante disso, analisou-se os tempos (min) necessários para atingir o equilíbrio de perda de água referente a cada secagem realizada.

O tempo necessário de secagem para elaboração do caju-passa é uma análise indispensável. Segundo a Resolução - RDC nº 272, de setembro de 2005 a umidade das frutas secas ou desidratadas como a passa não deve ultrapassar 25%, conforme BRASIL (2005), fato importante para a conservação e aumento da vida útil do produto, uma vez que inibe o crescimento microbiológico, além de preservar suas características sensoriais. Sendo assim, determinou-se o tempo de secagem a partir dos dados da cinética para cada experimento desidratado osmoticamente. Também se estabeleceu o rendimento de massa após as secagens (desidratação osmótica seguida da secagem convectiva) para obtenção do produto final. Os tempos finais das cinéticas (com suas umidades iniciais e finais), assim como das secagens para obtenção do caju-passa e o rendimento juntamente com as características de cada experimento encontram-se na Tabela 4.8.

**Tabela 4.8:** Tempos necessários para realização das cinéticas de secagens e para elaboração do caju-passa e rendimento final.

Exp.	Condições		Tempo da cinética (min)	Umidade (% b.s.)		Tempo para o Caju-passa (min)	Rendimento (%)
	Desidratação osmótica	Secagem convectiva		Inicial	Final		
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	1020	157,915	11,433	210	34,09
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	1800	168,333	8,718	660	20,15
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	900	95,168	12,940	180	50,85
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	1320	311,070	14,385	540	30,17
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	960	87,466	5,738	105	46,93
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	1440	231,430	9,666	300	40,24
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	780	70,259	8,735	105	55,21
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	1260	158,839	12,907	300	39,82
9	5 mm, in natura	50 °C	1080	559,076	15,264	-	-
10	10 mm, in natura	50 °C	1860	646,320	17,513	-	-
11	5 mm, in natura	60 °C	1020	525,519	12,882	-	-
12	10 mm, in natura	60 °C	1560	657,687	16,528	-	-

Exp. – Experimento.

Nota-se que a umidade inicial das fatias de caju com 10 mm de espessura foram maiores que as com 5 mm, assim como a umidade final, neste caso com exceção apenas para os experimentos 1 e 2, com a fatia de 10 mm apresentando umidade final de 8,72% b.s. enquanto a de 5 mm apresentou 11,43% b.s., é possível que neste experimento a água livre presente nas fatias mais espessas, apresenta maior facilidade de remoção durante a secagem.

Contudo observa-se de maneira geral que ao aumentar a espessura das fatias de 5 para 10 mm houve maior dificuldade de remoção da água durante o processo de

secagem, levando ao aumento de pelo menos 420 min no tempo da secagem entre os experimentos 3 e 4, chegando até 780 min entre os experimentos 1 e 2, aumento observado também entre os experimentos 9 e 10, notando-se que todas as outras características (solução osmótica para 1 e 2, e temperaturas de secagens) das fatias permaneceram iguais entre esses experimentos.

O aumento da concentração da solução osmótica reduziu o tempo de secagem das fatias de caju, chegando até 480 min entre os experimentos 2 e 4.

O aumento da temperatura da desidratação osmótica e da secagem também reduziram o tempo de secagem em no mínimo 60 min chegando até 360 min nos experimentos 2 e 6.

Já nas fatias in natura, o aumento da temperatura de secagem aumentou 60 min nos experimentos 9 e 11 com 5 mm de espessura e 300 min entre os experimentos 10 e 12 com 10 mm de espessura.

Constatou-se que o aumento da espessura das fatias, a redução da concentração da solução osmótica, assim como da temperatura de osmose e de secagem levam ao aumento do tempo de secagem das fatias de caju.

O tempo das secagens para que as fatias de caju atingissem menos de 25% de umidade variaram de 105 (experimentos 5 e 7) a 660 min (experimento 2), enquanto o rendimento variou entre 20,15 (experimento 2) e 55,21% (experimento 7). Observa-se que os experimentos a 60 °C com fatias de mesma espessura necessitaram do mesmo tempo para obtenção da passa, embora tenha sido alterada a concentração da solução osmótica. Verifica-se, ainda, que o experimento 2 necessitou de um tempo muito maior para atingir o ponto das passas de caju, além de ter apresentado menor rendimento, enquanto que o experimento 7 necessitou do menor tempo e obteve maior rendimento, mostrando que as amostras submetidas por um elevado tempo de secagem perdem uma maior quantidade de massa durante o processo, reduzindo assim, seu rendimento. Os experimentos 3 e 5 também apresentaram bons rendimentos, sendo de 50,85 e 46,93%, respectivamente, mostrando que o tempo de secagem mais curto para as fatias com 5 mm de espessura influenciaram no maior rendimento. Os demais experimentos (1, 4, 6 e 8) apresentaram tempos intermediários de secagem e rendimentos acima de 30,17%.

Notou-se que a cinética de secagem de um produto depende de vários fatores, como teor de umidade inicial e final, temperatura, dimensões, forma, composição, superfície externa, entre outros. Por isso, é frequentemente mais simples definir modelos com alguns parâmetros que representam, de uma maneira geral, todos os

fatores que influenciam o processo. Portanto, os resultados referentes aos modelos propostos neste estudo são apresentados a seguir.

#### 4.3.2 Descrição das cinéticas de secagens através de modelos empíricos de regressão não-linear

Para descrição das cinéticas de secagem utilizou-se os modelos de regressão não-linear descritos no item 3.2.3, os dados experimentais foram ajustados utilizando o software “LAB Fit Ajuste de Curvas” (SILVA e SILVA, 2009a) e podem ser analisados nas Tabelas 4.9 a 4.14 para os modelos de Page, Silva et alii, Newton, Henderson e Pabis, Peleg e Wang e Sing, respectivamente.

**Tabela 4.9:** Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem das fatias de caju ao modelo de Page.

Exp.	Condições		Parâmetros		R <sup>2</sup>	$\chi^2$
	Osrose	Secagem	a	b		
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	0,0092	1,1209	0,9986	0,0069
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	0,0025	1,1790	0,9994	0,0048
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	0,0511	0,7685	0,9967	0,0100
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	0,0042	1,1256	0,9995	0,0029
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	0,0278	0,9856	0,9967	0,0120
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	0,0059	1,1124	0,9993	0,0043
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,0929	0,6908	0,9921	0,0176
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,0149	0,9383	0,9988	0,0060
9	5 mm	50 °C	0,0050	1,2072	0,9987	0,0061
10	10 mm	50 °C	0,0015	1,2176	0,9994	0,0048
11	5 mm	60 °C	0,0066	1,2279	0,9985	0,0062
12	10 mm	60 °C	0,0017	1,2647	0,9994	0,0043

Exp. - Experimento

O modelo de Page mostrou-se bastante satisfatório ao ajuste dos dados experimentais, observa-se que para os 12 experimentos de secagens o coeficiente de determinação foi maior que 0,990 e o maior valor de  $\chi^2$  foi de 0,0176 (experimento 7),

sendo os melhores valores obtidos no experimento 4 com fatias de 10 mm, desidratados a 40 °C com 60°Brix, seco a 50 °C, foram eles 0,9995 para o R<sup>2</sup> e 0,0029 para o  $\chi^2$ .

**Tabela 4.10:** Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Silva et alii.

Exp.	Condições		Parâmetros		R <sup>2</sup>	$\chi^2$
	Osrose	Secagem	a	b		
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	0,0179	-0,0210	0,9983	0,0073
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	0,0076	-0,0160	0,9986	0,0089
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	0,0120	0,0591	0,9951	0,0157
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	0,0087	-0,0123	0,9988	0,0060
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	0,0268	-0,0021	0,9970	0,0120
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	0,0113	-0,0138	0,9989	0,0059
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,0118	0,1102	0,9886	0,0257
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,0103	0,0093	0,9988	0,0066
9	5 mm	50 °C	0,0154	-0,0250	0,9968	0,0134
10	10 mm	50 °C	0,0059	-0,0156	0,9979	0,0151
11	5 mm	60 °C	0,0212	-0,0333	0,9964	0,0136
12	10 mm	60 °C	0,0084	-0,0221	0,9974	0,0159

Exp. - Experimento

Outro modelo que apresentou excelentes ajustes aos dados experimentais foi o de Silva et alii, em que apenas o experimento 7 apresentou R<sup>2</sup> menor que 0,99, entretanto obteve o valor de 0,9830, também considerado propício ao ajuste.

O experimento 6, que representa a fatia cortada com 10 mm de espessura, desidratada a 60 °C com 40 °Brix e seca a 60 °C, destaca-se como o melhor em relação aos demais, seguindo os quesitos de avaliação de maior coeficiente de determinação e menor qui-quadrado.

**Tabela 4.11:** Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Newton.

Exp.	Condições		Parâmetros		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
	Osmose	Secagem	a	b		
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	0,0151	0,0539	0,9966	0,0139
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	0,0061	0,0559	0,9968	0,0243
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	0,0211	0,0524	0,9929	0,0442
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	0,0075	0,0561	0,9979	0,0129
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	0,0265	0,0488	0,9969	0,0120
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	0,0098	0,0556	0,9978	0,0116
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,0323	0,0456	0,9830	0,0698
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,0114	0,0559	0,9989	0,0086
9	5 mm	50 °C	0,0124	0,0546	0,9947	0,0273
10	10 mm	50 °C	0,0047	0,0559	0,9962	0,0381
11	5 mm	60 °C	0,0166	0,0530	0,9936	0,0292
12	10 mm	60 °C	0,0064	0,0556	0,9947	0,0447

Exp. - Experimento

Com relação ao modelo de Newton, as fatias de 10 mm, desidratadas a 60 °C com 60 °Brix e secas a 60 °C (experimento 8) apresentou os melhores valores de R<sup>2</sup> e χ<sup>2</sup>.

Este modelo obteve valores de coeficiente de determinação a partir de 0,9830 (experimento 7), revelando-se assim também adequado aos ajustes dos dados experimentais em estudo.

**Tabela 4.12:** Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Henderson e Pabis.

Exp.	Condições		Parâmetros		R <sup>2</sup>	$\chi^2$
	Osmose	Secagem	a	b		
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	1,0318	0,0157	0,9972	0,0107
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	1,0365	0,0064	0,9973	0,0166
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	0,9312	0,0190	0,9911	0,0326
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	1,0235	0,0078	0,9980	0,0101
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	1,0065	0,0267	0,9971	0,0120
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	1,0244	0,0101	0,9981	0,0090
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,9197	0,0285	0,9793	0,0587
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	0,9828	0,0111	0,9988	0,0074
9	5 mm	50 °C	1,0381	0,0130	0,9948	0,0218
10	10 mm	50 °C	1,0394	0,0049	0,9962	0,0274
11	5 mm	60 °C	1,0444	0,0175	0,9938	0,0231
12	10 mm	60 °C	1,0495	0,0068	0,9949	0,0308

Exp. - Experimento

Para o modelo de Henderson e Pabis percebeu-se que os valores de R<sup>2</sup> foram maiores que 0,99, exceto para o experimento 7 que apresentou 0,9793.

Destacou-se também para este modelo o experimento 8 no qual obteve-se os melhores resultados de coeficiente de determinação e qui-quadrado.



**Tabela 4.13:** Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Peleg.

Exp.	Condições		Parâmetros		R <sup>2</sup>	$\chi^2$
	Osmose	Secagem	a	b		
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	44,9877	0,9067	0,9737	0,1045
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	119,8236	0,8829	0,9788	0,1432
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	28,5615	0,9513	0,9959	0,0109
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	98,1997	0,8698	0,9809	0,1024
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	23,3166	0,9418	0,9774	0,0651
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	70,6996	0,9047	0,9782	0,1119
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	17,6573	0,9691	0,9968	0,0069
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	58,3067	0,9197	0,9889	0,0463
9	5 mm	50 °C	57,0146	0,8862	0,9670	0,1456
10	10 mm	50 °C	164,6066	0,8486	0,9783	0,1631
11	5 mm	60 °C	40,8890	0,9000	0,9599	0,1583
12	10 mm	60 °C	118,5004	0,8614	0,9730	0,1757

Exp. - Experimento

O modelo de Peleg apresentou menores valores de coeficientes de determinação, uma vez que apenas os experimentos 3 e 7 são maiores que 0,99, dentre estes, o experimento 7 revela-se mais aceitável devido ao seu menor valor de qui-quadrado, contudo de acordo com Zanoelo et al. (2007), qualquer modelo de secagem com valores de coeficientes de determinação maiores que 0,90 pode ser considerado aceitável, em termos de engenharia, para a descrição do processo.

**Tabela 4.14:** Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais da secagem do caju ao modelo de Wang e Sing.

Exp.	Condições		Parâmetros		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
	Osmose	Secagem	a	b (E-5)		
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	0,0043	0,3661	0,7354	2,2335
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	-0,0022	9,8827	0,8502	1,6664
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	-0,0049	0,4738	0,7066	2,5992
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	-0,0030	0,1885	0,8685	1,2222
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	-0,0049	0,4444	0,5998	3,5841
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	-0,0029	0,1697	0,7819	2,2619
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	-0,0059	0,6565	0,6324	3,0856
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	-0,0033	0,2232	0,7838	2,1801
9	5 mm	50 °C	-0,0040	0,3208	0,7776	1,8936
10	10 mm	50 °C	-0,0020	8,7608	0,9044	1,0405
11	5 mm	60 °C	-0,0045	0,3817	0,7011	2,5604
12	10 mm	60 °C	-0,0025	0,1334	0,8662	1,3177

Exp. - Experimento

Já para o modelo de Wang e Sing percebe-se que os resultados não foram satisfatórios, sendo possível observar que o coeficiente de determinação obtido no experimento 5 foi o pior, de 0,5998 e qui-quadrado de 3,5841, e apenas o experimento 10 das fatias com 10 mm de espessura, *in natura* e secas a 50 °C apresentou R<sup>2</sup> acima de 0,90 sendo seu χ<sup>2</sup> 1,0405.

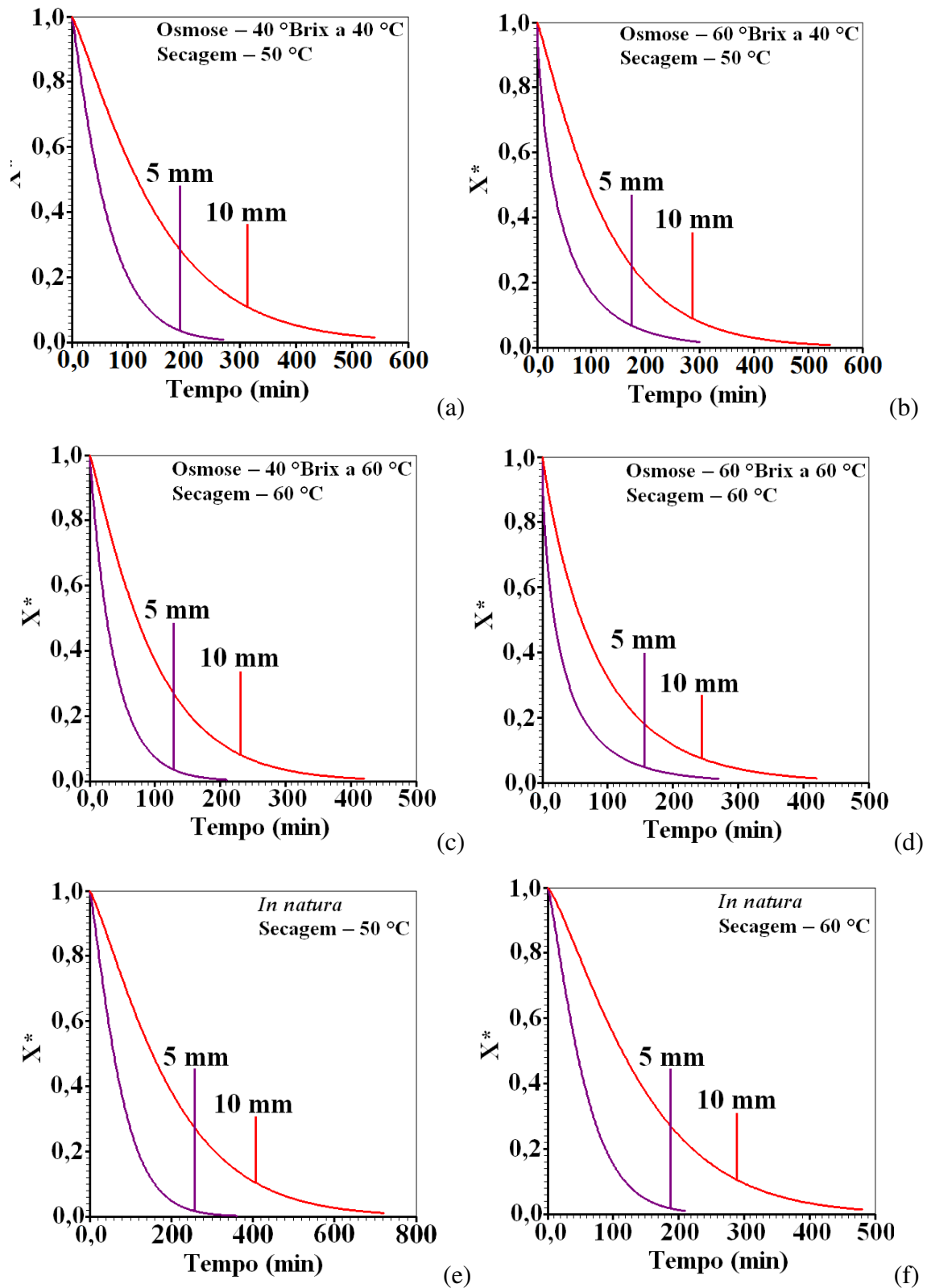
Após análise dos dados estatísticos obtidos, de maneira geral, notou-se que o modelo de Page mostrou excelentes ajustes, considerando o coeficiente de determinação maior que 0,99 e o qui-quadrado próximo a 0,0 para todos os experimentos realizados, sendo assim apropriado para descrever o comportamento das fatias de caju durante a cinética de secagem. Os modelos de Silva et alii, Newton e de Henderson e Pabis também apresentaram ótimos valores de R<sup>2</sup> e qui-quadrado, podendo também serem usados para descrever o comportamento das cinéticas, entretanto para o experimento 7, o coeficiente de determinação foi um pouco menor que 0,99, em ambos os casos. Já o modelo de Peleg, apesar dos bons valores de χ<sup>2</sup> apresentou coeficientes de determinação mais baixos, chegando a 0,9599 no experimento 11. O modelo de Wang e Sing foi o

menos favorável para descrição das cinéticas, uma vez que tanto os valores de  $R^2$  como de  $\chi^2$  foram distantes dos desejados.

Outros autores também destacaram dentre os modelos estudados o de Page, como: Tavone et al. (2020), que fizeram uma comparação entre modelos matemáticos da cinética de secagem de banana pão/sapo, em estágio verde de maturação, fatiadas com 4 mm, no secador de bandejas nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C; Almeida et al. (2020), que investigaram a influência da espessura de fatias na cinética de secagem de beterraba com espessuras de 4, 6 e 8 mm na temperatura de 60 °C, também destacaram o modelo Logarítmico; e Zapata et al. (2019) os quais estudaram a cinética de secagem de fatias de 5 mm de maçã e abobrinha enriquecidas com antocianinas nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e reportaram, além do modelo de Page os de Weibull, Logarítmico, Henderson-Pabis e Lewis como os melhores para o ajuste aos dados experimentais.

No que diz respeito à espessura das fatias, nestes experimentos destacou-se as fatias com 10 mm e que foram desidratadas osmoticamente antes da secagem, tendo em vista que os melhores resultados apresentados para os modelos estudados foram os dos experimentos 4, 6 e 8.

Como o modelo de Page se destacou com os melhores resultados dos parâmetros  $R^2$  e  $\chi^2$ , selecionou-se seus gráficos para análise, os mesmos encontram-se na Figura 4.5. Os demais gráficos podem ser observados no Apêndice C.

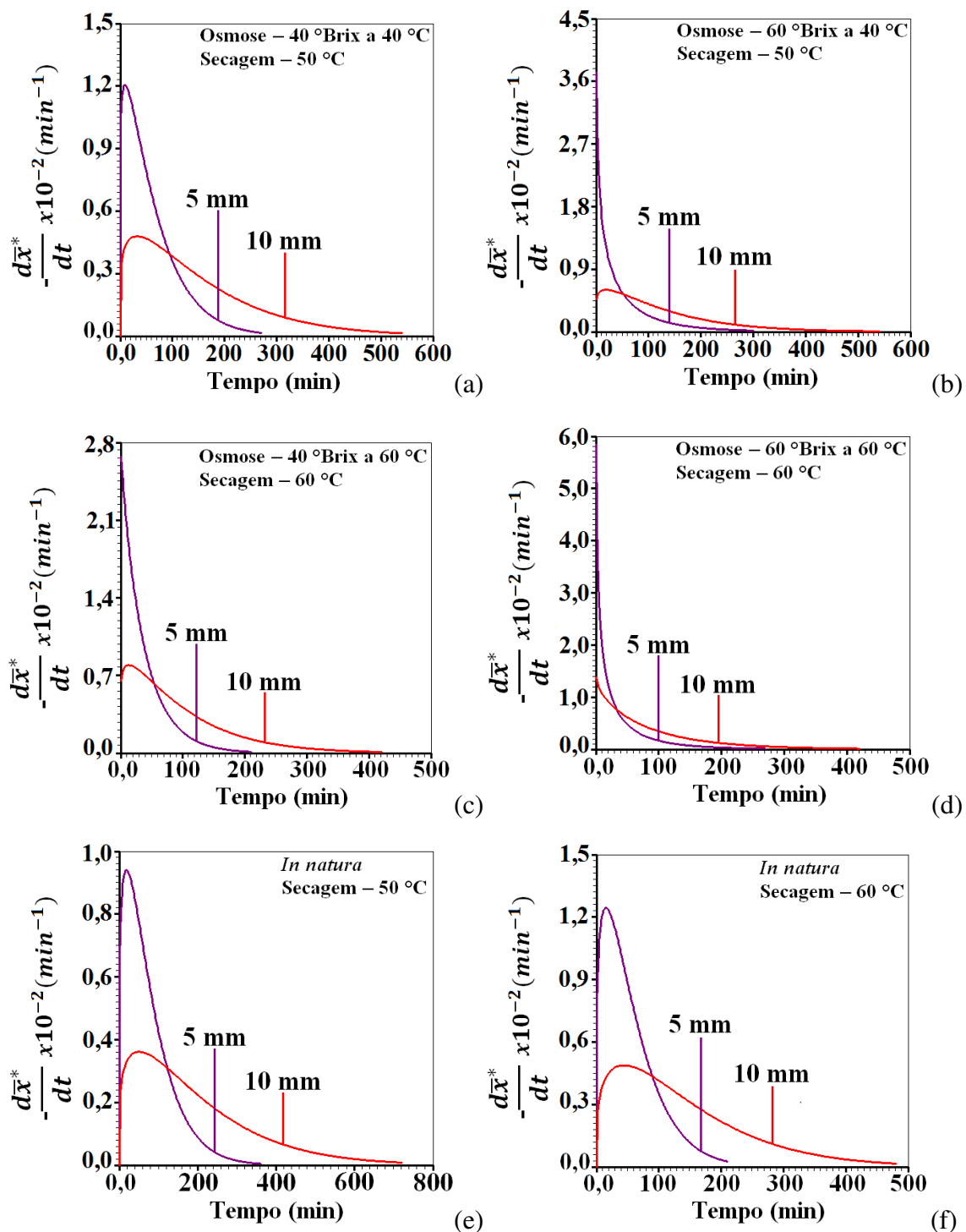


**Figura 4.5:** Cinética de secagem das fatias de caju com 5 e 10 mm de espessura a 50 e 60 °C usando o modelo de Page para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 .

Os gráficos mostram curvas roxas que se referem às fatias com espessura de 5 mm e vermelhas que mostram o comportamento das fatias de 10 mm, na parte direita superior de cada gráfico pode-se observar as condições de desidratação osmótica e de secagem de cada experimento. Verificou-se que a menor espessura das fatias (5 mm), a maior concentração de solução osmótica (60 °Brix) e a maior temperatura de secagem (60 °C) contribuíram para que o teor de umidade do produto atingisse o equilíbrio mais rápido.

### **4.3.3 Taxas de secagem**

Para expressar a velocidade da secagem das fatias de caju foram construídos gráficos que mostram a variação do conteúdo de umidade do produto por tempo,  $-dX/dt$  em relação a evolução do tempo (min) por meio das derivadas dos modelos empíricos de Page, Silva et alii, Newton, Henderson e Pabis, Peleg e Wang e Sing (Tabela 3.5) utilizando o software “LAB Fit Ajuste de Curvas” (SILVA e SILVA, 2009a). Na Figura 4.6 é possível observar os gráficos para o modelo de Page que obteve melhor ajuste aos dados experimentais, os gráficos dos demais modelos podem ser encontrados no Apêndice E.



