



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS**

Salete Maria de Olinda Carvalho Farias

**AVALIAÇÃO DA SECAGEM EM DIFERENTES  
TEMPERATURAS SOBRE O TEOR DE LICOPENO,  
CAROTENOIDES TOTAIS, COMPOSTOS FENÓLICOS E  
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO RESÍDUO SÓLIDO DO  
BENEFICIAMENTO DA GOIABA (*Psidium Guajava*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edna Regina Amante

Florianópolis -SC  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Carvalho Farias, Salete Maria de Olinda

Avaliação da Secagem em Diferentes Temperaturas sobre o Teor de Licopeno, Carotenoides Totais, Compostos Fenólicos e Propriedades Tecnológicas do Resíduo Sólido do Beneficiamento da Goiaba (*Psidium Guajava*) / Salete Maria de Olinda Carvalho Farias ; orientadora, Edna Regina Amante. - Florianópolis, SC, 2016.

136 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos

Inclui referências

1. Engenharia de Alimentos. 2. Goiaba. 3. Licopeno. 4. Curva de secagem. 5. Compostos fenólicos. I. Amante, Edna Regina. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. III. Título.

SALETE MARIA DE OLINDA CARVALHO FARIAS

**AVALIAÇÃO DA SECAGEM EM DIFERENTES  
TEMPERATURAS SOBRE O TEOR DE LICOPENO,  
CAROTENOIDES TOTAIS, COMPOSTOS FENÓLICOS E  
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO RESÍDUO SÓLIDO DO  
BENEFICIAMENTO DA GOIABA (*Psidium Guajava*)**

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: 11 de março de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr.<sup>ª</sup> Edna Regina Amante  
ORIENTADORA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr.<sup>ª</sup> Débora Oliveira  
Membro interno

---

Prof. Dr. Marcelo Lanza  
Membro interno

---

Prof. Dr. Haiko Henze  
Membro interno

---

Prof. Dr. Marco Di Luccio  
Membro interno

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Elisa Helena Siegel Moecke  
Membro externo

Florianópolis - SC  
2016



A alquimia, scientia separationis,  
permite ao homem separar os corpos,  
através do fogo, para que os olhos penetrem  
além da superfície, tornando perceptível  
aquilo que antes era imperceptível.

Deste ponto de vista, a alquimia  
prolonga e aperfeiçoa o trabalho da  
natureza e através da arte conduz à  
perfeição, para benefício do homem.  
o que a natureza deixou imã

Parac-----

Deus todo poderoso, eterno Pai da luz, de quem provêm todos os bens e todos os bens perfeitos, imploro Vossa misericórdia infinita; deixai-me conhecer Vossa sabedoria eterna; aquela que circunda Vosso trono, que criou e fez, que conduz e conserva tudo. Dignai-Vos enviá-la do céu a mim, de Vosso santuário, e do trono de Vossa glória, afim de que ela esteja em mim e opere em mim; é ela que é a senhora de todas as artes celestiais e ocultas, que possui a ciência e a inteligência de todas as coisas. Faz com que ela me acompanhe em todas as minhas obras que, por seu espírito, eu tenha a verdadeira inteligência, que eu proceda infalivelmente na nobre arte à qual estou consagrado, na busca de miraculosa pedra dos sábios que ocultastes ao mundo, mas que tendes o hábito de descobrir ao menos a vossos eleitos. Que essa grande obra que tenho a fazer cá embaixo seja começada, continuada e concluída ditosamente por mim; que, contente, goze-a para sempre. Imploro-Vos, por Jesus Cristo, a pedra celeste, angular, miraculosa e estabelecida por toda eternidade, que comanda e reina Convosco.

*Oração de Nicolau*



## Dedicatória

*Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos, cunhado e cunha  
sobrinhos por existirem e sempre estarem ao meu lado, e ao  
adorável filho Pedro Eugênio, por nossa grande e infinita amizade.*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pois sem a fé que Dele emana eu não teria superado tantos obstáculos.

Aos colegas do IF-sertão Pernambucano, companheiros nos momentos de indecisão.

À professora Dr.<sup>a</sup> Edna Regina Amante, pela orientação desse trabalho.

Aos professores Dr.<sup>a</sup> Edna Regina Amante, Dr.<sup>a</sup> Débora Oliveira, Dr. Marcelo Lanza, Dr. Haiko Henze, Dr.<sup>a</sup> Elisa Helena Siegel Moecke e Dr. Marco Di Luccio que compuseram a banca examinadora na defesa dessa tese, pela disponibilidade em colaborar e pelas preciosas sugestões para o aperfeiçoamento desse trabalho.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE - pela concessão de bolsa e aporte financeiro para a execução deste trabalho.