**Figura 4.6:** Taxas de secagem das fatias de caju com 5 e 10 mm de espessura a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Page para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12.

Observa-se ao analisar a Figura 4.6 que os experimentos realizados com fatias de 5 mm de espessura, de maneira geral, apresentaram uma maior taxa de secagem, tendo em vista que a remoção da água ocorreu mais rapidamente. Os experimentos cujas fatias

de caju foram desidratadas osmoticamente e fatiadas com 5 mm de espessura apresentaram taxas de secagem decrescentes (Figura 4.6 a, b, c e d), já os com 10 mm apresentaram taxa crescente no início do processo atingindo o ápice entre 0,3 (Figura 4.6 a) e  $0,9 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$  (Figura 4.6 b), para então iniciar seu período decrescente. O mesmo pode ser observado nos experimentos com as fatias in natura, já que no início do processo houve uma taxa de secagem crescente, em que foram atingidos seus pontos mais elevados, entre 0,9 e  $1,0 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$  para a secagem a 50 °C e aproximadamente  $1,2 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$  para a secagem a 60 °C, seguidas de taxas decrescentes.

Farias et al. (2020), ao estudarem a secagem da banana inteira, em estufa, nas temperaturas de 50 e 60 °C, verificaram que a mesma ocorre a uma taxa decrescente. Barros et al. (2020) realizaram cinéticas de secagens dos resíduos de uva cv. “Isabel” nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, identificando taxas decrescentes apenas após os 100 min dos processos. Já Medeiros et al. (2020) analisaram o comportamento da secagem a 80 °C de sementes de melão e verificaram um período inicial de taxa crescente e um período de indução de 11 min, seguido da taxa decrescente.

#### **4.3.4 Descrição das cinéticas de secagem utilizando modelo analítico de difusão para o cilindro finito**

Analisaram-se inicialmente os experimentos para a condição de contorno do terceiro tipo através do software “Convective Adsorption – Desorption” (SILVA e SILVA, 2009b). Durante a análise dos dados, o software sugeriu que para os experimentos 3 e 7, ambos com 5 mm e desidratados a 60 °Brix, fosse utilizado o software “Prescribed Adsorption – Desorption” (SILVA e SILVA, 2009c), devido aos seus números de Biot terem apresentado valores muito altos, sugerindo assim condição de contorno prescrita de primeiro tipo. Os resultados podem ser analisados nas Tabelas 4.15 e 4.16 para a condição de contorno de terceiro e de primeiro tipo, respectivamente, para a geometria de cilindro finito.

**Tabela 4.15:** Resultados obtidos para as simulações das secagens utilizando o modelo de difusão com condição de contorno do terceiro tipo.

Exp.	Condições		D	R <sup>2</sup>	$\chi^2$	h	Bi
	Osmose	Secagem	(m <sup>2</sup> min <sup>-1</sup> )			(m min <sup>-1</sup> )	
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	3,108E-5	0,9976	9,208E-3	2,619E-5	1,875E-2
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	1,278E-5	0,9975	1,506E-2	1,075E-5	2,000E-2
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	6,535E-9	0,9943	2,028E-2	7,058E-5	200
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	1,905E-5	0,9981	9,580E-3	1,507E-5	1,750E-2
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	2,331E-7	0,9969	1,186E-2	2,559E-5	2,325
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	3,891E-5	0,9982	8,457E-3	2,444E-5	1,375E-2
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	1,511E-8	0,9868	3,792E-2	1,793E-4	200
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	7,511E-8	0,9988	6,422E-3	3,224E-5	8,750
9	5 mm	50 °C	2,617E-5	0,9952	1,980E-2	2,083E-5	1,875E-2
10	10 mm	50 °C	3,491E-5	0,9965	2,567E-2	1,439E-5	1,000E-2
11	5 mm	60 °C	4,121E-5	0,9946	2,037E-2	2,953E-5	1,750E-2
12	10 mm	60 °C	7,142E-5	0,9955	2,791E-2	1,946E-5	6,250E-3

Exp. - Experimento

Nota-se uma tendência de aumento da difusividade (D) com o aumento da espessura das fatias de caju, exceto, nos experimentos de 1 para 2 desidratados com 40 °C a 40 °Brix e secos a 50 °C. Contudo os resultados, de maneira geral, mostraram que a taxa de transferência de calor é maior, movendo o calor mais rapidamente nas fatias de maior espessura. Almeida et al. (2020) também relataram o aumento da difusividade com o aumento da espessura das fatias de beterraba, variando de 3,31 a 8,51 x 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup> min<sup>-1</sup> para as espessuras de 4 a 8 mm. Em relação a elevação da temperatura de secagem verificou-se que houve aumento na difusividade efetiva das fatias de caju, sobretudo nos experimentos de 9 a 12, com as fatias in natura. Fato observado igualmente por Zapata et al. (2019) e Tavone et al. (2020) ao analisarem a difusividade do ponto de vista do aumento da temperatura de secagem e obtiveram, em ambos os



casos, aumento da difusividade com o aumento da temperatura de secagem de 40 para 60 °C nas fatias de maçã (de 2,81 a 5,78 x 10<sup>-10</sup> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) e abóbora (de 2,02 a 3,99 x 10<sup>-10</sup> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), assim como aumento de 0,9250 para 1,3793 x 10<sup>-10</sup> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> nas fatias de banana-sapo. Santos et al. (2019) quando estudaram a cinética de secagem e as propriedades termodinâmicas da polpa de patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.) com espessuras de 0,3 e 0,6 cm nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, observaram o aumento da difusividade efetiva tanto com o aumento da espessura quanto da temperatura, acontecimento também observado nas fatias de caju.

Os coeficientes de determinação e  $\chi^2$  demonstraram valores satisfatórios de ajustes dos dados experimentais da secagem das fatias de caju ao modelo de difusão com solução analítica e condição de contorno do terceiro tipo, apenas os experimentos 3 e 7 (fatias de 5 mm) apresentaram valores de Biot muito grandes, além de R<sup>2</sup> menores.

Em relação ao coeficiente convectivo de transferência de massa (h), notou-se que o mesmo diminuiu com o aumento da espessura das fatias de caju. Nos experimentos in natura pode-se observar que o h aumentou com o aumento da temperatura. Almeida et al. (2020) constataram o oposto, uma vez que houve aumento nos valores de h com o aumento da espessura das fatias de beterraba, variando de 2,74 a 3,19 x 10<sup>-5</sup> m min<sup>-1</sup>).

Sobre os números de Biot (Bi), de maneira geral, observou-se que os mesmos diminuíram com o aumento da espessura, contudo, apresentaram-se baixos, exceto, como já mencionado nos experimentos 3 e 7. Almeida et al. (2020) também obtiveram baixos valores para o número de Biot e relataram relação direta com aumento da espessura, uma vez que obtiveram 1,75 x 10<sup>-3</sup> para a beterraba fatiada com 4 mm de espessura e 1,50 x 10<sup>-3</sup> para as fatias de 6 e 8 mm. Moreira et al. (2018) também apresentaram baixos valores de Biot para a secagem de fatias de kiwi com espessura de 5, 10 e 15 mm, variando de 1,25 a 1,75 x 10<sup>-3</sup>.

Ressalta-se que tanto Moreira et al. (2018) quanto Almeida et al. (2020) trabalharam com a geometria de parede infinita e descreveram o processo de secagem das fatias de kiwi e beterraba, respectivamente, com a condição de contorno do terceiro tipo, mais comumente utilizada para produtos alimentícios.

**Tabela 4.16:** Resultados obtidos para as simulações das secagens utilizando o modelo de difusão com condição de contorno do primeiro tipo.

Experimento	Condições		D (m <sup>2</sup> min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
	Osmose	Secagem			
1	5 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	1,393E-8	0,9759	0,1347
2	10 mm, 40 °C a 40 °Brix	50 °C	5,550E-9	0,9787	0,2366
3	5 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	4,803E-9	0,9913	2,548E-2
4	10 mm, 40 °C a 60 °Brix	50 °C	9,632E-9	0,9799	0,1914
5	5 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	7,656E-9	0,9828	5,801E-2
6	10 mm, 60 °C a 40 °Brix	60 °C	2,192E-8	0,9772	0,1773
7	5 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	1,201E-8	0,9853	3,634E-2
8	10 mm, 60 °C a 60 °Brix	60 °C	1,734E-8	0,9864	8,109E-2
9	5 mm	50 °C	1,050E-8	0,9739	0,1816
10	10 mm	50 °C	1,465E-8	0,9764	0,3495
11	5 mm	60 °C	1,613E-8	0,9715	0,1677
12	10 mm	60 °C	1,993E-8	0,9707	0,3339

Ao analisar os dados referentes à condição de contorno do primeiro tipo (Tabela 4.16) nota-se que os números de Biot apresentaram-se ainda mais baixos em todos os experimentos. Os valores do coeficiente de determinação variaram entre 0,9707 no experimento in natura<sup>12</sup> e 0,9913 no experimento 3, sendo o único a apresentar valor maior que 0,99. Já os qui-quadrados foram maiores, porém todos próximos a 0,0.

Logo, considera-se mais adequado para descrever o processo de secagem das fatias de caju o modelo difusivo com condição de contorno do terceiro tipo.

No que diz respeito à análise realizada com a solução da equação de difusão pelo método numérico, sem levar em consideração o encolhimento durante a secagem, foram observados resultados análogos aos da solução analítica obtidos.

#### 4.4 Caracterização dos caju-passas

As passas de caju foram analisadas para determinação de suas composições centesimais, características físico-químicas, colorimétricas e compostos bioativos como podem ser observadas nas Tabelas de 4.17 a 4.21.

Na Tabela 4.17 têm-se os valores obtidos da composição centesimal dos cajus-passas.

**Tabela 4.17:** Composição centesimal dos cajus-passas.

Parâmetros*	Experimentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Umidade**	22,16 a ± 0,31	21,69 ab ± 1,31	20,53 ab ± 2,08	17,82 ab ± 0,87	22,28 a ± 0,31	20,08 ab ± 1,47	18,18 ab ± 0,51	17,03 b ± 0,83
Cinzas	0,53 cd ± 0,04	1,15 a ± 0,04	0,60 c ± 0,03	1,20 a ± 0,04	0,24 e ± 0,02	0,46 d ± 0,01	0,31 e ± 0,03	0,74 b ± 0,02
Proteínas	1,11 a ± 0,24	1,20 a ± 0,47	1,28 a ± 0,01	0,86 a ± 0,02	0,68 a ± 0,44	0,93 a ± 0,59	1,25 a ± 0,03	1,54 a ± 0,03
Lipídios	8,81 a ± 1,13	5,90 ab ± 0,28	7,33 ab ± 1,91	5,27 b ± 0,56	5,58 ab ± 0,37	7,21 ab ± 2,32	0,59 c ± 0,16	1,53 c ± 1,03
Carboidratos	75,09 a ± 0,56	74,75 a ± 3,03	76,31 a ± 1,68	79,26 a ± 0,74	76,11 a ± 0,59	77,59 a ± 2,02	79,01 a ± 0,38	79,14 a ± 0,64

\*Valores expressos em porcentagem. \*\*Umidade expressa em base úmida. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Como já mencionado, as umidades das passas não podem ser superiores a 25% (BRASIL, 2005) e assim ocorreu com os oito experimentos realizados. A umidade mais baixa foi identificada no experimento 8, o qual foi elaborado com a maior concentração de solução osmótica, de 60 °Brix a 60 °C, e seco a 60 °C. Os experimentos realizados com fatias de 5 mm apresentaram umidade maior que os com 10 mm, mostrando que os de 10 mm, por necessitarem de mais tempo durante a secagem, continham menor umidade. O teste de Tukey mostrou que os experimentos de 1 a 7 não diferiram estatisticamente para o teor de umidade. Carvalho et al. (2020) realizaram a desidratação osmótica de peras com aproximadamente 3 cm previamente imersas em ácido cítrico (1%) por 10 min, a osmose aconteceu com soluções de 40, 55 e 70 °Brix na proporção fruta: xarope de 1:3 por 4 h seguida de secagem a 60 °C, em que obtiveram umidades de 18,88; 18,72 e 22,51%, respectivamente, sendo a primeira e a segunda semelhantes ao obtido no experimento 7 (18,18%) e a terceira, semelhante aos dos experimentos 1 (22,16%) e 5 (22,28%). Geromel e Freitas (2020) realizaram desidratação osmótica de rodela de banana nanica com aproximadamente 1 cm de espessura na proporção de 50:50 (água e sacarose) durante 15 min a 30 °C; em seguida secaram por 12 min em micro-ondas e obtiveram umidade mais elevada, de 32,33%.

Ferreira e Freitas (2019) elaboraram bananas-passas cortando-as longitudinal e transversalmente, totalizando 4 pedaços, e dividiram em três tratamentos: uma amostra controle (T1), outra obtida imergindo os cortes em 0,5% de metabissulfito de sódio por 10 min (T2) e a terceira, em solução antioxidante com ácido cítrico (4%) e ácido ascórbico (1%) por 10 min (T3); as bananas foram secas a 65 °C durante 24 h e, por fim apresentaram umidade de 19,32; 17,39 e 24,58%, respectivamente, sendo a umidade da T2 próxima às dos experimentos 4 de 17,82% e 8 de 17,03% e a da T3 maior que os deste trabalho. Alam et al. (2018) elaboraram balas utilizando gengibre de Bangladesh e da China cortados em pedaços com 1 cm<sup>3</sup> e realizaram desidratação osmótica fervendo os gengibres em soluções de sacarose nas concentrações de 50, 60 e 70%, além de ácido cítrico (0,3%) como agente aromatizante por 30 min e secaram a 55–60 °C por 3 a 4 h, para obter o teor de umidade  $\leq 10\%$ , por fim, realizaram análises durante 4 meses e verificaram que as umidades das balas aumentaram com o decorrer do tempo, sendo que a elaborada com gengibre de Bangladesh chegou a 11,74% e com o chinês 12,45%, nos experimentos com concentrações de 50% de solução de sacarose, sendo que as demais concentrações apresentaram teores menores. Estes valores foram menores que os encontrados neste trabalho, entretanto, a fruta passa permite uma umidade mais elevada.

Com relação ao teor de cinzas, observou-se que as passas com maior espessura continham uma quantidade mais elevada, quando comparadas com os experimentos sob as mesmas condições de osmose e secagem. Estatisticamente, os valores não diferiram quando comparados aos experimentos 2 e 4 elaborados com 10 mm de espessura e secos a 50 °C, já os com 5 mm não diferiram os experimentos 5 e 7 secos a 60 °C. Carvalho et al. (2020) relataram que com o aumento da concentração de solução osmótica o conteúdo de cinzas diminuiu, sendo obtidos 1,40 (40 °Brix), 1,11 (55 °Brix) e 0,94% (70 °Brix), observando-se divergência de valores com os caju-passas, uma vez que o 1,11% é próximo a 1,15% (experimento 2) porém, as concentrações de solução osmótica foram bem diferentes de 55 para a pera e 40 °Brix para o caju. Alam et al. (2018) observaram diminuição nas cinzas das balas elaboradas com o decorrer do tempo, sendo que para as balas produzidas com o gengibre chinês no tempo 0 encontraram 1,17% (60% da solução sacarose), valor próximo ao do experimento 2, que apresentou 1,15%; com 1 mês, encontraram 1,23% (50% da solução de sacarose), perto de 1,20% obtido para o caju-passa no experimento 4; com 2 meses obtiveram 0,76% (70% de solução osmótica), valor este, similar ao 0,74% que se obteve para o caju-passa no experimento 8; para as balas de Bangladesh com 3 meses obtiveram 0,73% (60% de

solução de sacarose), valor próximo ao do experimento 8, e com 4 meses obtiveram 0,54% (70% de solução de sacarose), próximo ao 0,53% do experimento 1.

As proteínas apresentaram teores entre 0,68 (experimento 5) e 1,54% (experimento 8), em sua maioria as passas mais espessas apresentaram maiores valores. Não houve diferença estatística entre os experimentos. Os valores de proteínas dos cajus-passas foram inferiores aos de Carvalho et al. (2020) para a pera desidratada com 40, 55 e 70 °Brix, que encontraram 5,33; 4,20 e 4,33%, respectivamente e aos de Alam et al. (2018), que obtiveram uma variação de 2,47 a 3,06% em balas de gengibre chinês e de 2,42 a 3,15% em balas de gengibre de Bangladesh, resultados que apresentaram uma redução das proteínas com o passar do tempo para ambas as balas.

No que diz respeito aos lipídios, o experimento 1 apresentou o maior teor (8,81%), com diferença significativa para o menor valor obtido no experimento 7 (0,59%). De maneira geral, o aumento da temperatura de secagem reduziu o teor de lipídios, fato também observado por Santos et al. (2020) que avaliaram a degradação dos compostos bioativos do fruto *physalis* (*P. peruviana*) durante o processo de secagem nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Os experimentos de 1 a 4, que foram secos a 50 °C mostraram que os mais espessos continham menor teor de lipídios, já os experimentos de 5 a 8 secos a 60 °C mostraram que as fatias com 10 mm apresentaram maior teor de lipídios. Os experimentos de 1 a 6 praticamente não diferiram estatisticamente entre eles, enquanto os experimentos 7 e 8 foram iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Carvalho et al. (2020) obtiveram o valor de 0,54% para a pera desidratada com 55 °Brix, valor este, semelhante ao do experimento 7 (0,59%) que foi realizado com 60 °Brix.

Os carboidratos variaram entre 74,75 (experimento 2) e 79,26% (experimento 4), apresentando valor médio de 77,16% e não apresentaram diferença significativa entre os experimentos pelo teste de Tukey, contudo, os experimentos secos a 50 °C apresentaram valores um pouco menores. Carvalho et al. (2020) alcançaram valores inferiores aos do caju, sendo de 56,62; 59,97 e 68,65 para as peras desidratadas com 40, 55 e 70 °Brix, respectivamente. Já Alam et al. (2018) encontraram valores maiores tanto para as balas de gengibre chinês (84,99, 85,59 e 86,29) quanto para as balas de gengibre de Bangladesh (86,53, 87,13 e 87,62).

Os resultados das análises físico-químicas dos cajus-passas em relação à atividade de água ( $a_w$ ), pH, Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST) e ratio estão na Tabela 4.18.

**Tabela 4.18:** Caracterização físico-química dos cajus-passas, quanto a atividade de água ( $a_w$ ), pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e ratio.

Parâmetros	Experimentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$a_w$	0,651 c ± 0,9 E <sup>-3</sup>	0,602 d ± 3,2 E <sup>-3</sup>	0,676 a ± 1,4 E <sup>-3</sup>	0,514 f ± 1,2 E <sup>-3</sup>	0,672 b ± 1,4 E <sup>-3</sup>	0,600 d ± 0,9 E <sup>-3</sup>	0,568 e ± 1,2 E <sup>-3</sup>	0,511 g ± 2,8 E <sup>-3</sup>
pH	3,69 c ± 5,8 E <sup>-3</sup>	3,77 b ± 0,01	3,58 d ± 5,8 E <sup>-3</sup>	3,68 c ± 0,01	3,33 f ± 5,8 E <sup>-3</sup>	3,57 d ± 0,03	3,51 e ± 0,02	4,06 a ± 5,8 E <sup>-3</sup>
ATT	0,58 f ± 5,1 E <sup>-3</sup>	1,13 b ± 8,0 E <sup>-3</sup>	0,83 c ± 9,8 E <sup>-3</sup>	1,52 a ± 0,01	0,43 g ± 4,4 E <sup>-3</sup>	0,77 d ± 0,01	0,67 e ± 9,7 E <sup>-3</sup>	0,77 d ± 0,01
SST	18,78 c ± 1,24	17,09 c ± 1,71	21,87 bc ± 2,86	18,88 c ± 1,14	20,17 bc ± 0,14	26,93 ab ± 3,05	32,02 a ± 2,78	19,51 bc ± 1,27
Ratio	32,08 bc ± 1,84	15,14 d ± 1,44	26,27 c ± 3,25	12,43 d ± 0,86	46,53 a ± 0,18	36,86 b ± 4,45	47,97 a ± 4,81	25,39 c ± 1,58

ATT – Acidez Total Titulável (% de ácido cítrico); SST – Sólidos Solúveis Totais (°Brix). Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A  $a_w$  variou entre 0,511 e 0,676 nos experimentos 8 e 3, respectivamente, mostrando que todos estão dentro de uma faixa considerada segura para o armazenamento, uma vez que de acordo com Oliveira et al. (2005), o início do desenvolvimento de microrganismo em produtos vegetais armazenados ocorre a partir da atividade de água de 0,7. Notou-se que as amostras mais espessas, de 10 mm, apresentaram menor atividade de água, sugerindo serem mais recomendadas por conterem menos água livre, indicando maior estabilidade química e microbiológica. Apenas os valores das amostras 2 e 6 não diferiram estatisticamente entre si. Carvalho et al. (2020) relataram que as peras desidratadas a 40, 55 e 70 °Brix obtiveram valores entre 0,65-0,75, sendo em sua maioria maiores que os dos cajus-passas. Já Ferreira e Freitas (2019) encontraram  $a_w$  de 0,675; 0,664; 0,685 em bananas-passas, estando o valor da banana sem pré-tratamento praticamente igual ao do experimento 3 (0,676) e o da banana pré-tratada com 0,5% de metabissulfito de sódio por 10 min menor apenas que os dos experimentos 3 (0,676) e 5 (0,672).

O pH apresentou-se mais baixo nas amostras elaboradas com fatias de caju com 5 mm de espessura, entretanto obteve-se valores satisfatórios em todas as amostras, uma vez que segundo Geromel e Freitas (2020), em geral, é desejável pH inferior a 5,0 para impedir o desenvolvimento de microrganismos patogênicos no produto e o maior pH encontrado em cajus-passas foi de 4,06 no experimento 8, caracterizando as passas de caju como ácidas (pH < 4,5). Geromel e Freitas (2020) obtiveram um valor maior para a

banana nanica osmoticamente desidratada com solução de água e sacarose e seca em micro-ondas, com valor de 4,83, assim como Faria et al. (2020), que realizaram desidratação osmótica (63 °Brix, por 12 h) seguida por secagem (24 h) de banana da terra fatiada em rodela nas espessuras de 0,5; 1,0; 1,5 mm, e obtiveram valores de pH de 5,23; 5,05 e 4,80, respectivamente, e Carvalho et al. (2020) que desidrataram pera com soluções osmóticas de 40, 55 e 70 °Brix e encontraram pH de 4,35, 4,40 e 4,29, respectivamente. Enquanto Ferreira e Freitas (2019) apresentaram pH de 3,88; 3,67; 3,18 para bananas-passas, sendo o valor da T2 pré-tratada com 0,5% de metabissulfito de sódio por 10 min próximo ao dos experimentos 1 (3,69) e 4 (3,68) que não diferiram estatisticamente entre si, assim como as amostras 3 e 6.

A acidez total titulável (ATT) das passas de caju apresentaram variação entre 0,43 (experimento 5) e 1,52% ácido cítrico (experimento 4), mostrando relação entre as espessuras dos cajus, com as passas das fatias com 5 mm com valores de ATT mais baixos que as com 10 mm. Observou-se que os experimentos de 1 a 4 secos a 50 °C tiveram a acidez maior que os experimentos de 5 a 8 secos a 60 °C. Apenas as amostras 6 e 8 apresentaram-se estatisticamente iguais pelo teste de Tukey. Ferreira e Freitas (2019) obtiveram ATT de 0,67% para a banana-passa elaborada sem pré-tratamento (T1), valor este, igual ao encontrado no experimento 7, os demais valores obtidos para as bananas com pré-tratamento foram maiores, sendo o T2 (cortes imersos em 0,5% de metabissulfito de sódio por 10 min) de 1,23%, menor apenas que o do experimento 4 e o T3, de 1,72%, o maior valor entre os experimentos, ressalta-se que esta foi a amostra elaborada com solução antioxidante de ácido cítrico (4%) e ácido ascórbico (1%), justificando assim sua maior acidez. Já Faria et al. (2020) encontraram valores de ATT de apenas 0,20; 0,21 e 0,22% para as bananas da terra, com 0,5; 1,0 e 1,5 mm de espessura, respectivamente, sendo inferiores ao dos cajus-passas.

Os sólidos solúveis totais destacaram-se mais nas amostras com 5 mm de espessura, com exceção das amostras 5 e 6. O experimento 7 apresentou o maior valor (32,02 °Brix) indicando ser o com maior índice de doçura, enquanto o experimento 2 apresentou apenas 17,09 °Brix e não diferiu estatisticamente dos experimentos 1, 3, 4, 5 e 8, sendo apenas o 6 e 7 diferentes. As amostras secas a 60 °C, por apresentarem maiores valores de SST que as com 50 °C, são mais indicadas para agradar ao sabor relativo ao maior teor de açúcares presente nos cajus-passas. Faria et al. (2020) encontraram valor de SST inferior para a banana da terra com 0,5 mm de espessura (15,23 °Brix), entretanto para as bananas com 1,0 e 1,5 mm, obtiveram os valores de

18,53 e 19,63 °Brix, respectivamente, semelhantes aos dos experimentos 1, 4 e 8. Enquanto Carvalho et al. (2020) descobriram valores de SST superiores para as peras desidratadas com soluções de sacarose de 40, 55 e 70 °Brix, obtendo SST nas peras de 41,58, 55,83 e 71,08 °Brix, respectivamente, o mesmo ocorreu com as passas de banana estudadas por Ferreira e Freitas (2019), os quais obtiveram 38, 57 e 54 °Brix para os experimentos T1 (amostra controle), T2 (cortes de bananas-passas em 0,5% de metabissulfito de sódio por 10 min) e T3 (bananas-passas imersas em solução antioxidante com ácido cítrico (4%) e ácido ascórbico (1%) por 10 min), respectivamente.

Com relação ao ratio, percebe-se que quanto maior a relação entre os açúcares e a acidez melhor o sabor do produto, sendo assim, observou-se que as amostras elaboradas com 5 mm de espessura em especial as secas a 60 °C, apresentaram os melhores valores, chegando a 47,97 no experimento 7 e 46,53 no experimento 5. Estes valores são maiores que as das passas de banana elaboradas por Ferreira e Freitas (2019), os quais obtiveram ratio de 46,35 e 31,40 nos seus experimentos pré-tratados com metabissulfito de sódio e com antioxidante de ácido cítrico (4%) e ácido ascórbico (1%), respectivamente. Já Faria et al. (2020) encontraram valores superiores para as bananas da terra, com 0,5 (76,89), 1,0 (89,05) e 1,5 mm (88,49). Estatisticamente constata-se que os experimentos 5 e 7 foram iguais e estão predispostas a terem qualidade sensorial e aceitação maiores.

Na Tabela 4.19 têm-se os resultados obtidos nas análises dos açúcares e valor energético das passas de caju.



**Tabela 4.19:** Valores médios dos açúcares totais, açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e valor energético dos cajus-passas.

Parâmetros	Experimentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Açúcares totais*	51,63 a ± 0,84	46,72 b ± 0,52	41,73 d ± 0,53	45,55 bc ± 1,43	52,69 a ± 0,86	44,66 bc ± 1,03	38,86 e ± 0,0	43,94 cd ± 0,65
AR*	46,77 a ± 1,13	42,25 b ± 0,30	34,29 d ± 0,24	28,23 e ± 0,19	29,03 e ± 1,01	41,60 b ± 0,65	34,37 d ± 0,82	37,99 c ± 0,74
ANR	4,62 cd ± 1,62	4,25 cd ± 0,33	7,07 c ± 0,59	16,45 b ± 1,48	22,48 a ± 1,13	2,91 d ± 1,59	4,26 cd ± 0,78	5,65 cd ± 1,08
Valor energético	314,83 b ± 1,53	310,60 b ± 3,05	326,36 ab ± 3,15	328,20 ab ± 3,64	313,28 b ± 3,15	322,45 ab ± 4,34	332,26 ab ± 2,06	336,62 a ± 3,33

\* Valores expressos em % glicose; AR – açúcares redutores; ANR – açúcares não redutores (% sacarose); Valor energético expresso em kcal/100 g. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O teor de açúcares totais (% glicose) não apresentou uma relação de aumento ou redução com o tamanho das espessuras dos cajus ou com as temperaturas de secagens empregadas, entretanto nota-se que os experimentos produzidos com a solução osmótica de 60 °Brix, 3, 4, 7 e 8, apresentaram valores menores que os com 40 °Brix. Observa-se que o experimento 5 apresentou o maior valor (52,69) e o 7, o menor (38,86), todos os resultados foram inferiores aos obtidos para as balas de gengibre elaboradas por Alam et al. (2018), que encontraram 62,62; 67,41 e 70,27% para a bala de gengibre chinês e 63,97; 65,53 e 69,12% para a bala com gengibre de Blangadesh, ambos os valores para as soluções de sacarose com 50, 60 e 70%, respectivamente. Houve grande variação estatística entre os valores obtidos.

No que diz respeito aos açúcares redutores (% glicose), quando analisados pela temperatura de secagem, verificou-se que para as passas secas a 50 °C, os AR foram maiores naquelas elaboradas com 5 mm de espessura, já para as que foram secas a 60 °C, as passas com 10 mm apresentaram os maiores valores. Não houve diferença estatística entre os experimentos 2 e 6, assim como entre 3 e 7 e ainda entre 4 e 5.

Com relação aos ANR, observa-se que os experimentos elaborados com a solução osmótica a 40 °Brix apresentaram maiores valores para as amostras de 5 mm, já para os com 60 °Brix, os maiores valores foram obtidos nas passas com 10 mm. As amostras 4 e 5 diferiram estatisticamente das demais por apresentarem valores mais

elevados, contudo estas amostras não apresentam nenhum parâmetro de espessura, desidratação ou secagem iguais em sua elaboração.

Destaca-se ainda que os ANR apresentaram valores inferiores aos AR, mesmo utilizando a sacarose na formulação dos cajus-passas. Gonçalves (2021) realizou a determinação de açúcares redutores em alimentos descrevendo que, entre os produtos estudados, os açúcares refinado e demerara, por terem a sacarose como sua principal composição deveriam ter tido o resultado predominantemente não redutor, no entanto, apresentaram resultado positivo para açúcar redutor, justificando que a pequena presença de glicose e frutose no produto comercial, ou ainda pelo fato do dissacarídeo (sacarose) poder ter sido hidrolisado no meio alcalino durante a análise produzindo assim a glicose, ocasionando este resultado. Acredita-se que o mesmo ocorreu durante o processo de elaboração das passas de caju.

Com relação ao valor energético, o mesmo variou de 310 (experimento 2) a 336 kcal/100 g (experimento 8). Viu-se que as amostras com 5 mm de espessura não diferiram estatisticamente entre si e em sua maioria apresentaram valores maiores que as com 10 mm. Valores energéticos inferiores foram determinados por Carvalho et al. (2020) para a pera desidratada com 40 (252,63 kcal/100 g), 55 (261,63 kcal/100 g) e 70 °Brix (296,69 kcal/100 g); e valores superiores foram verificados por Alam et al. (2018) para as balas com gengibres chinês e de Blangadesh com valores de 366,87 e 372,28 kcal/100 g, respectivamente, observando que ao aumentar a concentração da solução osmótica houve aumento do valor energético, por outro lado, conforme passou o tempo de armazenamento os valores reduziram.

Na Tabela 4.20 têm-se os resultados dos parâmetros de cor dos cajus-passas, na qual foram analisados a luminosidade ( $L^*$ ),  $+a^*$  (intensidade de vermelho),  $+b^*$  (intensidade de amarelo), croma (saturação da cor) e ângulo de tonalidade ou ângulo hue.

**Tabela 4.20:** Análise colorimétrica dos cajus-passas.

Parâmetros	Experimentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
L*	30,23 c ± 1,66	32,50 bc ± 1,25	36,30 ab ± 1,22	32,70 bc ± 2,76	32,46 bc ± 0,61	32,46 bc ± 2,32	36,60 ab ± 1,34	39,07 a ± 1,83
+a*	6,43 b ± 0,80	9,96 a ± 1,98	8,76 ab ± 1,58	9,30 ab ± 1,00	9,00 ab ± 0,26	11,96 a ± 1,53	10,56 a ± 0,91	9,80 ab ± 0,87
+b*	20,96 e ± 1,45	26,06 bcd ± 1,53	28,96 abc ± 0,71	26,06 bcd ± 2,76	23,36 de ± 1,00	25,53 cde ± 2,44	30,56 ab ± 1,86	33,43 a ± 1,20
Croma	21,93 d ± 1,60	27,93 bc ± 2,11	30,26 abc ± 0,28	27,66 bc ± 2,49	25,06 cd ± 0,96	28,23 bc ± 2,85	32,30 ab ± 2,06	34,86 a ± 0,97
Ângulo	72,90 a	69,30 ab	73,13 a ±	70,26 ab	68,86 ab	64,93 b ±	70,93 a ±	73,60 a
Hue (°)	± 0,92	± 2,83	3,25	± 3,26	± 1,09	1,00	0,60	± 1,65

L\* - Luminosidade; a\* - Intensidade de vermelho (+a\*); e b\* - Intensidade de amarelo (+b\*); Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Para a luminosidade, foram observados valores superiores a 30, sendo a menos luminosa a passa obtida no experimento 1 e a mais a do experimento 8, os experimentos de 2 a 7 não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não se constatou relação deste parâmetro com a concentração de solução osmótica, contudo, pode-se considerar que as passas produzidas com a secagem a 60 °C foram mais luminosas. Autores como Faria et al. (2020) obtiveram valores maiores em suas pesquisas de 44,73; 44,36 e 48,94 para a banana da terra cortada com 0,5; 1,0 e 1,5 mm de espessura e Ferreira e Freitas (2019) de 51,93; 56,74 e 56,17 para a banana nanica sem pré-tratamento e para as elaboradas após imersão em metabissulfito de sódio e em solução antioxidante com ácido cítrico (4%) e ácido ascórbico (1%).

O parâmetro a\* mostrou tendência da cor para a tonalidade vermelha, uma vez que apresentou apenas valores positivos, fato que pode ser explicado pela coloração da casca do caju que em sua maioria era sempre avermelhada. Observa-se que as fatias secas com 60 °C apresentaram valores maiores, assim como as com 10 mm de espessura com exceção apenas para o experimento 8. Os experimentos desenvolvidos com fatias de 10 mm não apresentaram diferença estatística entre si. Faria et al. (2020) descreveram valores de +a\* maiores para a banana da terra que variaram de 17,66 a 18,76, entretanto não apresentaram relação com a variação das espessuras (0,5 a 1,5 mm). Já Ferreira e Freitas (2019) apresentaram valores inferiores de +a\* para a banana nanica nos três tratamentos aplicados, com valores de 2,54, 3,86 e 3,61.

O parâmetro  $+b^*$  mostrou que a intensidade de amarelo é predominante e destaca-se como a cor da polpa do caju. Em geral, os experimentos com 10 mm de espessura, assim como os secos a 60 °C apresentaram os maiores valores. Houve grande variação estatística, porém sem relação com as espessuras ou temperaturas de secagem. Faria et al. (2020) obtiveram valores maiores de  $+b^*$  para a banana da terra com suas diferentes espessuras de 0,5 (49,34), 1,0 (48,27) e 1,5 mm (49,71). Já Ferreira e Freitas (2019) alcançaram valores aproximados aos dos cajus-passas para a banana nanica sem pré-tratamento com  $+b^*$  de 25,22 e a pré-tratada com solução antioxidante com valor de 25,62, semelhantes aos dos experimentos 2, 4 e 6, enquanto a pré-tratada com metabissulfito de sódio apresentou o valor de 31,27, próximo ao do experimento 7.

Os valores de croma ( $C^*$ ) variaram de 21,93 (exp. 1) a 34,86 (exp. 8), segundo Oliveira et al. (2019), a saturação croma determina o grau de diferença da cor cinza (pureza da cor), em que valores grandes são considerados mais saturados (pureza aumentada da cor predominante) e valores pequenos são menos saturados, logo observou-se que em sua maioria os experimentos com 10 mm e os secos a 60 °C apresentaram maior saturação. Os experimentos 2, 3, 4, 6 e 7 não apresentaram diferenças estatísticas entre si, assim como os 2, 3, 4, 5 e 6. Faria et al. (2020) verificaram menor saturação em bananas da terra e observaram relação de  $C^*$  com a espessura das bananas, de forma que conforme se aumentou a espessura, diminuiu-se a saturação, com os valores de 7,81, 7,77 e 7,65 para as espessuras 0,5, 1,0 e 1,5 mm, respectivamente. Ferreira e Freitas (2019) verificaram o valor de 10,20 para a banana nanica sem pré-tratamento, valor este inferior aos dos cajus-passas, e valor para a banana nanica pré-tratada com metabissulfito de sódio com valor de 33,12 semelhante aos dos experimentos 7 e 8 e a imersa em solução antioxidante com valor de 27,34, próximo aos dos experimentos 2 e 4.

Com relação ao ângulo de tonalidade (h) observa-se que foi consideravelmente elevado quando comparado aos obtidos para a banana da terra determinado por Faria et al. (2020) e para a banana nanica quantificado por Ferreira e Freitas (2019), os quais apresentaram valores que variaram de 1,21 a 1,27 e de 1,42 a 1,47, respectivamente. Analisou-se que para a maioria dos experimentos, aqueles com maior espessura das fatias (10 mm) o Ângulo Hue foi menor, fato também observado por Faria et al. (2020). Estatisticamente, apenas o experimento 6 diferiu dos demais, apresentando o menor valor (64,93) e indicando a tonalidade de um amarelo menos claro.

Na Tabela 4.21 têm-se os resultados obtidos para os compostos bioativos, importantes por serem antioxidantes naturais e ainda alguns deles, responsáveis pela pigmentação dos vegetais.

**Tabela 4.21:** Compostos bioativos do caju-passa.

Parâmetros	Experimentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ácido ascórbico	264,57 g ± 0,35	337,33 f ± 0,78	417,78 e ± 0,52	595,25 a ± 0,20	464,31 d ± 1,41	338,80 f ± 1,79	534,83 b ± 1,66	478,12 c ± 1,47
Flavonoides	12,87 c ± 0,03	13,51 b ± 0,01	15,77 a ± 0,02	12,44 d ± 0,05	12,98 c ± 0,05	13,31 b ± 0,02	7,05 e ± 0,21	6,61 f ± 0,17
Antocianinas	4,77 d ± 0,22	4,80 d ± 0,04	6,09 a ± 0,04	5,74 b ± 0,04	5,32 c ± 0,05	4,73 d ± 0,05	4,23 e ± 0,05	3,66 f ± 0,16
Carotenoides totais	0,11 g ± 0,5 E <sup>-3</sup>	0,29 a ± 0,5 E <sup>-3</sup>	0,16 e ± 1,3 E <sup>-3</sup>	0,18 d ± 0,2 E <sup>-3</sup>	0,22 c ± 0,7 E <sup>-3</sup>	0,28 b ± 0,7 E <sup>-3</sup>	0,12 g ± 2,6 E <sup>-3</sup>	0,12 f ± 5,8 E <sup>-5</sup>
Clorofila a	0,16 e ± 0,2 E <sup>-3</sup>	0,40 c ± 1,2 E <sup>-3</sup>	0,13 f ± 3,9 E <sup>-3</sup>	0,26 d ± 1,1 E <sup>-3</sup>	0,46 b ± 5,6 E <sup>-3</sup>	0,50 a ± 3,2 E <sup>-3</sup>	0,15 e ± 1,6 E <sup>-3</sup>	0,14 f ± 1,1 E <sup>-3</sup>
Clorofila b	0,28 e ± 1,0 E <sup>-3</sup>	0,66 b ± 2,0 E <sup>-3</sup>	0,24 f ± 5,0 E <sup>-3</sup>	0,38 d ± 2,0 E <sup>-3</sup>	0,58 c ± 8,0 E <sup>-3</sup>	0,75 a ± 5,0 E <sup>-3</sup>	0,21 g ± 3,0 E <sup>-3</sup>	0,25 f ± 2,0 E <sup>-3</sup>
Clorofilas totais	0,43 e ± 0,99	1,06 b ± 2,35	0,37 g ± 1,26	0,64 d ± 2,79	1,04 c ± 2,20	1,24 a ± 2,11	0,37 h ± 1,72	0,38 f ± 2,82

Valores expressos em mg/100 g. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Entre os compostos bioativos, o teor de ácido ascórbico (AA) foi majoritário para todas as passas de caju. Nas fatias secas a 50 °C foi obtida a maior concentração de AA nos experimentos com 10 mm de espessura (2 e 4), enquanto que nas secas a 60 °C, o destaque foi nos experimentos com 5 mm (5 e 7). Houve diferença significativa entre os experimentos, exceto para os experimentos 2 e 6. Monteiro et al. (2020) realizaram a desidratação osmótica de fatias de mamão papaia (5 mm) com soluções de sacarose e xilitol (50 °Brix) na proporção de 1:10 (amostra:solução) sob agitação de 100 rpm na temperatura de 30 °C, seguida por secagem em micro-ondas e obtiveram 29,75 e 20,94 mg/100 g para o mamão desidratado com xilitol e com sacarose respectivamente, valores estes, inferiores aos dos cajus-passas.

Com relação aos flavonoides, nota-se que os experimentos 1 e 5, assim como os 2 e 6, que foram desidratados osmoticamente a 40 °Brix, não apresentaram diferenças

estatísticas em seus valores, embora tenha-se mudado a espessura e a temperatura de secagem entre as amostras. Observou-se também que apresentaram maior valor deste composto fenólico, as amostras com 10 mm de espessura que foram desidratadas osmoticamente a 40 °Brix, enquanto as que foram desidratadas a 60 °Brix apresentaram maior valor que as de 5 mm.

As antocianinas apresentaram maiores valores nas amostras com 5 mm, contudo a análise estatística mostrou que os experimentos 2 e 6, ambos com 10 mm, foram iguais ao exp. 1, pelo teste de Tukey. Alves et al. (2018) estudaram a aceitabilidade sensorial e as características físico-químicas de morangos desidratados com diferentes tratamentos e relataram que durante o processo térmico pode ocorrer a degradação das antocianinas, contudo também descreveram que a adição de sacarose ao processo pode ter conservado e preservado as antocianinas em combinação com os agentes adicionados aos morangos desidratados, destacando ainda que os tratamentos que obtiveram maiores notas em relação à cor na análise sensorial foram aqueles que apresentaram teores mais elevados de antocianinas e de compostos fenólicos.

Os carotenoides foram os bioativos encontrados em menor proporção nas passas de caju. De maneira geral, apresentaram maior teor nas passas com 10 mm e nas secas a 50 °C, entretanto os valores dos experimentos 5 e 6, secos a 60 °C, apresentaram valores aproximados ao do experimento. 2, o qual teve o maior destaque. Estatisticamente, apenas os experimentos 1 e 7 não diferiram. Schweiggert et al. (2016) verificaram que a coloração vermelha e alaranjada da película de alguns cajus tem sido atribuída, principalmente, ao conteúdo de antocianinas e carotenoides, respectivamente.

Em relação às clorofilas, foi observado que as passas com 10 mm de espessura possuíam maior teor para as clorofilas a, b e totais e ainda que os experimentos 5 e 6, secos a 60 °C, apresentaram maiores valores para os três parâmetros em relação ao exp. 1 e 2 secos a 50 °C, sendo o experimento 6 o que apresentou maior teor de clorofilas. Estatisticamente, houve grande variação entre os valores obtidos. Ressalta-se que houve predominância da clorofila b em relação à clorofila a, fato também observado por Guerra-Ramírez et al. (2021) para a polpa de kiwi, em que obtiveram os valores de 6,5 e 2,79 mg/100 g para cultivar Hayward e 5,47 e 2,13 mg/100 g para a cultivar Tropical Highland, para a clorofila b e a, respectivamente. Macedo e Fernandes (2021) relataram que os teores de clorofila b foram 2,3 vezes superiores aos de clorofila a em 99 cultivares de cana-de-açúcar. Enquanto para produtos folhosos ocorre o inverso, como analisado por Dias et al. (2020), os quais apresentaram os valores referentes a clorofila a

e b de 0,0463 e 0,0162 mg/g para a alface, 0,0606 e 0,0254 mg/g para a rúcula e 0,0781 e 0,0354 mg/g para a cebolinha.

De maneira geral observa-se que a temperatura de 60 °C aumentou os teores de ratio, carboidratos, luminosidade, +a\*, +b\*, croma e carotenoides dos cajus-passas enquanto que a espessura de 10 mm elevou o conteúdo de cinzas, proteínas, lipídios (60 °C), pH, acidez total, AR (60 °C), +a\*, +b\*, croma, ácido ascórbico (50 °C), flavonoides (40 °Brix), carotenoides e as clorofilas a, b e totais. A espessura de 5 mm aumentou os valores de umidade, lipídios (50 °C), Aw, SST, ratio, AR (50 °C), valor energético, ângulo de tonalidade (h), ácido ascórbico (60 °C), flavonoides (60 °Brix) e antocianinas. Já a solução osmótica a 40 °Brix aumentou açúcares totais e os ANR (5 mm), enquanto a 60 °Brix elevou os ANR (10 mm).

A partir dos resultados de caracterização obtidos para os cajus-passas, foram escolhidos os experimentos secos a 60 °C (5, 6, 7 e 8) para análises microbiológicas e sensorial, onde foram observados que em relação à espessura, ambas mostraram destaque para diferentes parâmetros de interesse, contudo a maior temperatura de secagem provocou aumento em alguns parâmetros sendo o ratio, um dos mais importantes, pois aprimora as características sensoriais especialmente destacado nos experimentos 5 e 7.

#### **4.5 Análises microbiológicas**

Conforme indica a Instrução Normativa n° 60, de 23 de dezembro de 2019, a validação dos padrões microbiológicos de alimentos desidratados compreende as análises de *Salmonella*/25g, *Escherichia coli*/g e bolores e leveduras/g, tais resultados assim como os de coliformes totais e coliformes termotolerantes encontram-se na Tabela 4.22.

**Tabela 4.22:** Análises microbiológicas dos cajus-passas.

Parâmetros	Experimentos			
	5	6	7	8
Coliformes Totais (NMP/g)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Coliformes Termotolerantes (NMP/g)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
<i>Escherichia Coli</i> /g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
<i>Salmonella sp.</i> /25g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Bolores (UFC/g)	0	0	0	0
Leveduras (UFC/g)	0	0	0	0

NMP – número mais provável; UFC – unidade formadora de colônia

Observou-se que não foram encontrados microrganismos do grupo coliformes, além da ausência de *Escherichia Coli* e *Salmonella sp.* A contagem para Bolores e Leveduras foi de 0 UFC/g para cada repetição e para cada diluição em todas as amostras, resultando em uma contagem de 0 UFC/g para cada amostra de caju-passa. Logo, os resultados das análises microbiológicas demonstram a conformidade das amostras em relação à legislação da ANVISA (Instrução Normativa 60, de 23 de dezembro de 2019), indicando condições higiênicas e sanitárias adequadas e boas práticas durante a elaboração das passas, garantindo a segurança do alimento para consumo.

Coelho e Carreiro, (2017) realizaram a desidratação osmótica da cagaita para elaboração da passa com 22,7% de umidade, e descrevem que os resultados também foram negativos para bolores e leveduras, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Salmonella sp.*, destacando que tal fato se deveu ao método osmótico, que reduz a atividade de água dos alimentos, inibindo assim a atividade microbiana.

Fonseca et al. (2020) realizaram desidratação osmótica de palmito de pupunha com soluções compostas por 15% de sacarose + 10% de NaCl e 15% de NaCl + 10% de sacarose, seguida por secagem nas temperaturas de 50 e 70 °C, e também verificaram conformidade com a legislação para os parâmetros *Salmonella sp.*, coliformes totais e termotolerantes.



## 4.6 Análise sensorial

Após submissão ao Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Universitário Alcides Carneiro da Universidade Federal de Campina Grande / HUAC – UFCG obteve-se o parecer 4.872.498 favorável para execução (Apêndice E).

A análise foi realizada com 100 provadores não treinados, com idades entre 18 e 72 anos, de ambos os sexos, aos quais foi entregue a ficha com o teste de aceitação e intenção de compra, assim como o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), os modelos dos documentos encontram-se no Apêndice E.

Observam-se na Tabela 4.23 os resultados obtidos para cada atributo na análise de aceitabilidade dos caju-passas.

**Tabela 4.23:** Médias dos atributos sensoriais das passas de caju.

Atributos	Experimentos			
	5	6	7	8
Aparência	7,13 ab	7,0 ab	7,29 a	6,6 b
Cor	7,2 a	7,01 a	7,17 a	6,77 a
Odor	6,89 a	7,03 a	6,84 a	7,0 a
Textura	6,72 a	6,93 a	7,04 a	6,86 a
Sabor	7,2 a	7,28 a	7,41 a	7,11 a
Impressão global	7,28 a	7,25 a	7,46 a	7,14 a

Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Nota-se que a amostra de caju-passa do exp. 7, elaborada com 5 mm de espessura, desidratada em solução osmótica de 60 °Brix a 60 °C e seca a 60 °C apresentou os maiores valores para os atributos aparência, textura, sabor e impressão global, enquanto a amostra 5 apresentou os melhores valores de cor, e o 6, de odor, assim como a 8, ambas com espessura de 10 mm, mostrando que a maior espessura permitiu intensificar a percepção do odor por parte dos provadores.