Às alunas bolsistas Isabele da Silveira e Vanessa Maria Gervin que muito contribuíram no experimento para determinação das curvas de secagem.

À empresa PALUMA - por gentilmente ter cedido o resíduo que foi estudado no presente trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!



## RESUMO

O resíduo do processamento da goiaba (casca, polpa residual e sementes) representa 30 % da matéria prima empregada na agroindústria, desta forma, pode-se estimar que no Brasil são produzidas 52,2 mil Ton ano<sup>-1</sup> deste resíduo. A disposição geralmente em pátios, sobre lonas e próximo às unidades de processamento, gera impacto ambiental desde que por suas características de umidade e nutricionais, constitui-se em meio adequado para o desenvolvimento microbiano. O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da secagem em diferentes temperaturas sobre o teor de compostos bioativos (licopeno, carotenoides totais e compostos fenólicos) e propriedades tecnológicas de farinhas obtidas de resíduos sólidos do processamento da goiaba (*Psidium guajava*) variedade pomifera. Os dados de secagem, até massa constante, foram obtidos em estufa com circulação forçada de ar, regulada nas temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C. As farinhas foram obtidas em moinho de facas e de martelos, e armazenadas com proteção de umidade e luz até o momento das análises. A partir deste material realizou-se a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a avaliação das propriedades tecnológicas, dos teores de compostos bioativos (licopeno, carotenoides totais e compostos fenólicos), estes por espectrofotometria de absorção molecular ultravioleta-visível. Para o ajuste das curvas de secagem utilizaram-se modelos matemáticos; a composição centesimal, propriedades tecnológicas, teores de compostos bioativos foram avaliados mediante tratamento estatístico utilizando-se o teste de Tukey para comparação de médias a 5 % de probabilidade; para avaliação dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais utilizou-se o coeficiente de determinação, o desvio médio quadrático e o teste F. A secagem a 55 °C proporciona um produto seco com a menor razão de umidade. A secagem e a moagem em moinho de facas e martelos não promovem alterações nos níveis de proteínas das farinhas, cujo valor máximo foi de 9,3±0,25 g 100g<sup>-1</sup>. Os teores de cinzas, extracto etéreo, carboidratos e umidade são modificados para a moagem em moinho de facas mas não são modificados para moagem moinho de martelos. A secagem e a moagem modificam a capacidade de retenção de óleo e a capacidade de retenção de água, sendo que os valores máximos alcançados foram de 1,05±0,02 g de óleo. 100 g<sup>-1</sup> de farinha e 1,21±0,02 g de água 100 g<sup>-1</sup> de farinha para moinho de facas e de martelos, respectivamente. A secagem e a moagem não modificam a Atividade Espumante das farinhas obtidas por moagem em moinho de

facas, sendo que o valor médio obtido foi de  $0,46 \pm 0,01$ . A Atividade Emulsificante das farinhas foi modificada pelo processo de moagem, com valor máximo de  $0,50 \pm 0,02$ . Os melhores ajustes aos dados de secagem foram obtidos para o modelo Logaritmico (temperaturas de secagem de 45, 50, 55 e 65°C), Aproximação da difusão (secagem a 60°C) e Page (secagem a 70°C). As micrografias eletrônicas com aumento de 700 vezes revelaram diferenças nas estruturas das farinhas para os dois processos de moagem e temperaturas de secagem. A moagem e a secagem modificam o teor de licopeno, carotenoides e fenólicos totais da farinha do resíduo sólido do despulpamento da goiaba. Os maiores teores de licopeno e carotenóides foram obtidos do resíduo seco a 45 °C e moído em moinho de martelos e correspondeu a 4,4 e 5,9  $\mu\text{g g}^{-1}$  de farinha, respectivamente. Para compostos fenólicos, o maior teor foi obtido para moagem em moinho de facas e secagem a 50 °C, alcançado o valor de 1.130  $\mu\text{g g}^{-1}$  de farinha.