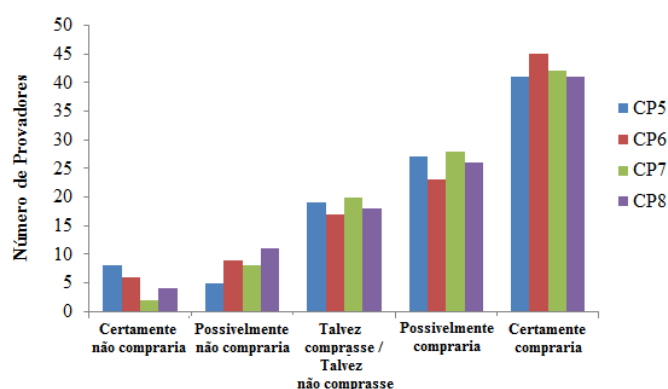
De maneira geral percebe-se que os experimentos 6 e 7 foram os que apresentaram notas acima de 7,0 para a maior parte dos atributos, representado na escala hedônica como “gostei moderadamente”, ficando menor apenas no odor para o experimento 7 e a textura para o 6, porém com notas acima de 6,0 que representa: “gostei ligeiramente”.

Com exceção do odor, o experimento 8 foi o que apresentou os menores valores para os atributos analisados. Contudo estatisticamente, não houve diferença significativa entre os experimentos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para os atributos cor, odor, textura, sabor e impressão global. Apenas para o atributo aparência houve diferença estatística entre os experimentos.

Os valores obtidos para as quatro opções de caju-passa na análise de aceitabilidade corresponderam na escala hedônica a “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, demonstrando uma boa aceitação.

As notas atribuídas aos cajus-passas foram maiores que as obtidas por Carvalho et al. (2020) que realizaram a desidratação osmótica de peras com as concentrações de 40, 55 e 70 °Brix na proporção fruta: xarope de 1:3 por 4 h, em que obtiveram médias que variaram entre 4,0 (“nem gostei, nem desgostei”) e 5,0 (“gostei ligeiramente”) nos atributos aparência, consistência, aroma, sabor e aspecto global. Ferreira e Freitas (2019) obtiveram valores semelhantes, com notas variando entre 6,0 e 7,0, para as bananas-passas elaboradas. Já Castro et al. (2018) desenvolveram goiaba-passa com diferentes concentrações de soluções osmóticas (40, 50 e 60 °Brix) e temperaturas de secagens (30, 40 e 50 °C), verificando resultados inferiores aos dos cajus-passas nos quesitos textura (4,70 a 6,98) e sabor (5,57 a 6,72), para o atributo aparência os valores foram semelhantes, de 7,14 e 7,19 para as goiabas desidratadas com 60 °Brix e 40 °Brix, respectivamente, a 30 °C, já para a cor os valores foram mais elevados.

Observa-se na Figura 4.7, o resultado para a intenção de compra dos cajus-passas.



**Figura 4.7:** Intenção de compra dos cajus-passas das formulações 5, 6, 7 e 8.

Em relação à intenção de compra, obteve-se as médias de 3,88, 3,92, 4,0 e 3,89 para as passas dos cajus dos experimentos 5 a 8, respectivamente, sendo que as notas variaram de 1 (certamente não compraria) a 5 (certamente compraria), mostrando um

valor médio maior para a amostra 7, entretanto conforme a Figura, a amostra 6 foi a que apresentou maior quantidade de notas 5 (certamente compraria), chegando a 45%, enquanto que o experimento 7 obteve 42%. No entanto, pode-se reafirmar a preferência dos provadores pelos cajus-passas dos experimentos 6 e 7, lembrando que ambos os experimentos foram desidratados e secos a 60 °C, sendo o 6 fatiado com 10 mm e desidratado a 40 °Brix, e o 7 com 5 mm e desidratado a 60 °Brix.

Também foram bem aceitas as passas de pera elaboradas por Carvalho et al. (2020), especialmente as desidratadas com a maior concentração osmótica (70 °Brix), enquanto Castro et al. (2018) mostraram a preferência dos provadores para os tratamentos obtidos na menor concentração de 40 °Brix. Já Ferreira e Freitas (2019) apresentaram menor aceitação das bananas-passas com maior quantidade de notas para “talvez comprasse”.

## CONCLUSÕES

O caju possui elevado teor de umidade e atividade de água. As cinzas estão conforme a literatura estudada. O pH e acidez total titulável revelam que o pseudofruto é ácido. Os valores de pH, ATT, SST e ácido ascórbico estão de acordo com a legislação brasileira. O ratio indica uma boa maturação e sabor. Os resultados de lipídios e valor energético foram baixos. As proteínas estão em conformidade com a TACO. Os carboidratos são maiores que os de outras polpas de frutas. A cor é luminosa, clara e amarela.

Foram produzidos 8 variações de caju-passas a partir da desidratação osmótica (40 e 60 °Brix a 40 e 60 °C sob agitação de 100 rpm) e secagem (50 e 60 °C) de fatias de caju com 5 e 10 mm de espessura.

O tempo de 90 min de desidratação osmótica é suficiente para remoção da água e incorporação de sacarose aos caju para as condições dos parâmetros de processo utilizados.

O tempo de secagem nas cinéticas das fatias de caju foi mais longo nos experimentos com maior espessura das fatias, menor concentração da solução osmótica, da temperatura de osmose e de secagem.

Maiores rendimentos ocorrem nas amostras com menor tempo de secagem.

Os modelos de Page, Silva et alii, Newton e Henderson e Pabis descreveram satisfatoriamente o comportamento das cinéticas de secagem.

Os experimentos com fatias desidratadas osmoticamente e com 5 mm de espessura apresentaram taxas de secagem decrescentes, enquanto os in natura e os com 10 mm inicialmente apresentaram taxas crescentes seguidas de decrescentes.

A condição de contorno do terceiro tipo é a mais adequada para descrever o processo das secagens de fatias de caju.

A umidade dos caju-passas não ultrapassou os 25% exigidos pela legislação, sendo os com 10 mm mais abundantes em teor de cinzas, proteínas, carboidratos e lipídios (60 °C), pH, acidez total titulável (ATT), valor energético, luminosidade, intensidade de vermelho (+a\*), intensidade de amarelo (+b\*), croma, ácido ascórbico (50 °C), carotenoides totais e clorofilas a, b e totais. Os caju-passas com 5 mm apresentam maiores teores de Aw, SST, ratio, ângulo hue e antocianinas. Não houve comportamento padrão para os açúcares totais, redutores, não redutores e flavonoides em relação à espessura das fatias.

A cor dos caju-passas apresentou pouca luminosidade com tonalidade predominante do amarelo e com a presença do vermelho.

Entre os bioativos, o ácido ascórbico é o mais abundante, seguido pelos flavonoides, antocianinas, clorofilas totais, b, a e carotenoides totais.

As análises microbiológicas mostraram que as passas estão aptas para consumo, conforme a legislação.

A análise sensorial das passas de caju mostrou boa aceitabilidade e intenção de compra.

## **SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

Realizar o estudo do armazenamento dos caju-passas e as análises de caracterização dos mesmos durante o período de armazenamento.

Realizar análise de textura instrumental dos caju-passas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. P.; DORNIER, M.; DIONISIO, A. P.; CARAIL, M.; VEYRAT, C. C.; MAYER, C. D. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: a focus on carotenoids. **Food Chemistry**, v. 138, p. 25-31, 2013.

ADOU, M.; TETCHI, F. A.; GBANE, M.; NIABA, P. V. K.; AMANI, N. G. Minerals composition of the cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) of Yamoussoukro, Cote d'Ivoire. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n. 12, p. 1109-1114, 2011.

AHMED, I.; QAZI, I. M.; JAMAL, S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. **Ciência Inovadora de Alimentos e Tecnologias Emergentes**, v. 34, p. 29-43, 2016.

AKINWALE, T. O. Cashew apple juice: its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. **European Food Research and Technology**, v. 211, n. 3, p. 205-207, 2000.

AKOTO, E. G. Utilization of some cashew by-products. **Nutrition and Food Science**, v. 41, p. 393-400, 2011.

ALAM, M. S.; KAMRUZZAMAN, M.; KHANOM, S. A. A.; PATOWARY, M. R. H.; ELANI, M. T.; HASANUZZAMAN, M.; PAUL, D. K. Quality evaluation of ginger candy prepared by osmotic dehydration techniques. **Food and Nutrition Sciences**, v. 9, n. 4, p. 376-389, 2018.

ALBUQUERQUE, T. L.; GOMES, S. D. L.; JÚNIOR MARQUES, J. E.; JÚNIOR SILVA, I. J.; ROCHA, M. V. P. Xylitol production from cashew apple bagasse by *Kluyveromyces marxianus* CCA510. **Catalysis Today**, v. 255, p. 33-40, 2015.

ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS N. C.; SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; BARROS, E. R.; CAVALCANTE, J. A.; QUEIROGA, A. P. R.; LUÍZ, M. R.; NASCIMENTO, A. R. B.; NUNES, J. S. Influência da espessura na cinética de secagem de fatias de beterraba. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, e18942940, 2020.

ALVES, V.; LUZ, F. R.; SCHWARZ, K.; VIEIRA, R. L. D.; BENNEMANN, G. D.; RESENDE, J. T. V. Aceitabilidade sensorial e características físico-químicas de morangos desidratados com diferentes tratamentos. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 13, n. 3, p. 745-763, 2018.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, Williams, S. (Ed) 17 ed. Arlington, 2002. 1141p.

APHA - American Public Health Association. **Compendium of methods for microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, , 2004.

ARAGÃO, P. P.; LOSS, R. A.; SILVA, S. S.; GUEDES, S. F. Avaliação do potencial de utilização de pré-tratamento osmótico na produção de manga desidratada. **Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, p. 161-173, 2017.

ARAL, S.; BEŞE A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. **Food Chemistry**, v. 210, p. 577-584, 2016.

ARAÚJO, M. N. T.; CASTRO, R. S.; RODRIGUES, A. C. S.; RÊGO, J. F.; UCHÔA, V. T. Avaliação do teor de vitamina C em polpas de acerola comercializadas em supermercados de Piri-piri-PI. **Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 59-68, 2017.

ASOGWA, E. U.; HAMMED, L. A.; NDUBUAKU, T. C. N. Integrated production and protection practices of cashew (*Anacardium occidentale*) in Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 25, p. 4868–4873, 2008.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, n. 6, p. 647-657, 2003.

AZEVEDO, D. C. S.; RODRIGUES, A. SMB chromatography applied to the separation/purification of fructose from cashew apple juice. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 17, n. 4, p. 507-516, 2000.

AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Optimization of osmotic dehydration of cashew apple (*Anacardium Occidentale* L.) in sugar solutions. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 6, p. 427-433, 2003.

AZOUBEL, P. M.; EL-AOUAR, A. A.; TONON, R. V.; KUROZAWA, L. E.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Effect of osmotic dehydration on the drying kinetics and quality of cashew apple. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 5, p. 980-986, 2009.

BARROS, E. M.; CARVALHO, V. M.; RODRIGUES, T. H. S.; ROCHA, M. V. P.; GONÇALVES, L. R. B. Comparison of strategies for the simultaneous saccharification and fermentation of cashew apple bagasse using a thermotolerant *Kluyveromyces marxianus* to enhance cellulosic ethanol production. **Chemical Engineering Journal**, v. 307, p. 939-947, 2017.

BARROS, L. M. **Árvore do conhecimento – Caju**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fi8wxjm202wyiv80z4s473zfkkt9.html>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

BARROS, E. R.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, V. M. A.; MUNIZ, C. E. S.; SILVA, R. A.; EDUARDO, R. S.; LUIZ, M. R.; PÊ, P. R.; ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C. Ajuste dos modelos matemáticos na cinética de secagem dos resíduos de uva cv. “Isabel”. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e8249108644, 2020.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.



BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A lipid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0272\\_22\\_09\\_2005.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0272_22_09_2005.html)>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Frutas secas ou dessecadas**. Resolução nº 12, de 1978. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12\\_78\\_frutas\\_secas.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_frutas_secas.htm)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

BRASIL. Portaria nº 58, de 30 de agosto de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 169, 1 de setembro de 2016, seção 1, p. 4.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ed. 249, 26 de dezembro de 2019, seção 1, p. 133.

BRUGNARA, E. C. Produção, época de colheita e qualidade de cinco variedades de amoreira-preta em Chapecó, SC. **Agropecuária Catarinense**, v.29, n. 3, p.71-75, 2016.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CARVALHO, I. R. A.; SILVA, L. M. G. E.; CAMPOS, R. P.; DONADON, J. R. Desidratação osmótica de peras: compostos bioativos e avaliação sensorial. **Multitemas**, v. 25, n. 60, p. 27-44, 2020.

CASTRO, D. S.; NUNES, J. S.; SILVA JÚNIOR, A. F.; AIRES, J. E. F.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P. Influência da temperatura no processo de desidratação osmótica de pedaços de goiaba. **Revista GEINTEC**, v. 4, n. 5, p. 1413-1423, 2014.

CASTRO, D. S.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; AIRES, J. E. F.; AIRES, K. L. C. A. F.; SILVA JUNIOR, A. F. Desenvolvimento e avaliação sensorial de goiaba-passa desidratada osmoticamente. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2016013, 2018.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento higroscópico da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017121, 2018.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Embrapa Cerrados Planaltina, DF, 2010.

CHANDRA, S.; KUMARI, D. Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, p. 552-561, 2015.

CHAYJAN, R. A.; KAVEH, M. Physical parameters and kinetic modeling of fix and fluid bed drying of terebinth seeds. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, p. 1307-1320, 2014.

CHIRALT, A.; FITO, P. Transport mechanisms in osmotic dehydration. The role of the structure. **Food Science and Technology International**, v. 9, p. 179-186, 2003.

CIURZYNSKA, A.; KOWALSKA, H.; CZAJKOWSKA, K.; LENART, A. Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food. **Trends in Food Science & Technology**, v. 50, p. 186-192, 2016.

COELHO, A. L. S.; CARREIRO, S. C. Avaliação microbiológica de frutos de cagaita (*Eugenia dysenterica*). **Acta Tecnológica**, v. 12, n. 1, 2017.

COIMBRA, L. M. P. L.; ARRUDA, H. A. S.; MACHADO, E. C. L.; SALGADO, S. M.; ALBUQUERQUE, S. S. M. C.; ANDRADE, S. A. C. Coeficientes de difusão de água e sacarose durante a desidratação osmótica de sapoti. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, 2017.

CORREA, J. L. G.; ERNESTO, D. B.; MENDONÇA, K. S. Pulsed vacuum osmotic ^ dehydration of tomatoes: sodium incorporation reduction and kinetics modeling. **LWT - Food Science and Technology**, v. 71, p. 17-24, 2016.

CRANK, J. (1992). **The mathematics of diffusion**, Clarendon Press, Oxford, UK, 414 p.

CUNHA, A. G.; BRITO, E. S.; MOURA, C. F. H.; RIBEIRO, P. R. V.; MIRANDA, M. R. A. UPLC–qTOF-MS/MS-based phenolic profile and their biosynthetic enzyme activity used to discriminate between cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) maturation stages, **Journal of Chromatography B**, v. 1051, p. 24-32, 2017.

DARVISHI, H.; ASL, A. R.; ASGHARI, A.; AZADBAKHT, M.; NAJAFI, G.; KHODAEI, J. Study of drying kinetics of pepper. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 2, p. 130-138, 2014.

DAS, I; AMORA, A. Post-harvest processing technology for cashew apple – A review. **Journal of Food Engineering**, v. 194, p. 87-98, 2017.

DEENANATH, E. D.; RUMBOLD, K.; DARAMOLA, M.; FALCON, R.; IYUKE, S. Evaluation of physicochemical properties of South African cashew apple juice as a biofuel feedstock. **Scientifica**, v. 2015, 2015. 9p.

DEFRAEYE, T.; RADU, A. Convective drying of fruit: A deeper look at the air-material interface by conjugate modeling. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 108, Part. B, p. 1610-1622, 2017.

DEFRAEYE, T.; VERBOVEN, P. Convective drying of fruit: Role and impact of moisture transport properties in modelling. **Journal of Food Engineering**, v. 193, p. 95-107, 2017.

DELGADO, T.; RAMALHOSA, E.; PEREIRA, J. A.; CASAL, S. Avaliação das propriedades nutricionais e sensoriais de snacks de castanha (*Castanea sativa* Mill.). **Riscos e Alimentos**, n. 11, p. 32-36, 2016.

DIAS, L. A.; SILVEIRA, P. H. A. M.; OMURA, S. S.; GARCIA, B.; OLIVEIRA, R. E. V.; PEREIRA, M. S. C. Determinação de Teores de Clorofilas e Carotenoides em Alface, Rúcula e Cebolinha. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3100-3107, 2020.

DRAKE, M. A. Invited review: Sensory analysis of dairy foods. **Journal of Dairy Science**, v. 90, ed. 11, p. 4925-4937, 2007.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007.

FALADE, K. O.; AKINWALE, T. O.; ADEDOKUN, O. O. Effect of drying methods on osmotically dehydrated cashew apples. **European Food Research and Technology**, v. 216, n. 6, p. 500–504, 2003.

FALADE, K. O.; IGBEKA, J. C.; AYANWUYI, F. A. Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 979-985, 2007.

FARIA, M. M. L.; SOARES, S. B. D. VIEIRA, D. A. P. Desidratação osmótica e convencional de banana da terra (*Musa sapientum*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 86506-86518, 2020.

FARIAS, R. P.; SILVA, W. P.; MAGALHÃES, H. L. F.; LIMA, W. M. P. B.; GOMEZ, R. S.; LIMA, E. S.; SILVA, S. K. B. M.; LIMA, A. G. B. Estudo teórico e experimental da secagem de banana inteira em estufa. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e6991110093, 2020.

FAVA, A. R. **FEA é a referência em melhoria de alimentos**. Disponível em: [http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/abril2004/ju249pag4a.html](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2004/ju249pag4a.html)> Jornal da Unicamp. Acesso em: 24/10/2017.

FERNANDES, L. M. S.; VIEITES, R. L.; LIMA, G. P. P.; BRAGA, C. L.; AMARAL, J. L. Caracterização do fruto de pitaia orgânica. **Biodiversidade**, v. 16, n. 1, p. 167-178, 2017.

FERREIRA, T. H. B.; FREITAS, M. L. F. Production, physical, chemical and sensory evaluation of dried banana (*Musa cavendish*). **Emirates Journal of Food and Agriculture**. v. 31, n. 2, p. 102-108, 2019.

FIGIEL, A. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and 34 vacuum-microwave methods. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 4, p. 461–470, 2010.

FIGUEIREDO, R. W. D.; LAJOLO, F. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Physical- chemical changes in early dwarf cashew pseudo fruits during development and maturation. **Food Chemistry**, v. 77, p. 343-347, 2002.

FRANCIS, F.J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. (Ed). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.

FONSECA, G. V. M.; VASCONCELOS, A. B. C. P.; RAMOS, G. D. M.; RODRIGUES, A. R. P. Desidratação osmótica de palmito de pupunha seguido de secagem como alternativa de renda para pequenos produtores. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p 12590-12601, 2020.

FONTELES, T. V.; LEITE, A. K. F.; SILVA, A. R. A.; CARNEIRO, A. P. G.; MIGUEL, E. C.; CAVADA, B. S.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Ultrasound processing to enhance drying of cashew apple bagasse puree: Influence on antioxidant properties and in vitro bioaccessibility of bioactive compounds. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 31, p. 237-249, 2016.

FONTES, C. P. M. L.; SILVEIRA, M. S.; GUILHERME, A. A.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Substitution of yeast extract by ammonium sulfate for mannitol production in cashew apple juice. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 2, p. 69–75, 2013.

GADELHA, A. J. F.; ROCHA, C. O.; VIEIRA, F. F.; RIBEIRO, G. N. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químico s de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 115-118, 2009.

GAZOLA, M. B.; PEGORINI, D.; LIMA, V. A.; RONCATTI, R.; TEIXEIRA, S. D.; PEREIRA, E. A. Elaboração e caracterização de bebidas à base de extrato hidrossolúvel de soja com polpa de pitanga, amora e mirtilo. **Boletim do CEPPA**, v. 34, n. 2, p. 1 – 14, 2016.

GERMER, S. P. M.; QUEIROZ, M. R.; AGUIRRE, J. M.; BERBARI, S. A. G.; ANJOS, V. D. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 161-169, 2011.

GEROMEL, L. B.; FREITAS, I. R. Aplicação da energia de micro-ondas para secagem da banana nanica (*Musa acuminata* 'Dwarf Cavendish') submetida ao processo de osmose. **Colloquium Exactarum**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2020.

GONÇALVES, T. M. Determinação de açúcares redutores em alimentos do cotidiano por meio de uma aula prática no ensino médio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 22940-22954, 2021.

GUERRA-RAMÍREZ, D.; LUCAS, M. G.; SALGADO-ESCOBAR, I.; CRUZ-CASTILLO, L. G. Características físico-químicas y funcionales de la fruta kiwi en una zona tropical de altura en México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, V. 44, n. 1, p. 103 - 106, 2021.

GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. Valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima verbascifolia*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 817-821, 2008.

GUIMARÃES, A. G.; OLIVEIRA, C. M.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. D. Qualidade físicas e químicas de morango passa em diferentes embalagens. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, ed. 4, p. 306-316, 2014.

HAMMED, L. A.; ANIKWE, J. C.; ADEDEJI, A. R. Cashew nuts and production development in Nigeria. **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, v. 3, n. 1, p. 54-61, 2008.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAŞ, H. MASKAN, M. Effects of hybrid (microwave-convectional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. **Food Chemistry**, v. 230, p. 295-305, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola, Estatística da produção agrícola – Dezembro de 2019**. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2019\\_dez.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_dez.pdf)>. Acesso em 03 fev 2021.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª edição, 1ª Edição Digital, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JAYALEKSHMY, V. G.; JOHN, P.S. Sago- A natural product for cashew apple juice clarification. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 42, p. 67-68, 2004.

JESUS, S. C.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S.; CARDOSO, R. L. Avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 573-579, 2005.

KHAN, M. R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation- A review. **Pakistan Journal of Food Sciences**, v. 22, n. 2, p. 71-85, 2012.

LAND, L. R. B.; BORGES, F. M.; BORGES, D. O.; PASCOAL, G. B. Composição centesimal, compostos bioativos e parâmetros físico-químicos da mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec) proveniente do Cerrado Mineiro. **Demetra**, v. 12, n. 2, p. 509-518, 2017.

LANE, J. H.; EYNON, L. **Determinação de açúcares redutores por solução de Fehling com indicador de azul de metileno**. N. Rodger, Londres, 8p. 1934.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 4, p. 153-163, 2006.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigment photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymology**, v. 148, p. 362-385, 1987.

LIMA, J. S. S.; CASTRO, J. M. C.; SABINO, L. B. S.; LIMA, A. C. S.; TORRES, L. B. V. Physicochemical properties of gabiroba (*Campomanesia lineatifolia*) and myrtle (*Blepharocalyx salicifolius*) native to the mountainous region of Ibiapaba-CE, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 753 – 757, 2016.

LOMBARD, G. E., OLIVEIRA, J. C., FITO, P., & ANDRES, A. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. **Journal of Food Engineering**, v. 85, p. 277-284, 2008.

LOPEZ, I. I. R.; MORA, I. R. H.; VERA, M. A. V.; SANCHEZ, C. E. M.; LARA, E. H. Effect of osmotic dehydration on air-drying characteristics of chayote. **Drying Technology**, v. 28, p. 1201-1212, 2010.

LOPEZ, I. I. R.; ESPINOSA, H. R.; LARA, E. H.; CASTILLO, G. Z. Modeling of kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydrated carambola (*Averrhoa carambola* L.) in sugar solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 104, p. 218-226, 2011.

LOWOR, S. T.; AGYENTE-BADU, C. K. Mineral and proximate composition of cashew apple (*Anacardium Occidentale* L.) juice from northern savannah, forest and coastal savannah regions in Ghana. **American Journal Food Technology**, v. 4, p. 154-161, 2009.

LUIKOV, A. V. **Analytical heat diffusion theory**. Academic Press, Inc. Ltd, London, 685 p. 1968.

MACEDO, P. M. S.; FERNANDES, E. C. Análise de pigmentos e carotenoides como biomarcadores em cana-deaçúcar. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 30633-30641, 2021.

MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, L. M. Estudo cinético da secagem do pedúnculo de caju e um secador convencional. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 36-42, 2010.

MACHADO, A. V.; SOUZA, J. A.; NOVAES, R. S. Estudo cinético da secagem da uva Isabel para produção de uva passa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 47 - 51, 2015.

MALISKA, C. R. **Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional**. Rio de Janeiro: LTC Editora S.A., 2013. 453p.

MARIANO, F. A. C.; BOLIANI, A. C.; NASSER, M. D.; TARSITANO, M. A. A.; PAGLIARINI, M. K. Produção de mangaba em passa como alternativa de renda para agricultura familiar. **Informações Econômicas**, v. 43, n. 5, p. 53-58, 2013.

MARQUES, L. F.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C; NUNES, L. S.; COSTA, T. L.; COSTA, P. B. S.; DUARTE, S. T. G. Secagem precedida de desidratação osmótica de pseudofruto de caju: comparação entre modelos matemáticos aplicados. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 161-170, 2007.

MARTIN, P. J.; TOPPER, C. P.; BASHIRU, R. A.; BOMA, F.; WAAL, D.; HARRIES, H. C.; KASUGA, L. J.; KATANILA, N.; KIKOKA, L. P.; LAMBOLL, R.; MADDISON, A. C.; MAJULE, A. E.; MASAWA, P. A.; MILLANZI, K. J.; NATHANIELS, N. Q.; SHOMARI, S. H.; SIJAONA, M. E.; STATHERS, T. Cashew nut production in Tanzania: Constraints and progress through integrated crop management. **Crop Protection**, v. 16, n. 1, p. 5-14, 1997.

MEDEIROS, R. A.; FARIAS, V. S. O.; OLIVEIRA, T. M. Q.; SILVA JÚNIOR, A. F.; LIMA, A. R. N.; PEREIRA, M. T. L.; FRANCO, C. M. R.; ATAÍDE, J. S. P. Comportamento da secagem de sementes de melão (*Cucumis Melo* L.) em camada fina usando modelos empíricos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 64001-64009, 2020.

MENDONÇA, K. S.; CORREA, J. L. G.; JESUS, J. R.; PEREIRA, M. C. A.; VILELA, M. B. Optimization of osmotic dehydration of yacon slices. **Drying Technology**, v. 34, n. 4, p. 386-394, 2016.

MENEZES, P. E.; DORNELLES, L. L.; FOGAÇA, A. O.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Composição centesimal, compostos bioativos, atividade antioxidante e caracterização fenólica da polpa de goiaba. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências da Saúde**, v. 17, n. 2, p. 205-217, 2016.

MENEZES, P. H. S.; SOUZA, A. A.; SILVA, E. S.; MEDEIROS, R. D.; BARBOSA, N. C.; SORIA, D. G. Influência do estágio de maturação na qualidade físicoquímica de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 1, p. 73 – 78, 2017.

MERCALI, G. D.; KECHINSKI, C. P.; COELHO, J. A.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. Estudo da transferência de massa durante a desidratação osmótica de mirtilo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 2, p. 91-97, 2010.

MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; LECH, K. ŁYSIAK, G.; FIGIEL, A. Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying Technologies. **Food Chemistry**, v. 207, p. 223-232, sep. 2016.

MICHODJEHOUN-MESTRES, L.; SOUQUET, J. M.; FULCRAND, H.; BOUCHUT, C.; REYNESA, M. ; BRILLOUET, J. M. Monomeric phenols of cashew apple (*Anacardium Occidentale* L.). **Food Chemistry**, v. 112, p. 851–857, 2009.

MONTEIRO, S. S.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; PEREIRA, E. M. Desidratação osmótica de fatias de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 2, p. 183-192, 2020.

MORAES, F. P.; SILVA, E. S.; ROCHA, P. M.; FERNANDES, T. R. N.; VIDAL, R. H. L.; CORREIA, R. T. P. Impacto da secagem convectiva sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante do resíduo de caju (*Anacardium Occidentale* L.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20, 2014, **Anais...** Florianópolis. Acesso em: 31 mar. 2019.

MOREIRA, I. S.; SILVA, W. P.; CASTRO, D. S.; SILVA, L. M. M.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Production of kiwi snack slice with different thickness: Drying kinetics, sensory and physicochemical analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 05, p. 778-787, 2018.

MOUNIR, S. Texturing of chicken breast meat as an innovative way to intensify drying: Use of a coupled washing/diffusion CWD phenomenological model to enhance kinetics and functional properties. **Drying Technology**, v. 33, n. 11, p. 1369-1381, 2015.

MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 141-148, 2007.

MUSA, C. I.; WEBER, B.; GONZATTI, H. C.; BIGUELINI, C. B.; SOUZA, C. F. V.; OLIVEIRA, E. C. Avaliação do teor de Vitamina C em morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS. **Ciência e Natura**, v. 37 n. 2, p. 368 – 373, 2015.

NAKA, T.; KOUAKOU, M. D.; SOUMAILA, D.; PATRICE, K. L. Assessment of some biochemical parameters of apple juices from two cashew varieties as affected by three regions of Côte d'Ivoire. **Journal of Advances in Agriculture**, v. 5, n. 2, p. 621-633, 2015.

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**. 4ª ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 161 p., 2011.

NEVES, W. B. P.; CARMO, S. K. S.; PALÁCIO, C. M.; MELO, R. P. F. Caracterização físico-química do caju obtido na região do oeste potiguar. **Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 5, n. 2, 2016.

NOGUEIRA, C. G. S. **Análise sensorial de produtos têxteis**. 2011. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Têxtil) – Universidade do Minho Escola de Engenharia, Jun. 2011.

O'CALLAGHAN, J. R.; MENZIES, D. J.; BAILEY, P. H. Digital simulation of agricultural dryer performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.16, n.3, p. 223-244. 1971.

OLIVEIRA, M. M. DE; CAMPOS, A. R. N.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi (*Ananas comosus* L. Mer). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 565-569, 2005.

OLIVEIRA, N. D.; ARAÚJO, M. G. G.; PONTES, E. D. S.; PIOVESAN, N.; BOEIRA, C. P.; FLORES, D. C. B.; ELIAS, D. P.; VIERA, V. B. Composição centesimal de fruta amazônica. **International Journal of Nutrology**, v. 11, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, V. F.; SILVA, F. G.; RESENDE, E. C.; PEREIRA, P. S.; SILVA, F. H. L.; EGEA, M. B. Physicochemical characterization of 'Cerrado'cashew (*Anacardium othonianum* Rizzini) fruits and pseudofruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, p. 6199-6208, 2019.



OYEYINKA, S. A.; ADE-OMOWAYE, B. I. O.; KARIM, O. R. Some selected chemical composition and sensory evaluation of jam prepared from osmo-dehydrated cashew apple. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8, n. 1, p. 1-3, 2009.

ÖZDEMİR, M. B.; AKTAŞ, M.; ŞEVİK, S.; KHANLARI, A. Modeling of a convective-infrared kiwifruit drying process. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, p. 18005-18013, 2017.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer**. 1949. (Thesis Master's) - Purdue University, EUA, 1949.

PATANKAR, S. V. Numerical heat transfer and fluid flow. New York: Hemisphere Publishing Cooperation, 1980. 197p.

PATIL, M. M.; KALSE, S. B.; JAIN, S. K. Osmo-convective drying of onion slices. **Research Journal of Recent Sciences**, v. 1, p. 51-59, 2012.

PÊ, P. R.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, F. L. H.; SILVA, D. R. S.; SILVA, G. S.; CASTRO, D. S. Avaliação das características físico-químicas do mamão 'Formosa' in natura, osmodesidratado e seco. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 9, n. 3, p. 17 – 21, 2015.

PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 4, p. 1216-1217, 1988.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G.; VILAS BOAS, E. V. B.; PEREIRA, R. J. Aspectos de qualidade e composição centesimal dos frutos de *Syzygium cumini* (L.) Skeels e *Syzygium paniculatum gaertn.* **Revista Cereus**, v. 7, n. 1, p. 60 - 74, 2015.

PESSOA, T.; AMARAL, D. S.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; GURJÃO, F. F. Avaliação sensorial de goiabas passas obtida por técnicas combinadas de desidratação osmótica e secagem. **Holos**, v. 27, p. 137-147, 2011.

PHISUT, N. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 1, p. 7-18, 2012.

PROSAPIO, V.; NORTON, I. Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 401-408, 2017.

RAKCEJEVA, T.; GALOBURDA, R.; CUDE, L.; STRAUTNIECE, E. Use of dried pumpkins in wheat bread production, **Procedia Food Science**, v. 1, p. 441-447, 2011.

RIBEIRO, A. S. C.; OLIVEIRA, E. A.; MALDONADO, R. R. Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensory quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 72, p. 407e415, 2016.

RIBEIRO, C. L.; LACERDA, G. E.; PIRES, C. R. F.; NASCIMENTO, G. N. L.; PEREIRA, R. J. Composição centesimal e aspectos físico-químicos dos frutos da bacaba (*Oenocarpus distichus mart.*). **Revista Cereus**, v. 9, n. 3, p. 153-170, 2017.

RIVA, M.; CAMPOLONGO, S.; LEVA, A. A.; MAESTRELLI, A.; TORREGGIANI, D. Structure-property relationship in osmo-air-dehydrated apricot cubes. **Food Research International, Barking**, v. 38, p. 533-542, 2005.

RIZZOLO, A.; GERLI, F.; PRINZIVALLI, C.; BURATTI, S.; TORREGGIANI, D. Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries (cv *Camarosa*): influence of osmotic solution composition and processing time. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 529-535, 2007.

ROCHA, M. V. P.; RODRIGUES, T. H. S.; ALBUQUERQUE, T. L.; GONÇALVES, L. R. B.; MACEDO, G. R. Evaluation of dilute acid pretreatment on cashew apple bagasse for ethanol and xylitol production. **Chemical Engineering Journal**, v. 243, p. 234-243, 2014.

RODRÍGUEZ, Ó.; GOMES, W. F.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Effect of indirect cold plasma treatment on cashew apple juice (*Anacardium occidentale L.*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 84, p. 457-463, 2017.

SÁ, N. S.; CAMILO, Y. M. V.; DAMASCENO, G. D. B.; NASCIMENTO, L. M. Caracterização pós-colheita de variedades de caqui produzidas no Cerrado de Goiás. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 42, p. 324-327, 2018.

SANTOS, R. P.; SANTIAGO, A. A. X.; GADELHA, C. A. A.; CAJAZEIRAS, J. B.; CAVADA, B. S.; MARTINS, J. L.; OLIVEIRA, T. M. BEZERRA, G. A.; SANTOS R. P.; FREIRE, V. N. Production and characterization of the cashew (*Anacardium occidentale L.*) peduncle bagasse ashes. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p. 1432-1437, 2007.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N.; ROCHA, A. P. T. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 2, p. 1875-1887, 2015.

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

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. L. J.; MONTEIRO, S. S.; NASCIMENTO, A. P. S.; SILVA, V. M. A.; GOMES, J. P.; LUÍZ, M. R.; VIEIRA, D. M. Avaliação da degradação dos compostos bioativos do fruto physalis (*P. peruviana*) durante o processo de secagem. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2020.

SCHWEIGGERT, R. M.; VARGAS, E.; CONRAD, J.; HEMPEL, J.; GRAS, C. C.; ZIEGLER, J. U.; MAYER, A.; JIMENEZ, V.; ESQUIVEL, P.; CARLE, R. Carotenoids, carotenoid esters, and anthocyanins of yellow-, orange-, and red-peeled cashew apples (*Anacardium occidentale L.*). **Food Chemistry**, v. 200, p. 274-282, 2016.

SCOGNAMIGLIO, H. **Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo.** Disponível em: < <https://acifaacunesp.com/2017/09/17/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

SHI, J. J. Osmotic Dehydration of Foods. **Food Drying Science and Technology: Microbiology, Chemistry, Applications**, Pennsylvania, USA, p. 275-295, 2008.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; LIMA, E. E.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Drying kinetics of coriander (*Coriandrum sativum*) leaf and stem. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.6, n.1, p.13-9, 2008.

SILVA, W.P.; SILVA, C. M. D. P. S. **LAB Fit Curve Fitting Software, V.7.2.50.** Disponível em: <[www.labfit.net](http://www.labfit.net)>. Acesso em Abril de 2020. 2009a.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. **Convective Adsorption-Desorption Software**, (2009b). Disponível em: <<http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Convective.htm>>. Acesso em: Abril de 2020.

SILVA, W.P.; SILVA, C. M. D. P. S. **Prescribed Adsorption-Desorption Software**, (2009c). Disponível em: <<http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Prescribed.htm>>. Acesso em: Abril de 2020.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; GAMA, F. J. A.; GOMES, J. P. Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 13, p. 67-74, 2014.

SILVA, C. D. M.; PIRES, C. R. F.; LIMA J. P.; PEREIRA, A. S.; SILVA, C. A. Desidratação osmótica para obtenção de cagaita passa. **Journal of Bionergy and Food Science**, v. 2, n. 4, p. 226-233, 2015.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3733-3740, 2016.

SILVA, M. I.; MELO, I. L. F.; ALVES, T. L.; MARTINS, J. N.; RIBEIRO, M. C. M.; SOUSA, F. C. Avaliação físico-química de bananas (*Musa sapientum* cultivar Prata) desidratadas **Revista Semiárido De Visu**, v.5, n.2, p. 73-79, 2017.

SILVEIRA, M. S.; FONTES, C. P.; GUILHERME, A. A.; FERNANDES, F. A.; RODRIGUES, S. Cashew apple juice as substrate for lactic acid production. **Food Bioprocess Technology**, v. 5, p. 947-953, 2012.

SILVINO, R. C. A. S.; SILVA, G. C. T.; SANTOS, O. V. Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (*Spondias mombin* L.). **Revista Desafios**, v. 4, n. 2, 2017.

SOUSA, P. H. M. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 414-416, 2003.

SOUSA, S. F.; SILVA, F. B.; ARAÚJO, A. C.; GOMES, J. P. Determinação das propriedades físicas e físico-químicas de pêssegos cultivar Rubimel. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 12, n. 2, p. 2627-2644, 2018.

SOUZA, M. S. S.; COSTA, R. A.; CHAVES, A. C. S. D.; NUNES, T. P.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. Desenvolvimento e Avaliação de Passas de Jaca Obtidas por Desidratação Osmótica Seguida de Secagem Convectiva . **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, n. 2, p. 89-94, 2011.

STONE, H.; SIDEL, J. L; **Sensory evaluation practices**. California-USA; Elsevier Academic Press; 2004.

TALASILA, U.; SHAIK, K. B. Quality, spoilage and preservation of cashew apple juice: A review. **J. Food Science and Technology**, v. 52, n. 1, p. 54-62, 2015.

TAVONE, L. A. S.; ARÉVALO, C. R. B.; PINEDO, A. A.; MALDONADO, C. A. B.; CORTEZ-VEGA, W. R.; PIZATO, S.; PINEDO, R. A. Comparação de modelos matematicos da cinética de secagem de banana pão/sapo em estágio verde de maturação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35611-35622, 2020.

TORTOE, C. A review of osmodehydration for food industry. **African Journal of Food Science**, v. 4, n. 6, p. 303-324, 2010.

TREVISAN, M. T.; PFUNDSTEIN, B.; HAUBNER, R.; WÜRTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, H.; OWEN, R. W. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 44, n. 2, p. 188-197, 2006.

UNAL, H. G.; SACILIK, K. Drying characteristics of hawthorn fruits in a convective hot-air dryer. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, p. 272-279, 2011.

VIANA, E. S.; REIS, R. C.; SENA, L. O.; SANTOS JUNIOR, M. B.; SILVA, P. N. R. Produção de bananas-passa com frutos de variedades melhoradas e avaliação da qualidade físico-química e sensorial. **Boletim CEPPA**, v. 35, n. 1, p. 1-10, 2017.

WACK, A. L. R. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 5, 255-260, 1994.

WANG, C. Y.; SINGH, R. P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. **Transaction of ASAE**, v. 11, p. 668-672, 1978.

ZANOELO, E. F.; CELSO, G. M. D.; KASKANTZIS. Drying kinetics of mate leaves in a packed bed dryer. **Byosystems Engineering**, v. 96, n. 4, p. 487- 494, 2007.

ZAPATA, L. M.; CASTAGNINI, J. M.; QUINTEROS, C. F.; VEUTHEY, M. J. Drying kinetics modeling of apple and zucchini slices vacuum impregnated with anthocyanins. **Ciência Rural**, v.49, n. 10, p; 1-8, 2019.

ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P (Org). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

## APÊNDICE

Nesta seção serão apresentados os valores das cinéticas obtidas para cada experimento de desidratação osmótica e cinética de secagem, assim como os gráficos referentes às cinéticas e taxas de secagem para os modelos estudados.

Como já havia sido mencionado nas seções 3.2.2 (desidratação osmótica) e 3.2.3 (Secagem) foram realizados oito experimentos distintos em triplicata, dos quais foram obtidas suas respectivas médias aritméticas.

### A. Desidratação osmótica

Os valores obtidos durante os experimentos de desidratação osmótica podem ser observadas nas Tabelas A.1, A.3, A.5 e A.7 para os pseudofrutos fatiados com 5 mm de espessura e nas Tabelas A.2, A.4, A.6 e A.8 para os pseudofrutos fatiados com 10 mm de espessura.

#### 1. Experimento 1

**Tabela 0.1:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 40 °C e 40 °Brix.

<b>Tempo (min)</b>	<b>QA (%)</b>	<b>QS (%)</b>
<b>0</b>	100,000	0,000
<b>10</b>	81,587	47,686
<b>20</b>	76,700	52,706
<b>30</b>	75,388	59,613
<b>50</b>	72,718	70,209
<b>70</b>	72,537	74,257
<b>90</b>	70,551	85,981
<b>110</b>	67,872	75,868
<b>150</b>	67,002	78,388
<b>190</b>	65,291	79,872
<b>230</b>	62,877	79,367
<b>300</b>	61,462	77,387

## 2. Experimento 2

**Tabela 0.2:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 40 °C e 40 °Brix.

<b>Tempo (min)</b>	<b>QA (%)</b>	<b>QS (%)</b>
<b>0</b>	100,000	0,000
<b>10</b>	85,890	26,549
<b>20</b>	80,607	30,821
<b>30</b>	77,804	42,352
<b>50</b>	75,535	45,486
<b>70</b>	75,286	48,270
<b>90</b>	72,891	70,600
<b>110</b>	72,395	72,417
<b>150</b>	70,169	92,407
<b>190</b>	70,083	92,277
<b>230</b>	68,439	98,767
<b>300</b>	68,712	67,314

## 3. Experimento 3

**Tabela 0.3:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 40 °C e 60 °Brix.

<b>Tempo (min)</b>	<b>QA (%)</b>	<b>QS (%)</b>
<b>0</b>	100,000	0,000
<b>10</b>	52,498	54,230
<b>20</b>	47,935	57,898
<b>30</b>	41,472	54,654
<b>50</b>	34,183	59,070
<b>70</b>	30,487	66,851
<b>90</b>	28,031	57,077
<b>110</b>	26,255	68,887
<b>150</b>	26,034	62,619
<b>190</b>	24,622	73,034
<b>230</b>	22,730	59,306
<b>300</b>	29,487	79,007

#### 4. Experimento 4

**Tabela 0.4:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 40 °C e 60 °Brix.

<b>Tempo (min)</b>	<b>QA (%)</b>	<b>QS (%)</b>
<b>0</b>	100,000	0,000
<b>10</b>	77,959	12,322
<b>20</b>	76,308	33,178
<b>30</b>	73,981	49,971
<b>50</b>	69,506	59,303
<b>70</b>	60,127	61,532
<b>90</b>	58,776	65,025
<b>110</b>	58,027	67,415
<b>150</b>	55,297	53,921
<b>190</b>	55,151	69,346
<b>230</b>	56,630	75,804
<b>300</b>	46,884	67,346

#### 5. Experimento 5

**Tabela 0.5:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 60 °C e 40 °Brix.

<b>Tempo (min)</b>	<b>QA (%)</b>	<b>QS (%)</b>
<b>0</b>	100,000	0,000
<b>10</b>	66,967	81,734
<b>20</b>	64,269	105,418
<b>30</b>	60,046	90,807
<b>50</b>	55,502	104,254
<b>70</b>	54,700	104,949
<b>90</b>	61,202	116,386
<b>110</b>	53,599	106,618
<b>150</b>	52,800	107,441
<b>190</b>	53,635	105,916
<b>230</b>	44,170	76,885
<b>300</b>	41,257	84,161



## 6. Experimento 6

**Tabela 0.6:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 60 °C e 40 °Brix.

<b>Tempo (min)</b>	<b>QA (%)</b>	<b>QS (%)</b>
<b>0</b>	100,000	0,000
<b>10</b>	75,684	15,994
<b>20</b>	72,030	11,151
<b>30</b>	67,208	27,448
<b>50</b>	57,533	49,880
<b>70</b>	55,053	50,853
<b>90</b>	58,066	55,166
<b>110</b>	52,601	59,497
<b>150</b>	45,962	78,273
<b>190</b>	41,107	72,031
<b>230</b>	40,970	67,480
<b>300</b>	39,391	68,325

## 7. Experimento 7

**Tabela 0.7:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 5 mm a 60 °C e 60 °Brix.

<b>Tempo (min)</b>	<b>QA (%)</b>	<b>QS (%)</b>
<b>0</b>	100,000	0,000
<b>10</b>	54,521	78,389
<b>20</b>	48,506	88,261
<b>30</b>	39,786	66,159
<b>50</b>	37,153	84,481
<b>70</b>	36,079	93,271
<b>90</b>	32,410	83,519
<b>110</b>	32,308	77,910
<b>150</b>	33,721	80,336
<b>190</b>	32,507	82,838
<b>230</b>	30,785	83,962
<b>300</b>	29,463	85,482

## 8. Experimento 8

**Tabela 0.8:** Cinética da desidratação osmótica realizada com pseudofrutos fatiados com 10 mm a 60 °C e 60 °Brix.

Tempo (min)	QA (%)	QS (%)
0	100,000	0,000
10	69,354	7,875
20	60,980	24,214
30	59,585	31,960
50	50,017	36,861
70	48,252	52,997
90	45,326	52,327
110	43,428	57,376
150	40,432	69,896
190	42,323	67,750
230	33,234	66,628
300	35,491	71,896

### B. Cinéticas de secagem

**Tabela 0.9:** Cinética de secagem referente ao Experimento 1: 5 mm; D.O. - 40 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C.