**Palavras chave:** Goiaba. Resíduos. Licopeno. Curva de secagem. Compostos fenólicos.

## ABSTRACT

The residue from the processing of guava (bark, residual pulp and seeds) is 30 % of the raw material used in the agricultural industry in this way, it can be estimated that in Brazil are produced 52.2 mil ton ano<sup>-1</sup> of this waste. The arrangement usually in courtyards, on canvas and close to the processing units, generates environmental impact provided by their moisture and nutritional characteristics, it constitutes in appropriate medium for microbial growth. This study aimed to evaluate the effects of drying at different temperatures on the content of bioactive compounds (lycopene, carotenoids and phenolic compounds) and technological properties of flour obtained from solid waste processing Guava (*Psidium guajava*) variety pomifera. Drying data until constant weight was obtained in an oven with forced air circulation, which is regulated at temperatures of 45, 50, 55, 60, 65 and 70 °C. Flours were obtained in mill knives and hammers, and stored with moisture protection and light until the time of analysis. From this material was held on Scanning Electron Microscopy (SEM), the evaluation of technological properties, the levels of bioactive compounds (lycopene, carotenoids and phenolic compounds), these spectrophotometry ultraviolet-visible molecular absorption. For adjustent of the drying curves mathematical models were used; the chemical composition, technological properties, content of bioactive compounds were evaluated by statistical analysis using the Tukey test for comparison of the 5 % of probability; to fit evaluation of mathematical models to the experimental data was used the coefficient of determination, the root mean square deviation and F test drying at 55 ° C provides a dry product with a lower moisture ratio. The drying and grinding mill knives and hammers do not promote changes in the protein levels of flour, whose maximum value was  $9.3 \pm 0.25$  g 100 g<sup>-1</sup>. The content of ash, ether extract, carbohydrates and moisture are modified for grinding knives mill but are not modified grinding hammer mill. Drying and grinding modify the oil retention capacity and water retention capacity, and maximum values obtained were  $1.05 \pm 0.02$  g oil 100 g<sup>-1</sup> flour and  $1.21 \pm 0.02$  g water 100 g<sup>-1</sup> of flour mill blades and hammers, respectively. Drying and milling do not change the foaming activity of the flour obtained by milling knife mill, and the obtained average value was  $0.46 \pm 0.01$ . The Emulsification activity of flour was modified by the grinding process, with a maximum value of  $0.50 \pm 0.02$ . The best fits to the drying data were obtained for the logarithmic model (drying

temperatures of 45, 50, 55 and 65 °C), diffusion approximation (drying at 60 °C) and Page (drying at 70 °C). The electron micrographs at 700 times increase revealed differences in the structures of flour for both grinding processes and drying temperatures. The grinding and drying modify the content of lycopene, carotenoids and phenolic flour solid residue from pulping Guava. The major carotenoid and lycopene content was obtained from the residue dried at 45 ° C and ground in a hammer mill and corresponded to 4.4 and 5.9  $\mu\text{g g}^{-1}$  of flour, respectively. Phenolic compounds, the higher content was obtained for milling knife mill and drying at 50 ° C, reached the value of 1.130  $\mu\text{g g}^{-1}$  flour.

**Keywords:** Guava. Waste. Lycopene. drying curve. Phenolic compounds.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Principais países produtores de manga e goiaba – (2010- 2011).....	30
Figura 2	Fluxograma para elaboração de doce de goiaba....	37
Figura 3	Diagrama de instabilidade de alimentos com base nos conceitos de atividade de água.....	45
Figura 4	Principais forças atuantes em diferentes tipos de moagem.....	54
Figura 5	Moinho de martelos.....	55
Figura 6	Modelos de moinhos de facas.....	56
Figura 7	Estrutura de carotenoides acíclicos e cíclicos.....	58
Figura 8	Estrutura de xantofilas.....	59
Figura 9	Estrutura básica de um flavonóide.....	63
Figura 10	Grupos mais importantes de flavonoides.....	64
Figura 11	Fluxograma de estudo para avaliação da degradação térmica de compostos bioativos e das propriedades tecnológicas do resíduo do beneficiamento da goiaba.....	66
Figura 12	Cinética de secagem do resíduo do beneficiamento da goiaba para seis temperaturas.	80
Figura 13	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 45°C e moído em moinho de facas e martelos.....	93
Figura 14	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 50°C e moído em moinho de facas e martelos.....	94
Figura 15	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 55°C e moído em moinho de facas e martelos.....	95
Figura 16	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 60°C e moído em moinho de facas e martelos.....	95
Figura 17	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 65°C e moído em moinho de facas e martelos.....	96
Figura 18	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 70°C e moído em moinho de facas e martelos.....	96