Tempo (min)	Massa (g)	X (b.u.) (%)	X (b.s.) (%)	X*
0	26,747	61,227	157,915	1,000
5	25,723	59,677	148,001	0,932
10	24,860	58,282	139,711	0,876
15	24,087	56,927	132,185	0,824
20	23,317	55,488	124,709	0,773
25	22,533	53,945	117,165	0,722
30	21,837	52,480	110,468	0,676
40	20,333	48,992	96,056	0,578
50	18,963	45,317	82,896	0,488
60	17,657	41,286	70,330	0,402
70	16,557	37,390	59,753	0,330
80	15,637	33,704	50,882	0,269

<b>90</b>	14,900	30,424	43,766	0,221
<b>105</b>	14,120	26,577	36,216	0,169
<b>120</b>	13,570	23,597	30,895	0,133
<b>135</b>	13,190	21,390	27,214	0,108
<b>150</b>	12,930	19,807	24,700	0,091
<b>180</b>	12,593	17,654	21,438	0,064
<b>210</b>	12,373	16,180	19,304	0,053
<b>240</b>	12,230	15,199	17,924	0,043
<b>270</b>	12,123	14,457	16,900	0,037
<b>300</b>	12,047	13,905	16,152	0,031
<b>360</b>	11,907	12,897	14,807	0,022
<b>420</b>	11,850	12,475	14,254	0,018
<b>480</b>	11,797	12,082	13,743	0,015
<b>540</b>	11,723	11,529	13,034	0,010
<b>600</b>	11,700	11,355	12,811	0,008
<b>660</b>	11,660	11,048	12,422	0,007
<b>720</b>	11,627	10,796	12,104	0,005
<b>780</b>	11,593	10,537	11,779	0,002
<b>840</b>	11,580	10,437	11,654	0,002
<b>900</b>	11,567	10,337	11,529	0,001
<b>960</b>	11,557	10,259	11,433	0,000
<b>1020</b>	11,557	10,259	11,433	0,000

**Tabela 0.10:** Cinética de secagem referente ao Experimento 2: 10 mm; D.O. - 40 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	45,350	71,733	168,333	1,000
<b>5</b>	44,593	71,253	164,074	0,975
<b>10</b>	43,723	70,681	159,711	0,947
<b>15</b>	43,227	70,344	157,086	0,931
<b>20</b>	42,463	69,812	153,280	0,906
<b>25</b>	41,827	69,352	149,928	0,886
<b>30</b>	41,113	68,820	146,132	0,863
<b>40</b>	39,753	67,753	138,916	0,819

---

<b>50</b>	38,317	66,543	131,427	0,772
<b>60</b>	36,993	65,345	124,600	0,729
<b>70</b>	35,810	64,201	118,288	0,691
<b>80</b>	34,507	62,851	112,057	0,649
<b>90</b>	33,300	61,503	105,453	0,609
<b>105</b>	31,527	59,338	96,856	0,552
<b>120</b>	29,857	57,057	87,737	0,498
<b>135</b>	28,290	54,680	79,943	0,447
<b>150</b>	26,723	52,029	71,570	0,396
<b>180</b>	24,043	46,684	58,360	0,310
<b>210</b>	21,733	41,004	45,607	0,235
<b>240</b>	20,040	36,024	36,825	0,180
<b>270</b>	18,793	31,780	30,477	0,139
<b>300</b>	17,853	28,181	25,614	0,109
<b>360</b>	16,757	23,475	20,112	0,073
<b>420</b>	16,130	20,500	17,104	0,053
<b>480</b>	15,763	18,650	15,265	0,041
<b>540</b>	15,510	17,320	13,970	0,033
<b>600</b>	15,333	16,368	13,066	0,027
<b>660</b>	15,230	15,792	12,588	0,024
<b>720</b>	15,097	15,055	11,872	0,020
<b>780</b>	15,017	14,603	11,460	0,017
<b>840</b>	14,943	14,183	11,096	0,015
<b>900</b>	14,890	13,875	10,837	0,013
<b>960</b>	14,827	13,505	10,498	0,011
<b>1020</b>	14,777	13,216	10,244	0,009
<b>1080</b>	14,743	13,020	10,064	0,008
<b>1140</b>	14,707	12,804	9,856	0,007
<b>1200</b>	14,673	12,606	9,676	0,006
<b>1260</b>	14,643	12,425	9,545	0,005
<b>1320</b>	14,637	12,386	9,520	0,005
<b>1380</b>	14,607	12,206	9,338	0,004
<b>1440</b>	14,583	12,063	9,231	0,003

---

<b>1500</b>	14,713	12,842	9,142	0,007
<b>1560</b>	14,540	11,805	9,004	0,002
<b>1620</b>	14,520	11,683	8,900	0,001
<b>1680</b>	14,500	11,559	8,794	0,000
<b>1740</b>	14,493	11,519	8,742	0,000
<b>1800</b>	14,490	11,500	8,718	0,000

**Tabela 0.11:** Cinética de secagem referente ao Experimento 3: 5 mm; D.O. - 60 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	15,420	48,758	95,168	1,000
<b>5</b>	14,513	45,491	83,527	0,858
<b>10</b>	13,877	42,956	75,421	0,760
<b>15</b>	13,400	40,926	69,411	0,686
<b>20</b>	12,877	38,518	62,805	0,606
<b>25</b>	12,553	36,925	58,702	0,556
<b>30</b>	12,137	34,751	53,421	0,492
<b>40</b>	11,600	31,777	46,675	0,410
<b>50</b>	11,117	28,810	40,557	0,336
<b>60</b>	10,737	26,319	35,776	0,278
<b>70</b>	10,503	24,691	32,831	0,242
<b>80</b>	10,293	23,168	30,190	0,210
<b>90</b>	10,110	21,787	27,884	0,182
<b>105</b>	9,937	20,433	25,701	0,155
<b>120</b>	9,793	19,284	23,904	0,133
<b>135</b>	9,683	18,375	22,522	0,116
<b>150</b>	9,593	17,616	21,390	0,103
<b>180</b>	9,483	16,666	20,004	0,086
<b>210</b>	9,413	16,048	19,120	0,075
<b>240</b>	9,313	15,155	17,865	0,060
<b>270</b>	9,287	14,910	17,526	0,056
<b>300</b>	9,227	14,363	16,774	0,047
<b>360</b>	9,157	13,707	15,885	0,036
<b>420</b>	9,113	13,296	15,337	0,029

<b>480</b>	9,057	12,763	14,631	0,021
<b>540</b>	9,020	12,411	14,169	0,015
<b>600</b>	8,993	12,152	13,834	0,011
<b>660</b>	8,970	11,921	13,534	0,007
<b>720</b>	8,937	11,584	13,103	0,002
<b>780</b>	8,937	11,584	13,103	0,002
<b>840</b>	8,923	11,457	12,940	0,000
<b>900</b>	8,923	11,457	12,940	0,000

**Tabela 0.12:** Cinética de secagem referente ao Experimento 4: 10 mm; D.O. - 60 °Brix a 40 °C; secagem a 50 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	29,933	75,616	311,070	1,000
<b>5</b>	28,940	74,773	297,432	0,954
<b>10</b>	28,547	74,424	291,964	0,936
<b>15</b>	27,877	73,817	282,619	0,905
<b>20</b>	27,197	73,165	273,100	0,873
<b>25</b>	26,610	72,569	265,051	0,846
<b>30</b>	26,037	71,968	257,111	0,819
<b>40</b>	24,890	70,666	241,356	0,766
<b>50</b>	23,743	69,235	225,595	0,713
<b>60</b>	22,700	67,835	211,435	0,664
<b>70</b>	21,650	66,285	196,899	0,616
<b>80</b>	20,643	64,626	183,049	0,569
<b>90</b>	19,763	63,041	170,889	0,528
<b>105</b>	18,493	60,520	153,608	0,469
<b>120</b>	17,263	57,724	136,846	0,413
<b>135</b>	16,147	54,804	121,595	0,361
<b>150</b>	15,127	51,752	107,439	0,314
<b>180</b>	13,360	45,323	82,941	0,232
<b>210</b>	11,997	39,111	64,277	0,169
<b>240</b>	10,983	33,456	50,284	0,121
<b>270</b>	10,297	29,007	40,864	0,090
<b>300</b>	9,853	25,801	34,777	0,069

<b>360</b>	9,320	21,501	27,410	0,044
<b>420</b>	9,030	19,003	23,473	0,031
<b>480</b>	8,850	17,351	21,006	0,023
<b>540</b>	8,750	16,416	19,649	0,018
<b>600</b>	8,680	15,744	18,694	0,015
<b>660</b>	8,617	15,129	17,833	0,012
<b>720</b>	8,563	14,604	17,108	0,009
<b>780</b>	8,527	14,235	16,605	0,008
<b>840</b>	8,497	13,942	16,206	0,006
<b>900</b>	8,467	13,633	15,791	0,005
<b>960</b>	8,443	13,391	15,468	0,004
<b>1020</b>	8,427	13,222	15,242	0,003
<b>1080</b>	8,407	13,019	14,973	0,002
<b>1140</b>	8,387	12,810	14,698	0,001
<b>1200</b>	8,373	12,676	14,521	0,000
<b>1260</b>	8,363	12,573	14,385	0,000
<b>1320</b>	8,363	12,573	14,385	0,000

**Tabela 0.13:** Cinética de secagem referente ao Experimento 5: 5 mm; D.O. - 40 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	15,077	56,609	87,466	1,000
<b>5</b>	14,167	53,828	78,049	0,886
<b>10</b>	13,320	50,845	68,845	0,779
<b>15</b>	12,583	47,912	62,093	0,685
<b>20</b>	11,903	44,885	54,680	0,599
<b>25</b>	11,220	41,439	48,359	0,512
<b>30</b>	10,760	38,877	43,654	0,453
<b>40</b>	9,703	32,265	32,602	0,322
<b>50</b>	9,050	27,410	26,148	0,241
<b>60</b>	8,543	23,152	20,939	0,178
<b>70</b>	8,307	21,009	18,446	0,149
<b>80</b>	8,097	19,020	16,206	0,123
<b>90</b>	7,957	17,631	14,561	0,106

<b>105</b>	7,783	15,819	12,889	0,084
<b>120</b>	7,683	14,754	11,900	0,072
<b>135</b>	7,600	13,840	11,043	0,062
<b>150</b>	7,550	13,280	10,516	0,056
<b>180</b>	7,460	12,258	9,560	0,045
<b>210</b>	7,400	11,567	8,891	0,037
<b>240</b>	7,343	10,879	8,297	0,030
<b>270</b>	7,320	10,597	8,056	0,027
<b>300</b>	7,297	10,314	7,814	0,024
<b>360</b>	7,253	9,788	7,331	0,019
<b>420</b>	7,217	9,337	6,947	0,014
<b>480</b>	7,193	9,046	6,705	0,012
<b>540</b>	7,173	8,787	6,561	0,009
<b>600</b>	7,167	8,705	6,463	0,008
<b>660</b>	7,153	8,539	6,320	0,007
<b>720</b>	7,130	8,243	6,078	0,004
<b>780</b>	7,117	8,064	5,979	0,002
<b>840</b>	7,103	7,898	5,782	0,000
<b>900</b>	7,100	7,861	5,738	0,000
<b>960</b>	7,100	7,861	5,738	0,000

**Tabela 0.14:** Cinética de secagem referente ao Experimento 6: 10 mm; D.O. - 40 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	32,723	69,827	231,430	1,000
<b>5</b>	31,627	68,780	220,308	0,950
<b>10</b>	30,813	67,948	212,018	0,912
<b>15</b>	29,990	67,070	203,694	0,875
<b>20</b>	29,263	66,245	196,297	0,842
<b>25</b>	28,523	65,363	188,772	0,808
<b>30</b>	27,670	64,288	180,105	0,769
<b>40</b>	26,417	62,579	167,373	0,711
<b>50</b>	24,947	60,334	152,402	0,644
<b>60</b>	23,613	58,090	138,905	0,583



<b>70</b>	22,293	55,566	125,489	0,522
<b>80</b>	21,073	52,947	113,097	0,466
<b>90</b>	20,077	50,578	102,986	0,421
<b>105</b>	18,260	45,670	84,628	0,338
<b>120</b>	17,263	42,513	74,538	0,292
<b>135</b>	16,060	38,208	62,371	0,238
<b>150</b>	15,203	34,759	53,727	0,199
<b>180</b>	13,817	28,352	39,779	0,136
<b>210</b>	12,977	23,808	31,335	0,098
<b>240</b>	12,460	20,693	26,135	0,074
<b>270</b>	12,100	18,365	22,515	0,058
<b>300</b>	11,903	17,028	20,534	0,049
<b>360</b>	11,610	14,950	17,582	0,036
<b>420</b>	11,420	13,541	15,665	0,027
<b>480</b>	11,320	12,778	14,655	0,022
<b>540</b>	11,223	12,029	13,678	0,018
<b>600</b>	11,167	11,587	13,109	0,016
<b>660</b>	11,117	11,189	12,602	0,013
<b>720</b>	11,067	10,786	12,093	0,011
<b>780</b>	11,030	10,492	11,725	0,009
<b>840</b>	11,000	10,249	11,424	0,008
<b>900</b>	10,977	10,057	11,185	0,007
<b>960</b>	10,960	9,922	11,017	0,006
<b>1020</b>	10,923	9,620	10,648	0,004
<b>1080</b>	10,900	9,425	10,410	0,003
<b>1140</b>	10,887	9,315	10,275	0,003
<b>1200</b>	10,867	9,148	10,072	0,002
<b>1260</b>	10,843	8,955	9,838	0,001
<b>1320</b>	10,830	8,841	9,702	0,000
<b>1380</b>	10,827	8,812	9,666	0,000
<b>1440</b>	10,827	8,812	9,666	0,000

**Tabela 0.15:** Cinética de secagem referente ao Experimento 7: 5 mm; D.O. - 60 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	11,890	41,264	70,259	1,000
<b>5</b>	11,180	37,537	60,107	0,835
<b>10</b>	10,340	32,458	48,079	0,640
<b>15</b>	10,023	30,321	43,538	0,566
<b>20</b>	9,540	26,797	36,627	0,454
<b>25</b>	9,370	25,469	34,193	0,414
<b>30</b>	9,043	22,775	29,509	0,338
<b>40</b>	8,793	20,582	25,929	0,280
<b>50</b>	8,567	18,482	22,681	0,227
<b>60</b>	8,383	16,700	20,052	0,184
<b>70</b>	8,327	16,135	19,243	0,171
<b>80</b>	8,213	14,973	17,613	0,144
<b>90</b>	8,153	14,350	16,756	0,130
<b>105</b>	8,077	13,538	15,659	0,113
<b>120</b>	8,007	12,781	14,655	0,096
<b>135</b>	7,980	12,490	14,274	0,090
<b>150</b>	7,927	11,899	13,508	0,078
<b>180</b>	7,873	11,303	12,745	0,065
<b>210</b>	7,813	10,621	11,885	0,051
<b>240</b>	7,787	10,316	11,504	0,045
<b>270</b>	7,767	10,084	11,216	0,040
<b>300</b>	7,737	9,735	10,786	0,033
<b>360</b>	7,700	9,304	10,261	0,025
<b>420</b>	7,663	8,871	9,737	0,016
<b>480</b>	7,637	8,552	9,354	0,010
<b>540</b>	7,630	8,474	9,260	0,009
<b>600</b>	7,610	8,231	8,972	0,004
<b>660</b>	7,603	8,152	8,877	0,002
<b>720</b>	7,593	8,033	8,735	0,000
<b>780</b>	7,593	8,033	8,735	0,000

**Tabela 0.16:** Cinética de secagem referente ao Experimento 8: 10 mm; D.O. - 60 °Brix a 60 °C; secagem a 60 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	25,867	61,356	158,839	1,000
<b>5</b>	24,940	59,909	149,566	0,936
<b>10</b>	23,887	58,144	139,027	0,864
<b>15</b>	23,470	57,399	134,856	0,835
<b>20</b>	22,603	55,758	126,182	0,776
<b>25</b>	22,127	54,801	121,410	0,743
<b>30</b>	21,523	53,529	115,370	0,702
<b>40</b>	20,590	51,414	106,028	0,638
<b>50</b>	19,567	48,864	95,785	0,567
<b>60</b>	18,583	46,145	85,944	0,500
<b>70</b>	17,887	44,034	78,971	0,452
<b>80</b>	17,133	41,573	71,432	0,400
<b>90</b>	16,363	38,818	63,725	0,348
<b>105</b>	15,640	35,986	56,488	0,298
<b>120</b>	14,910	32,854	49,182	0,248
<b>135</b>	14,340	30,200	43,480	0,209
<b>150</b>	13,870	27,863	38,779	0,177
<b>180</b>	13,240	24,459	32,478	0,134
<b>210</b>	12,817	21,986	28,244	0,105
<b>240</b>	12,553	20,360	25,610	0,087
<b>270</b>	12,347	19,034	23,543	0,073
<b>300</b>	12,223	18,225	22,310	0,064
<b>360</b>	12,000	16,708	20,077	0,049
<b>420</b>	11,840	15,585	18,476	0,038
<b>480</b>	11,737	14,843	17,441	0,031
<b>540</b>	11,653	14,237	16,609	0,025
<b>600</b>	11,590	13,768	15,974	0,021
<b>660</b>	11,533	13,346	15,409	0,017
<b>720</b>	11,490	13,018	14,974	0,014
<b>780</b>	11,450	12,715	14,574	0,011
<b>840</b>	11,410	12,410	14,174	0,009
<b>900</b>	11,403	12,359	14,108	0,008

<b>960</b>	11,367	12,075	13,741	0,006
<b>1020</b>	11,353	11,974	13,608	0,005
<b>1080</b>	11,317	11,687	13,240	0,002
<b>1140</b>	11,297	11,533	13,041	0,001
<b>1200</b>	11,283	11,428	12,907	0,000
<b>1260</b>	11,283	11,428	12,907	0,000

**Tabela 0.17:** Cinética de secagem referente ao Experimento 9: 5 mm; *in natura*; secagem a 50 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	22,813	84,825	559,076	1,000
<b>5</b>	21,703	84,054	527,225	0,941
<b>10</b>	20,510	83,125	492,688	0,878
<b>15</b>	20,000	82,690	477,882	0,851
<b>20</b>	19,317	82,080	458,248	0,815
<b>25</b>	18,617	81,396	437,904	0,777
<b>30</b>	17,900	80,639	417,121	0,739
<b>40</b>	16,530	78,992	377,363	0,665
<b>50</b>	15,043	76,845	334,261	0,586
<b>60</b>	13,703	74,461	295,427	0,514
<b>70</b>	12,170	71,035	251,046	0,433
<b>80</b>	11,033	67,817	218,122	0,372
<b>90</b>	10,073	64,568	190,386	0,321
<b>105</b>	8,807	59,165	153,802	0,254
<b>120</b>	7,313	50,741	110,748	0,175
<b>135</b>	6,693	46,441	92,923	0,142
<b>150</b>	5,963	40,462	71,979	0,104
<b>180</b>	5,030	30,577	45,221	0,055
<b>210</b>	4,497	22,856	29,871	0,027
<b>240</b>	4,400	21,219	27,086	0,022
<b>270</b>	4,310	19,618	24,497	0,017
<b>300</b>	4,263	18,750	23,150	0,014
<b>360</b>	4,183	17,219	20,851	0,010
<b>420</b>	4,153	16,626	19,983	0,009

<b>480</b>	4,143	16,430	19,694	0,008
<b>540</b>	4,090	15,336	18,156	0,005
<b>600</b>	4,077	15,060	17,768	0,005
<b>660</b>	4,063	14,785	17,387	0,004
<b>720</b>	4,050	14,504	16,999	0,003
<b>780</b>	4,040	14,293	16,703	0,003
<b>840</b>	4,030	14,090	16,421	0,002
<b>900</b>	4,017	13,799	16,033	0,001
<b>960</b>	3,993	13,289	15,355	0,000
<b>1020</b>	3,990	13,221	15,264	0,000
<b>1080</b>	3,990	13,221	15,264	0,000

**Tabela 0.18:** Cinética de secagem referente ao Experimento 10: 10 mm; *in natura*; secagem a 50 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	47,507	86,563	646,320	1,000
<b>5</b>	46,750	86,347	634,343	0,981
<b>10</b>	46,060	86,141	623,619	0,964
<b>15</b>	45,360	85,927	612,621	0,946
<b>20</b>	44,650	85,703	601,525	0,929
<b>25</b>	44,010	85,494	591,579	0,913
<b>30</b>	43,310	85,261	580,448	0,895
<b>40</b>	41,823	84,739	556,663	0,858
<b>50</b>	40,537	84,256	536,280	0,826
<b>60</b>	38,967	83,623	511,672	0,786
<b>70</b>	37,933	83,177	495,305	0,761
<b>80</b>	36,603	82,564	474,691	0,727
<b>90</b>	35,437	81,991	456,225	0,698
<b>105</b>	33,643	81,031	427,881	0,653
<b>120</b>	31,950	80,024	401,545	0,611
<b>135</b>	30,097	78,792	372,063	0,565
<b>150</b>	28,497	77,588	346,456	0,524
<b>180</b>	25,433	74,845	297,806	0,448
<b>210</b>	22,603	71,635	253,044	0,377

<b>240</b>	20,147	68,178	214,617	0,315
<b>270</b>	17,717	63,715	176,357	0,255
<b>300</b>	15,597	58,806	143,301	0,202
<b>360</b>	12,340	48,020	92,677	0,120
<b>420</b>	10,333	38,018	61,428	0,070
<b>480</b>	9,137	29,967	42,821	0,041
<b>540</b>	8,557	25,279	33,837	0,026
<b>600</b>	8,233	22,366	28,816	0,018
<b>660</b>	8,083	20,942	26,497	0,014
<b>720</b>	7,957	19,679	24,509	0,011
<b>780</b>	7,873	18,830	23,208	0,009
<b>840</b>	7,823	18,315	22,431	0,008
<b>900</b>	7,783	17,898	21,814	0,007
<b>960</b>	7,757	17,615	21,393	0,006
<b>1020</b>	7,713	17,149	20,712	0,005
<b>1080</b>	7,680	16,785	20,182	0,004
<b>1140</b>	7,653	16,489	19,758	0,004
<b>1200</b>	7,640	16,349	19,559	0,003
<b>1260</b>	7,623	16,159	19,286	0,003
<b>1320</b>	7,603	15,944	18,981	0,002
<b>1380</b>	7,590	15,791	18,769	0,002
<b>1440</b>	7,580	15,683	18,615	0,002
<b>1500</b>	7,570	15,575	18,461	0,001
<b>1560</b>	7,560	15,463	18,303	0,001
<b>1620</b>	7,543	15,274	18,043	0,001
<b>1680</b>	7,533	15,164	17,892	0,001
<b>1740</b>	7,523	15,048	17,728	0,000
<b>1800</b>	7,510	14,893	17,513	0,000
<b>1860</b>	7,510	14,893	17,513	0,000

**Tabela 0.19:** Cinética de secagem referente ao Experimento 11: 5 mm; *in natura*; secagem a 60 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	28,933	84,004	525,519	1,000

<b>5</b>	27,037	82,878	484,382	0,920
<b>10</b>	25,710	81,998	455,697	0,864
<b>15</b>	24,460	81,078	428,657	0,811
<b>20</b>	23,297	80,136	403,497	0,762
<b>25</b>	22,080	79,040	377,218	0,711
<b>30</b>	20,970	77,931	353,207	0,664
<b>40</b>	18,500	74,978	299,751	0,560
<b>50</b>	16,263	71,538	251,454	0,466
<b>60</b>	14,447	67,960	212,175	0,389
<b>70</b>	12,700	63,554	174,439	0,315
<b>80</b>	10,940	57,690	136,399	0,241
<b>90</b>	9,430	50,916	103,770	0,178
<b>105</b>	8,037	42,392	73,651	0,119
<b>120</b>	6,893	32,839	48,944	0,071
<b>135</b>	6,423	27,926	38,786	0,051
<b>150</b>	5,993	22,764	29,502	0,033
<b>180</b>	5,807	20,287	25,475	0,025
<b>210</b>	5,643	17,993	21,959	0,018
<b>240</b>	5,543	16,506	19,791	0,013
<b>270</b>	5,503	15,903	18,930	0,012
<b>300</b>	5,460	15,241	17,999	0,010
<b>360</b>	5,407	14,404	16,848	0,008
<b>420</b>	5,357	13,604	15,767	0,006
<b>480</b>	5,327	13,111	15,113	0,004
<b>540</b>	5,307	12,789	14,684	0,004
<b>600</b>	5,290	12,506	14,318	0,003
<b>660</b>	5,273	12,233	13,960	0,002
<b>720</b>	5,270	12,180	13,889	0,002
<b>780</b>	5,257	11,958	13,602	0,001
<b>840</b>	5,233	11,567	13,099	0,000
<b>900</b>	5,227	11,458	12,957	0,000
<b>960</b>	5,223	11,398	12,882	0,000
<b>1020</b>	5,223	11,398	12,882	0,000

---

**Tabela 0.20:** Cinética de secagem referente ao Experimento 12: 10 mm; *in natura*; secagem a 60 °C.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>X (b.u.) (%)</b>	<b>X (b.s.) (%)</b>	<b>X*</b>
<b>0</b>	49,043	86,783	657,687	1,000
<b>5</b>	48,237	86,562	645,317	0,981
<b>10</b>	46,977	86,201	625,880	0,950
<b>15</b>	46,327	86,007	615,806	0,935
<b>20</b>	45,027	85,603	595,745	0,903
<b>25</b>	44,480	85,426	587,306	0,890
<b>30</b>	43,177	84,987	567,003	0,859
<b>40</b>	41,630	84,429	543,071	0,821
<b>50</b>	39,883	83,746	516,092	0,779
<b>60</b>	37,730	82,818	482,771	0,727
<b>70</b>	36,110	82,048	457,910	0,688
<b>80</b>	34,530	81,227	433,402	0,650
<b>90</b>	32,540	80,077	402,723	0,602
<b>105</b>	30,407	78,679	369,749	0,551
<b>120</b>	27,770	76,654	329,052	0,487
<b>135</b>	25,723	74,795	296,944	0,438
<b>150</b>	23,470	72,374	262,204	0,383
<b>180</b>	19,893	67,382	206,937	0,297
<b>210</b>	16,627	60,914	156,494	0,218
<b>240</b>	13,793	52,788	112,337	0,150
<b>270</b>	12,077	46,016	85,886	0,109
<b>300</b>	10,560	38,325	62,540	0,072
<b>360</b>	9,080	28,433	39,829	0,037
<b>420</b>	8,460	23,271	30,341	0,022
<b>480</b>	8,200	20,861	26,361	0,015
<b>540</b>	8,060	19,502	24,227	0,012
<b>600</b>	7,947	18,357	22,485	0,009
<b>660</b>	7,873	17,590	21,345	0,008
<b>720</b>	7,817	16,999	20,481	0,006
<b>780</b>	7,783	16,648	19,974	0,005
<b>840</b>	7,747	16,251	19,404	0,004

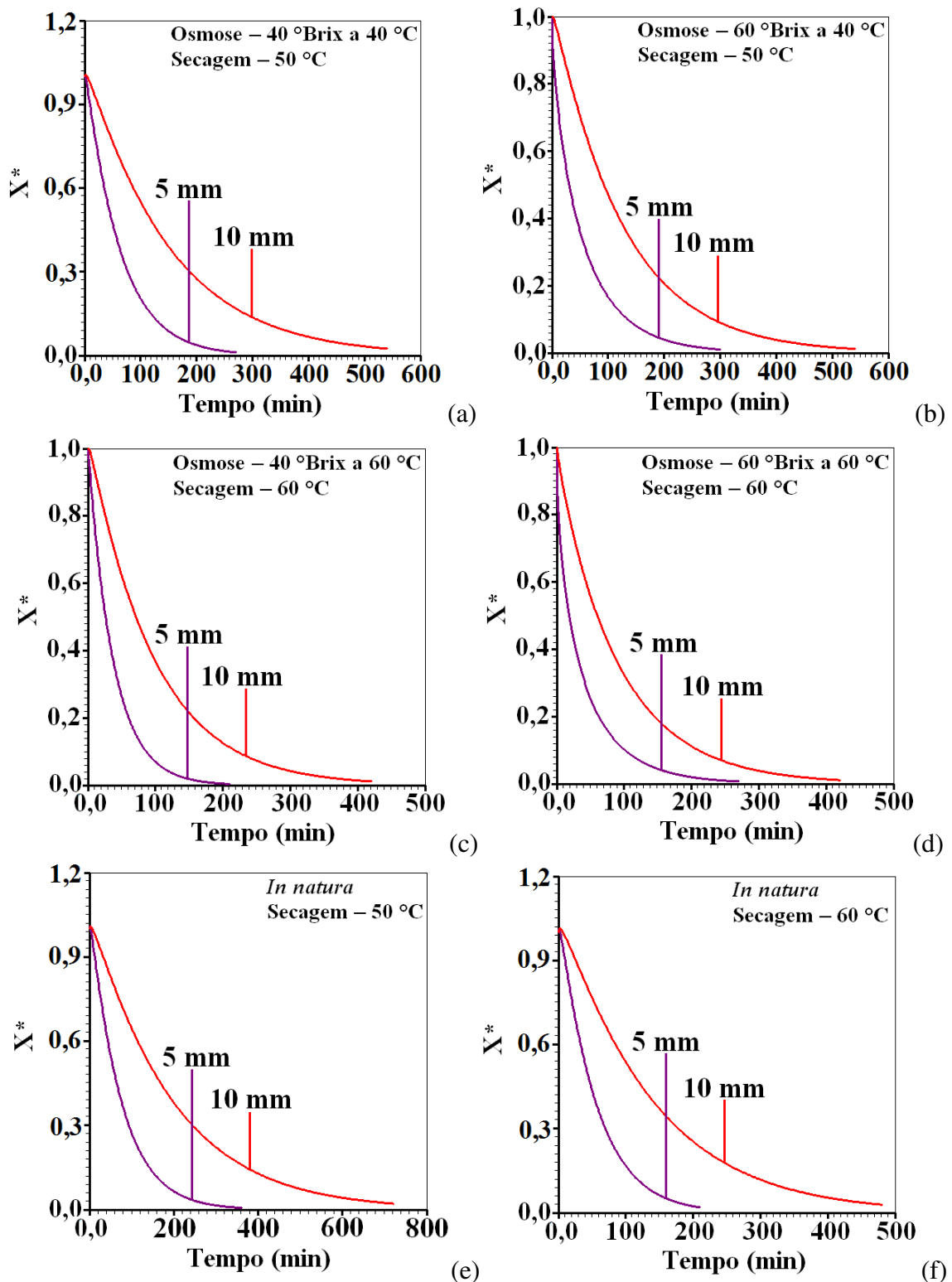


---

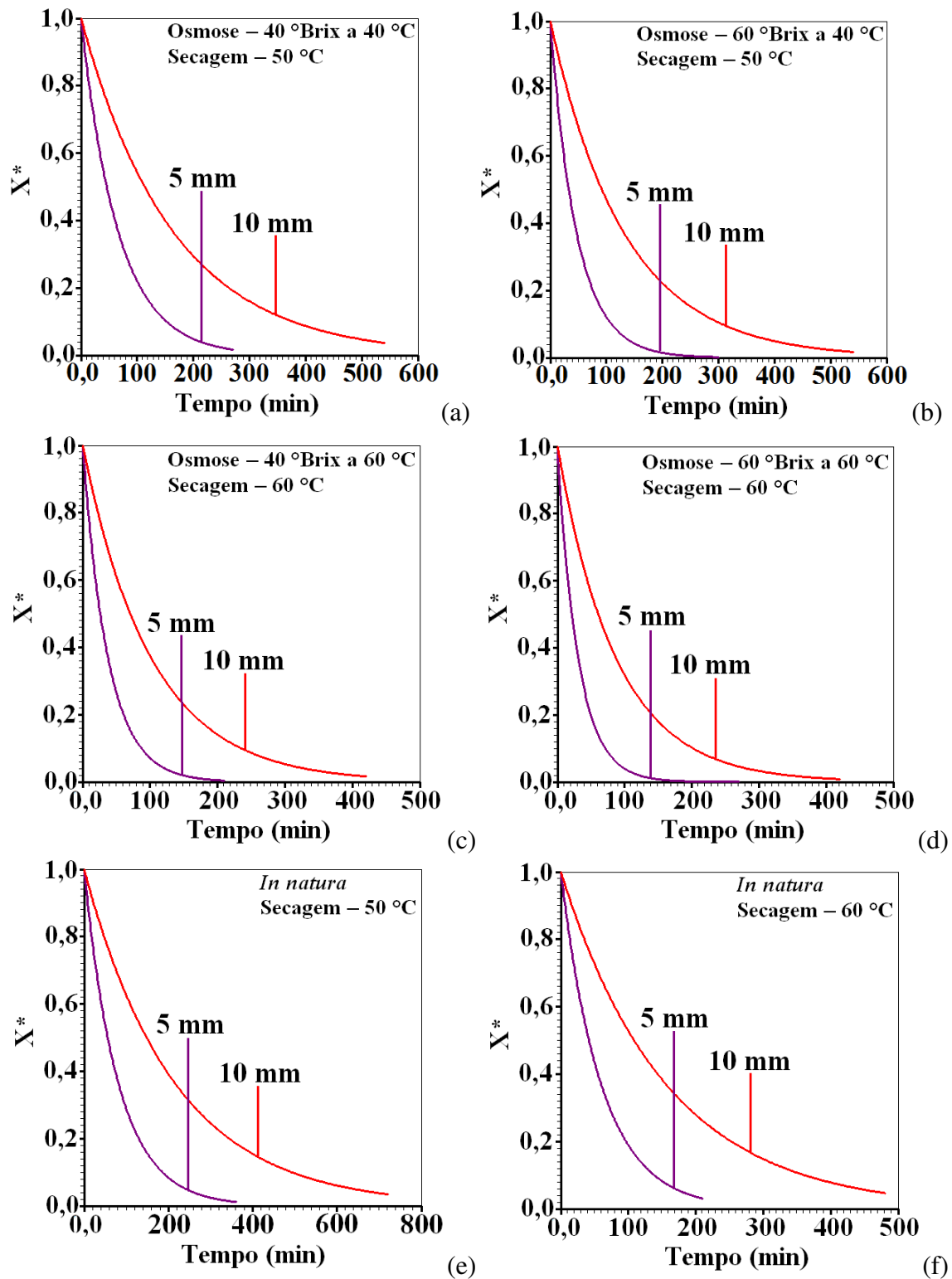
<b>900</b>	7,733	16,103	19,194	0,004
<b>960</b>	7,707	15,820	18,794	0,004
<b>1020</b>	7,680	15,520	18,372	0,003
<b>1080</b>	7,653	15,227	17,963	0,002
<b>1140</b>	7,627	14,933	17,555	0,002
<b>1200</b>	7,620	14,861	17,456	0,001
<b>1260</b>	7,603	14,667	17,189	0,001
<b>1320</b>	7,590	14,518	16,984	0,001
<b>1380</b>	7,580	14,400	16,823	0,000
<b>1440</b>	7,563	14,220	16,577	0,000
<b>1500</b>	7,560	14,183	16,528	0,000
<b>1560</b>	7,560	14,183	16,528	0,000

---

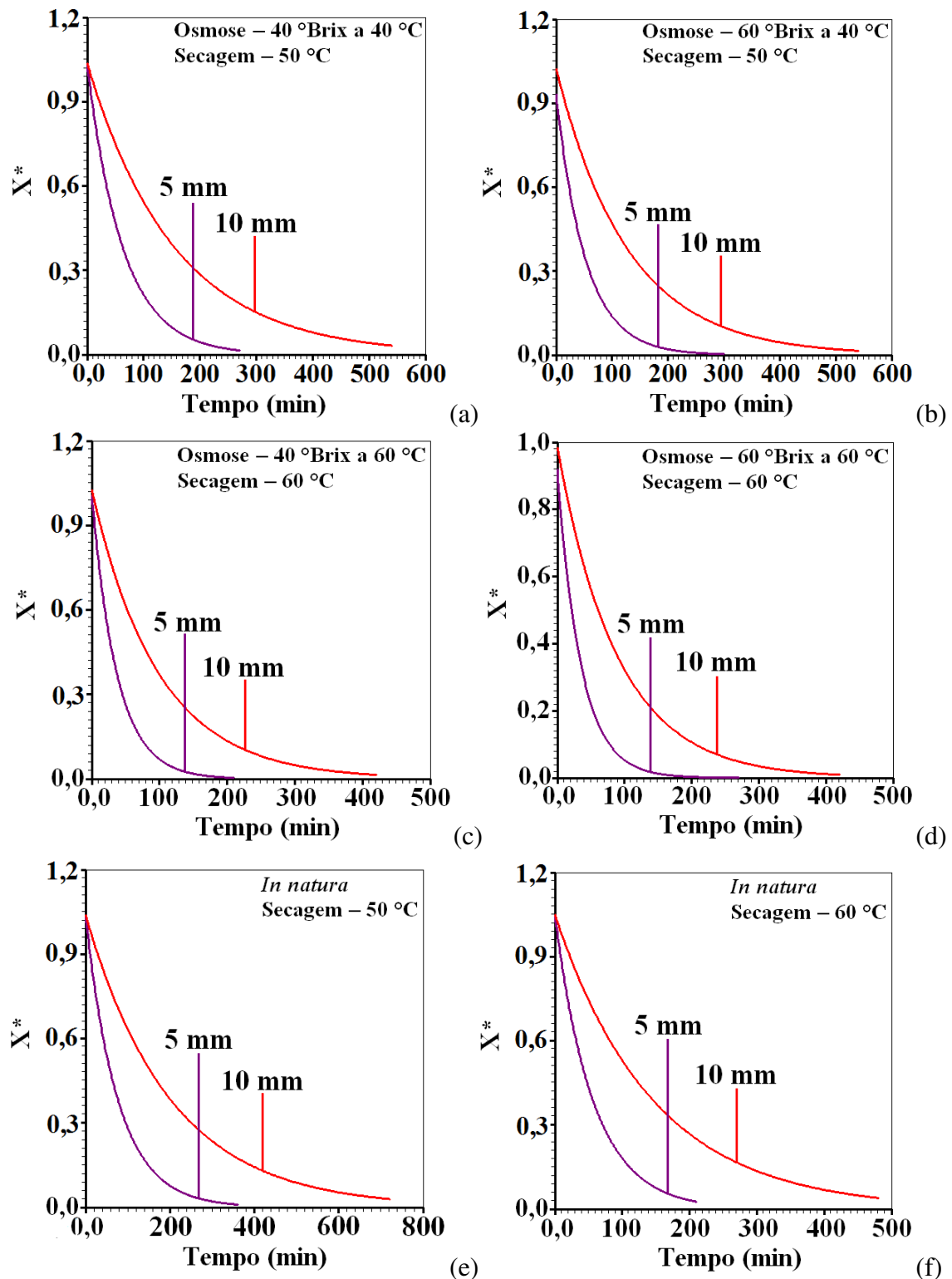
### C. Gráficos das cinéticas de secagens



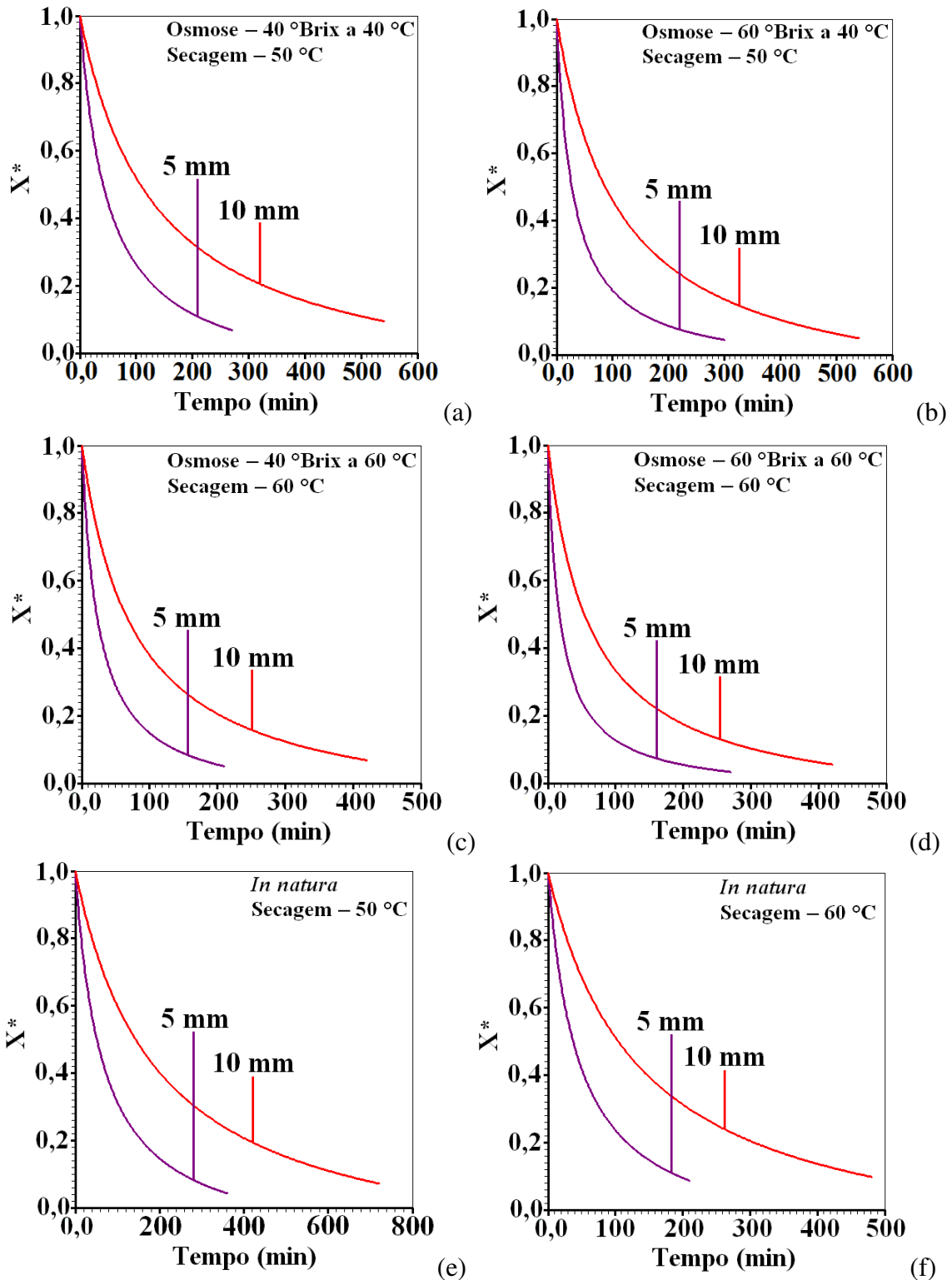
**Figura 0.1:** Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Silva et alii para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura.



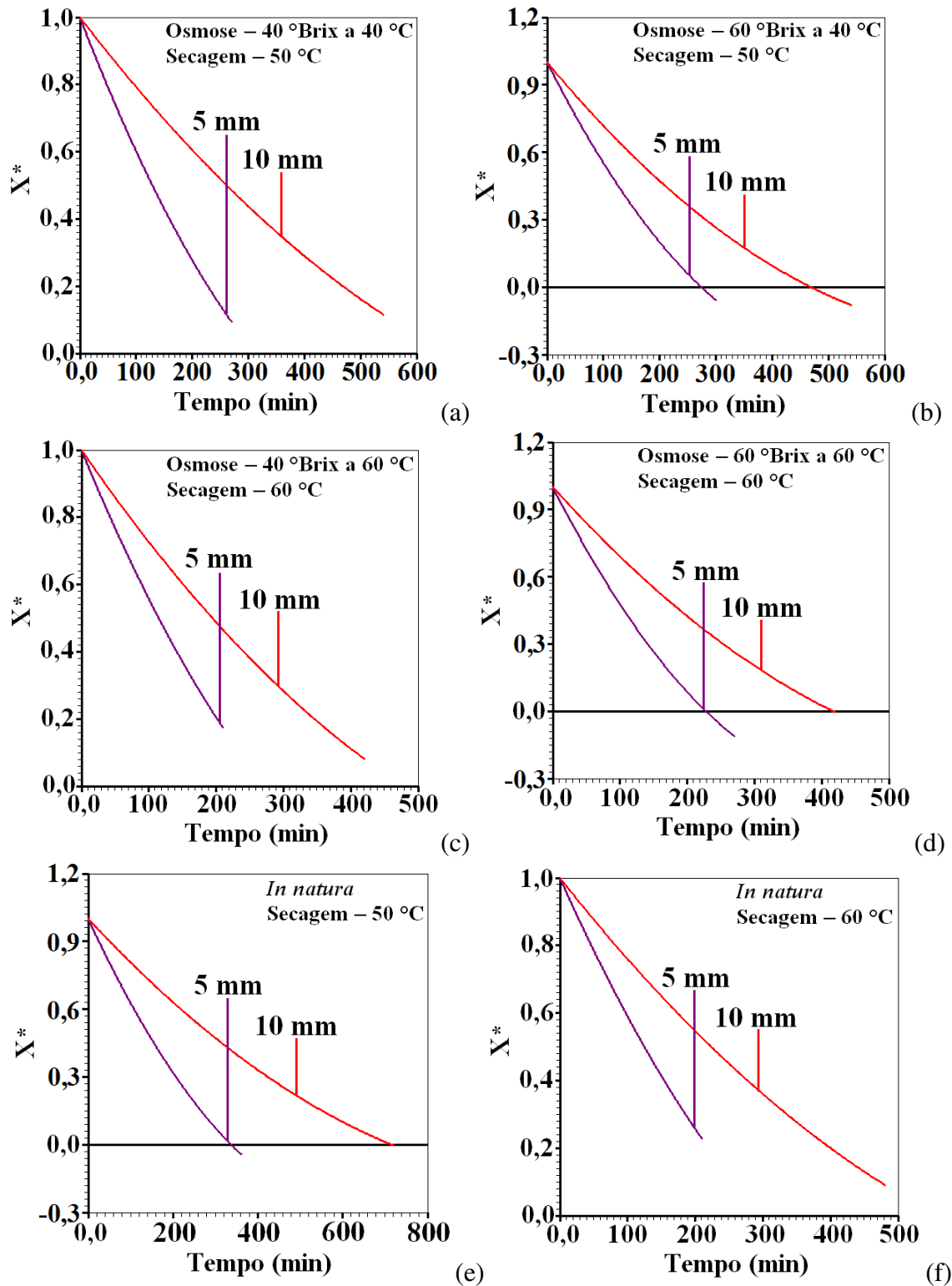
**Figura 0.2:** Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Newton para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura.



**Figura 0.3:** Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Henderson e Pabis para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura.

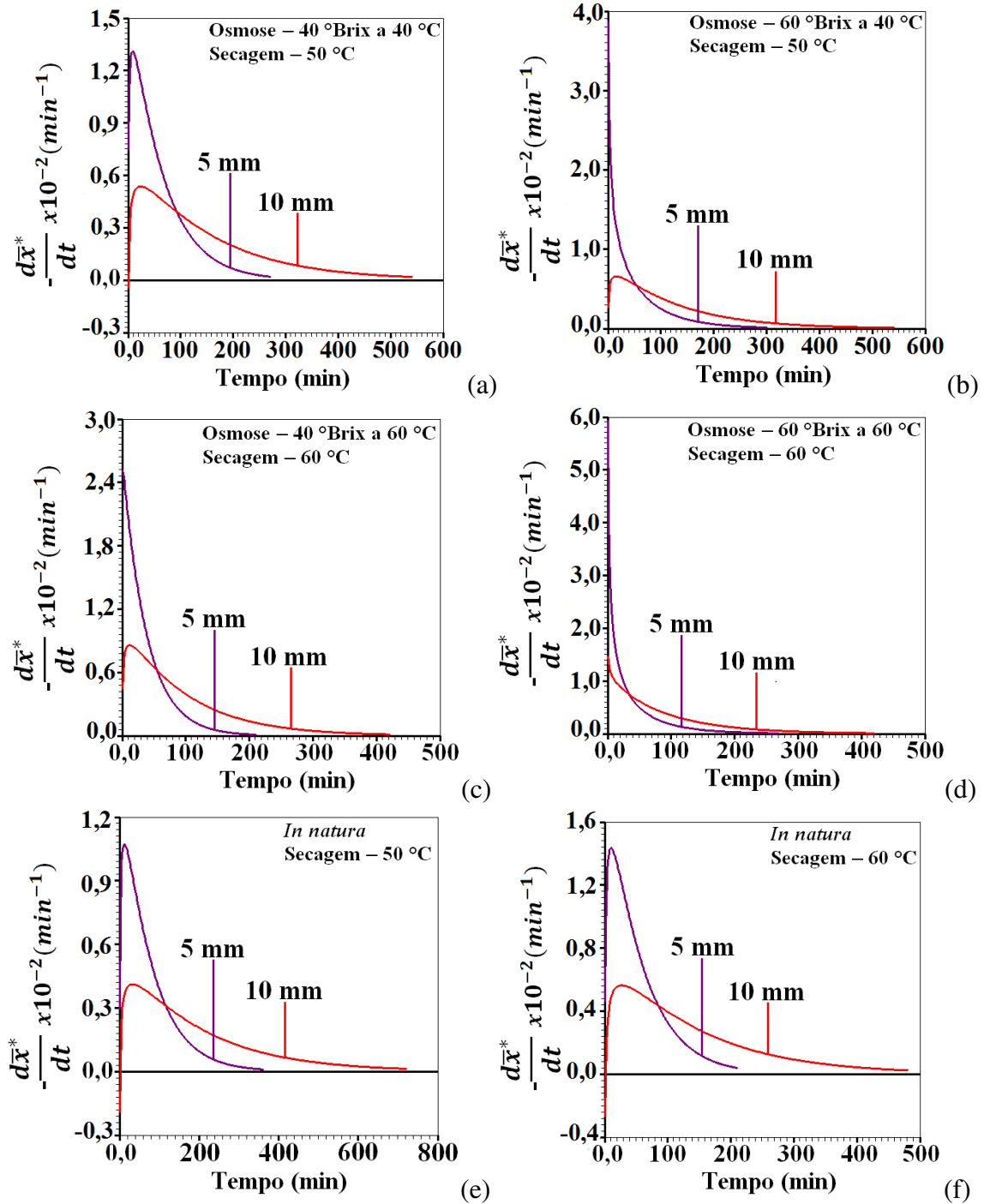


**Figura 0.4:** Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Peleg para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura.

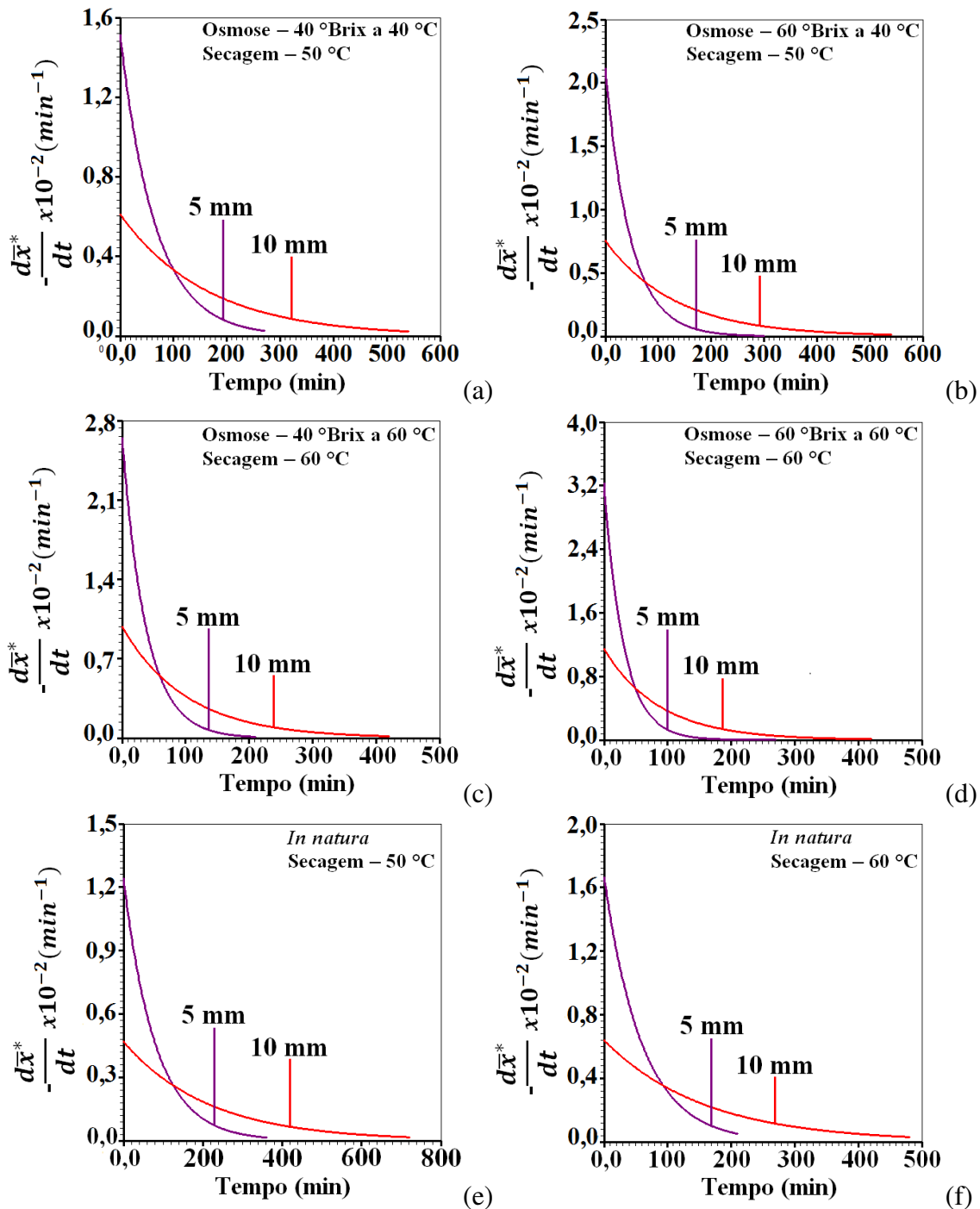


**Figura 0.5:** Cinética de secagem a 50 e 60 °C usando o modelo de Wang e Sing para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos fatiados com 5 e 10 mm de espessura.

#### D. Taxas de secagem

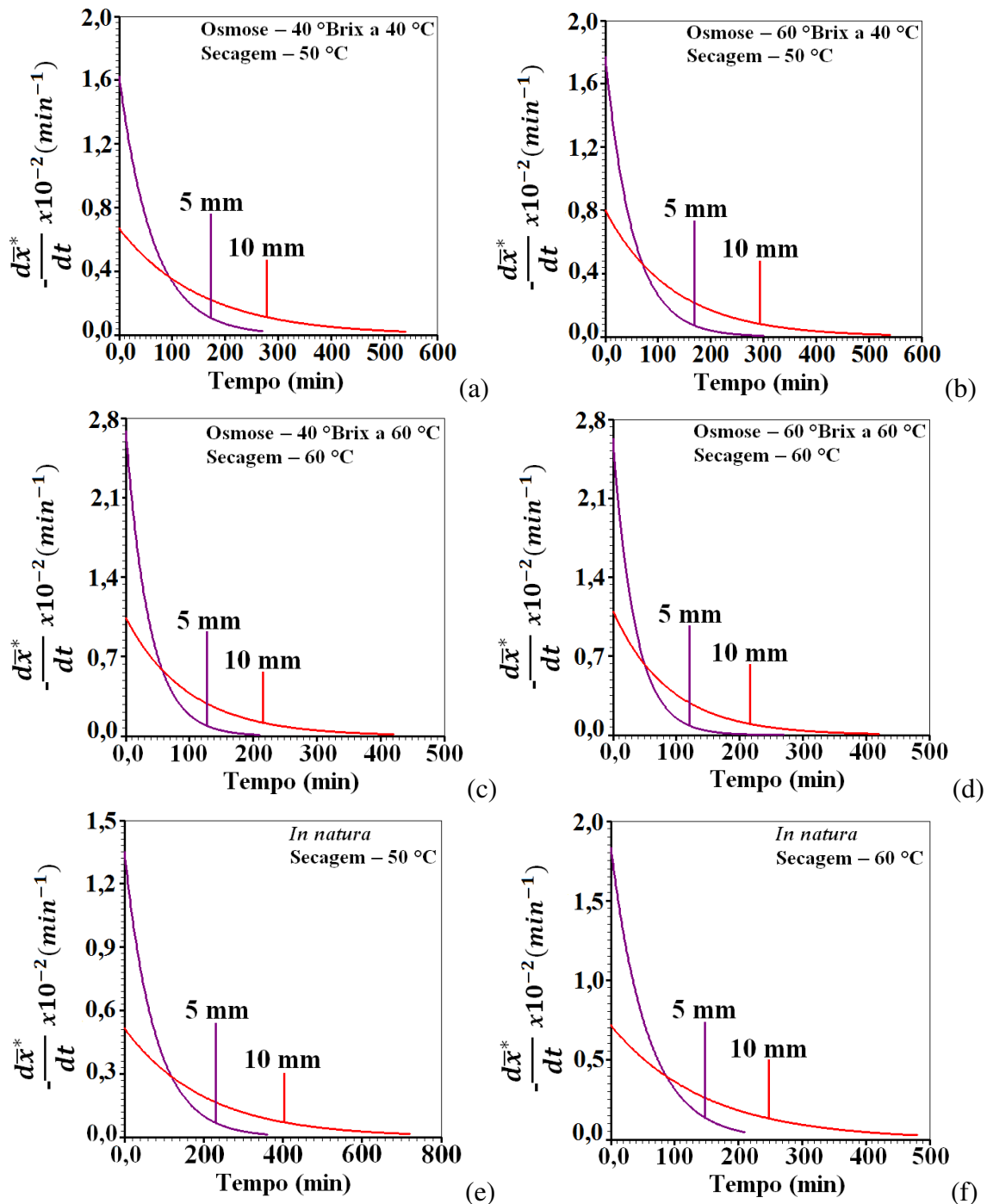


**Figura 0.6:** Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Silva et alii. para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura.

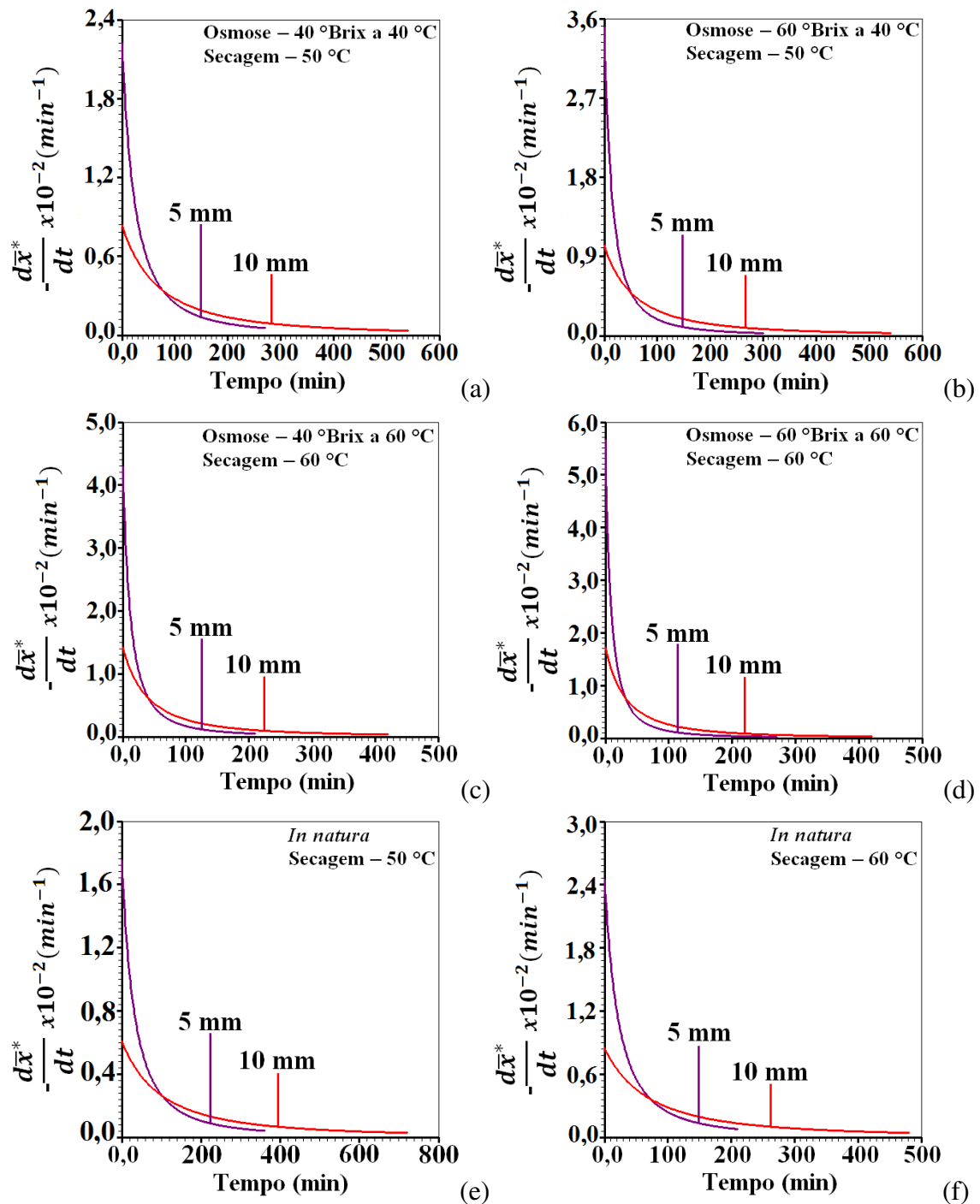


**Figura 0.7:** Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Newton para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura.

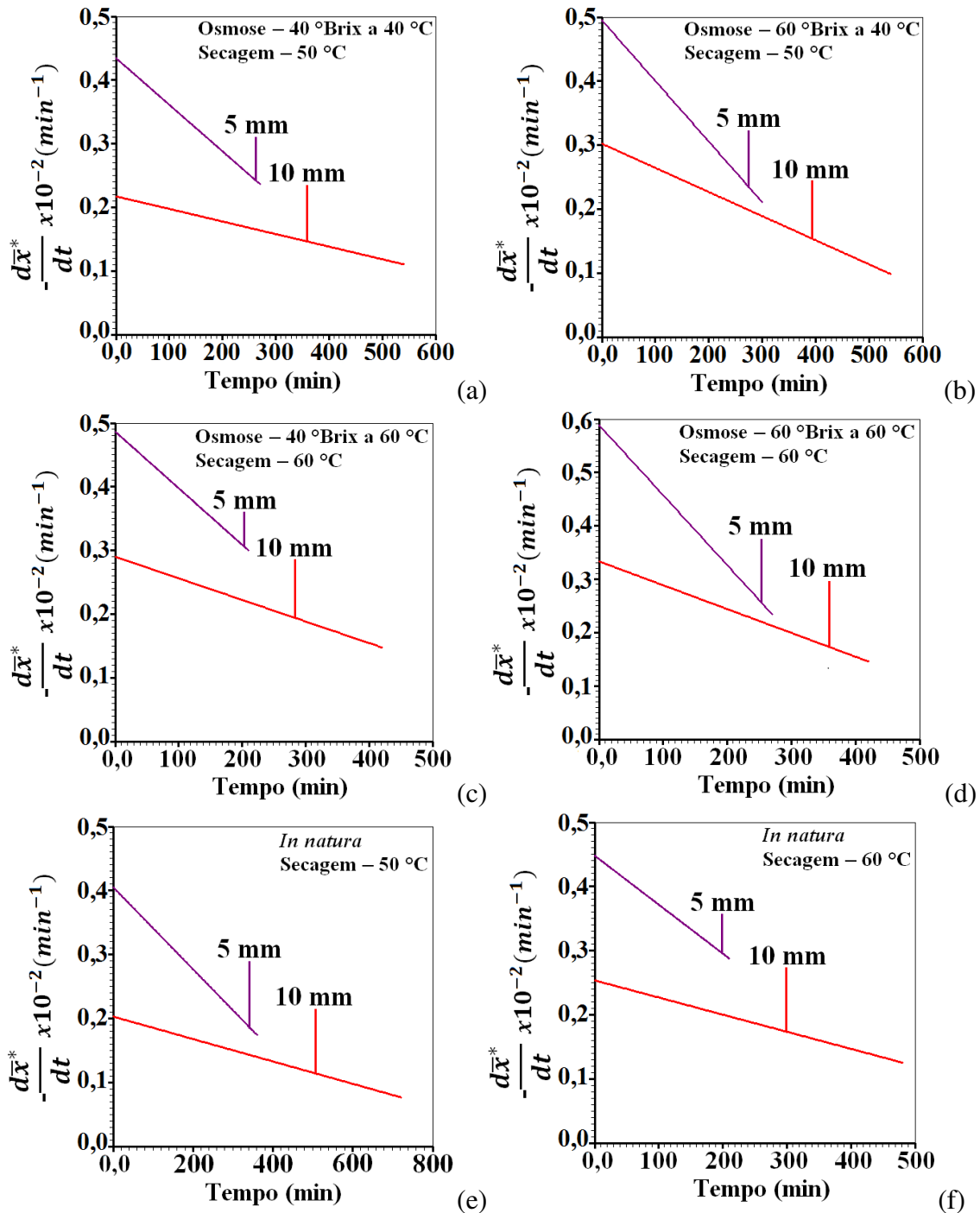




**Figura 0.8:** Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Henderson e Pabis para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura.



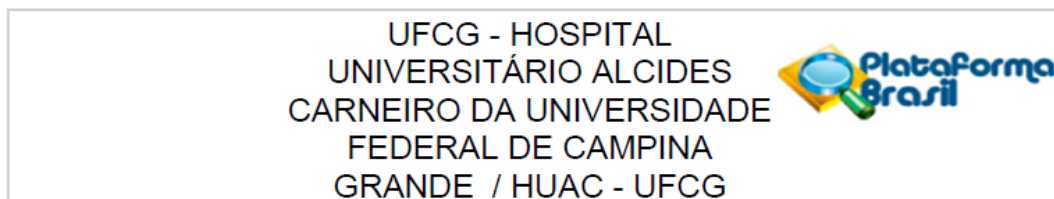
**Figura 0.9:** Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Peleg para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura.



**Figura 0.10:** Taxas de secagem a 50 e 60 °C descritas pelo modelo de Wang e Sing para: (a) Experimento 1 e 2; (b) Experimento 3 e 4; (c) Experimento 5 e 6; (d) Experimento 7 e 8; (e) Experimento 9 e 10; (f) Experimento 11 e 12 dos pseudofrutos de caju fatiados com 5 e 10 mm de espessura.

## E. Análise sensorial

Segue abaixo o parecer com a aprovação da análise pelo Comitê de Ética:



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Desidratação osmótica e secagem convectiva de fatias de caju para a elaboração de passas

**Pesquisador:** Elaine Cristina Oliveira da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 45024721.4.0000.5182

**Instituição Proponente:** Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.872.498

#### Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa:

Desidratação osmótica e secagem convectiva de fatias de caju para a elaboração de passas

#### Resumo conforme autora

A engenharia agrícola busca constantemente inovações mercadológicas com vegetais que em especial, encontram-se em abundância no mercado e que tenham atrativo ao público nos quesitos sabor, aparência e valor nutricional. Entre esses vegetais destaca-se o pseudofruto de caju, que possui sabor característico e polpa avantajada, se tornando propícia para utilização em novos produtos. A fim de agregar valor sensorial e prolongar a vida de prateleira do pseudofruto do caju é possível realizar desidratação osmótica com posterior secagem para produção de caju em passa.

#### Objetivo da Pesquisa:

Utilizar fatias com diferentes espessuras do pseudofruto de caju para elaboração de caju passa através da desidratação osmótica e secagem convectiva, bem como avaliar suas características físico-químicas e ainda realizar análise sensorial dos produtos visando sua aceitabilidade comercial.

Endereço: Rua. Dr. Carlos Chagas, s/ n  
Bairro: São José CEP: 58.107-670  
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE  
Telefone: (83)2101-5545 Fax: (83)2101-5523 E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ALCIDES  
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE CAMPINA  
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 4.872.498

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos conforme a autora:

O caju passa é constituído por pseudofrutos de caju, água e açúcar cristal. Todos os participantes terão conhecimento prévio e somente farão a análise aqueles que reconhecerem que não tem restrição a nenhum destes ingredientes e que eles não causam desconforto, intolerância ou alergia aos mesmos. Caso o participante não conheça suas limitações quanto ao consumo dos ingredientes do caju passa, aceite realizar a análise e não se sinta bem posteriormente será imediatamente requisitada a presença do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU, afim de resguardar a saúde dos provadores. Caso seja diabético informarei com antecedência para não participar da pesquisa e assim minimizar os possíveis riscos, uma vez que o produto em estudo contém açúcar.

A fim de evitar os riscos de contaminação pela COVID-19 seguiremos protocolos de biossegurança, tais como: será indispensável o uso de máscaras, sendo estas retiradas apenas no momento da análise; teremos a disposição álcool 70% para higienização das mãos; o distanciamento entre um provador e outro será de no mínimo 1,5 metro. O ambiente, assim como os assentos serão limpos e desinfetados com álcool 70%; Não

será recebido para análise quem apresentar sintomas como espirros, tosse, dor de cabeça, febre, entre outros.

Benefícios conforme autora:

O consumidor terá a disposição um alimento saboroso que poderá ser consumido como sobremesa em casa ou como lanche em viagens e passeios.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A elaboração do caju passa a partir do pedúnculo do caju pode destacar-se como um procedimento promissor no ramo da indústria alimentícia após análise sensorial sendo somente necessária uma investigação sobre os melhores valores dos parâmetros necessários para sua obtenção, como espessura das fatias, temperatura de secagem, concentração de açúcar e o tempo na desidratação osmótica.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram apresentados

**Endereço:** Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n  
**Bairro:** São José **CEP:** 58.107-670  
**UF:** PB **Município:** CAMPINA GRANDE  
**Telefone:** (83)2101-5545 **Fax:** (83)2101-5523 **E-mail:** cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ALCIDES  
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE CAMPINA  
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 4.872.498

**Recomendações:**

Sem recomendações

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto de pesquisa atende os requisitos da resolução 466/12, logo somos de parecer favorável a execução do mesmo.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1700588.pdf	27/05/2021 18:24:12		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_ESCLARECIDO.doc	27/05/2021 18:23:21	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Outros	OUTROS_Ficha_Sensorial.doc	27/05/2021 10:11:32	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Outros	Declaracao_de_Coleta.pdf	26/03/2021 10:15:19	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	TESE_em_andamento.docx	18/02/2021 16:06:00	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	Declaracao_de_compromisso_do_pesquisador_responsavel.pdf	18/02/2021 16:02:38	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.docx	18/02/2021 15:57:56	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Declaração de concordância	Declaracao_de_concordancia.pdf	18/02/2021 15:56:49	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_pesquisadores.pdf	18/02/2021 15:56:02	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_instituicao_e_infraestrutura.pdf	18/02/2021 15:54:32	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	18/02/2021 15:52:23	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.pdf	18/02/2021 15:21:06	Elaine Cristina Oliveira da Silva	Aceito

**Endereço:** Rua: Dr. Carlos Chagas, s/n

**Bairro:** São José

**CEP:** 58.107-670

**UF:** PB

**Município:** CAMPINA GRANDE

**Telefone:** (83)2101-5545

**Fax:** (83)2101-5523

**E-mail:** cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ALCIDES  
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE CAMPINA  
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 4.872.498

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CAMPINA GRANDE, 29 de Julho de 2021

---

**Assinado por:**

**Andréia Oliveira Barros Sousa**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n

**Bairro:** São José

**CEP:** 58.107-670

**UF:** PB

**Município:** CAMPINA GRANDE

**Telefone:** (83)2101-5545

**Fax:** (83)2101-5523

**E-mail:** cep@huac.ufcg.edu.br

Logo abaixo, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE:

**Universidade Federal de Campina Grande**  
**Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola**

---

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ESTUDO: DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE  
FATIAS DE CAJU PARA A ELABORAÇÃO DE PASSAS

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

Eu, \_\_\_\_\_ (inserir o nome, \_\_\_\_\_ profissão) \_\_\_\_\_, residente e domiciliado na \_\_\_\_\_, portador da Cédula de identidade, RG \_\_\_\_\_, e inscrito no CPF: \_\_\_\_\_ nascido (a) em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do estudo “DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE FATIAS DE CAJU PARA A ELABORAÇÃO DE PASSAS”. Tendo como objetivo avaliar a aceitabilidade de passas elaboradas com pseudofruto do caju em solução osmótica constituída por água e açúcar cristal. Declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

- I) O estudo se faz necessário para que seja avaliada a preferência do provador, quanto as melhores formulações de caju passas, elaboradas com diferentes concentrações solução osmótica constituída por água e açúcar cristal.
- II) Tenho consciência, de que o caju passa é constituído por pseudofrutos de caju, água e açúcar cristal, reconheço que não tenho restrição a nenhum destes ingredientes e que eles não me causam desconforto, intolerância ou alergia.
- III) Caso o participante não conheça suas limitações quanto ao consumo dos ingredientes do caju passa, aceite realizar a análise e não se sinta bem posteriormente será imediatamente requisitada a presença do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU, afim de resguardar a saúde dos provadores;
- IV) Caso seja diabético informarei com antecedência para não participar da pesquisa e assim minimizar os possíveis riscos, uma vez que o produto em estudo contém açúcar.



- V) A fim de evitar os riscos de contaminação pela COVID-19 seguiremos protocolos de biossegurança, tais como: é indispensável o uso de máscaras, sendo estas retiradas apenas no momento da análise; temos a disposição álcool 70% para higienização das mãos; o distanciamento entre um provador e outro é de no mínimo 1,5 metro. O ambiente, assim como os assentos são limpos e desinfetados com álcool 70%; Não será recebido para análise quem apresentar sintomas como espirros, tosse, dor de cabeça, febre, entre outros.
- VI) Ao contribuir com esta pesquisa estarei colaborando para possível inserção de mais um produto alimentício no mercado com benefícios de ter a disposição um lanche prático para o dia a dia.
- VII) Essa (s) coleta(s) será (ão) feita (s) apenas para este estudo, com resguardo da identidade do provador.
- VIII) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- IX) A desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem estar físico;
- X) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;
- XI) Caso eu desejar, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa.  
 Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.  
 Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
- XII) Observações Complementares.
- XIII) Caso me sinta prejudicado (a) por participar desta pesquisa, poderei recorrer ao CEP/HUAC, do Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos do Hospital Universitário Alcides Carneiro, ao Conselho Regional de Medicina da Paraíba e a Delegacia Regional de Campina Grande.
- XIV) Será disponibilizado uma via do TCLE para cada participante da pesquisa.

Campina Grande, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021

**Participante:** \_\_\_\_\_

**Pesquisador responsável:** \_\_\_\_\_

**Responsável pelo Projeto:** Elaine Cristina Oliveira da Silva.

**E-mail:** elaine-cristinna@hotmail.com

**Endereço do Pesquisador Responsável:** Rua: Risalva Nogueira de Carvalho, 294, Bodocongó III. Campina Grande – PB.

**Telefone para contato:** (83) 988924267

**CEP onde foi apreciada a pesquisa:**

CEP/ HUAC - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.

Rua: Dr. Carlos Chagas, s/n, São José.

Campina Grande- PB.

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br/ huaccep@gmail.com.

Telefone: (83) 2101-5545.