Figura 19	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 45°C e moído em moinho de facas e martelos (aumento de 55 vezes).....	97
Figura 20	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 50°C e moído em moinho de facas e martelos (aumento de 55 vezes).....	98
Figura 21	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 55°C e moído em moinho de facas e martelos (aumento de 55 vezes).....	98
Figura 22	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 60°C e moído em moinho de facas e martelos (aumento de 55 vezes).....	99
Figura 23	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 65°C e moído em moinho de facas e martelos (aumento de 55 vezes).....	99
Figura 24	Micrografias eletrônicas da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 70°C e moído em moinho de facas e martelos (aumento de 55 vezes).....	100

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição físico-química do resíduo do despulpamento da goiaba.....	38
Tabela 2	Características físico-químicas da farinha da semente de goiaba.....	38
Tabela 3	Composição química da semolina e das frações de farinha de sementes de goiaba (base seca)....	42
Tabela 4	Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de um produto.....	50
Tabela 5	Classe de compostos fenólicos em plantas.....	63
Tabela 6	Parâmetros estimados, valor de $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 45 °C.....	74
Tabela 7	Parâmetros estimados, valor de $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 50 °C.....	74
Tabela 8	Parâmetros estimados, valor de $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 55 °C.....	75
Tabela 9	Parâmetros estimados, valor de $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 60 °C.....	76
Tabela 10	Parâmetros estimados, valor de $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 65 °C.....	76
Tabela 11	Parâmetros estimados, valor de $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 70 °C.....	77
Tabela 12	Composição centesimal da farinha de resíduos do despulpamento da goiaba desidratado a várias temperaturas e moído em moinho de facas.....	84
Tabela 13	Composição centesimal da farinha de resíduos do despulpamento da goiaba desidratado a várias temperaturas e moído em moinho de martelos.....	85

Tabela 14	Capacidade de retenção de óleo (CRO) das farinhas obtidas em moinho de facas e martelos nas temperaturas de secagem do experimento (45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C).....	87
Tabela 15	Capacidade de absorção de água (CAA) das farinhas obtidas em moinhos de facas e martelos nas temperaturas de secagem do experimento (45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C)...	88
Tabela 16	Atividade emulsificante (AE) das farinhas obtidas em moinhos de facas e martelos nas temperaturas de secagem do experimento (45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C).....	91
Tabela 17	Teor de licopeno ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em resíduo do despulpamento da goiaba seco em diferentes temperaturas.....	101
Tabela 18	Teores de licopeno em diferentes cultivares de goiaba estudados por vários autores.....	103
Tabela 19	Teor de carotenóides totais ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em resíduo do despulpamento da goiaba seco em diferentes temperaturas.....	104
Tabela 20	Teores de compostos fenólicos ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) em resíduo do despulpamento da goiaba seco em diferentes temperaturas, moído em moinho de facas e de martelos....	106

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AG	Ácidos graxos
AGRIANUAL	Anuário da Agricultura Brasileira
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AR	Açúcares redutores
ART	Açúcares redutores totais
$a_w$	Atividade de água
BET	Brunauer, Emmett e Teller
Ca	Cálcio
$Ca^{2+}$	Íon cálcio
CAA	Capacidade de absorção de água
CIM	Concentração inibitória mínima
$Cl^-$	Íon cloreto
CRO	Capacidade de retenção de óleo
DMSO	Dimetil-sulfóxido
Fe	Ferro
FOS	Fruto-oligossacarídeos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISI	<i>International Scientific Instruments</i>
K	Potássio
$Li^+$	Íon lítio
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio

Na <sup>+</sup>	Íon sódio
<sup>-</sup> OH	Hidroxila
OMS	Organização Mundial de Saúde
P	Fósforo
<i>P</i>	Pressão de vapor da solução
<i>p<sub>0</sub></i>	Pressão de vapor da água pura
pH	Potencial hidrogeniônico
RMN	Ressonância magnética nuclear
S	Enxofre
Si	Silício
t	Tonelada
<i>t<sub>g</sub></i>	Temperatura de transição vítrea
USDA	<i>National Nutrient Database for Standard Reference</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>
2.1 Objetivo geral .....	27
2.2 Objetivos específicos .....	27
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>29</b>
3.1 Panorama da produção mundial de goiaba ( <i>Psidium guajava</i> ).....	29
3.2 Propriedades da goiaba ( <i>Psidium guajava</i> ) .....	31
3.3 Processamento da goiaba e resíduos do processamento .....	35
3.4 Alimentos desidratados .....	43
3.5 Curvas de secagem .....	46
3.6 Efeitos da secagem sobre as propriedades funcionais dos alimentos .....	48
3.7 Moagem .....	52
3.8 Licopeno.....	56
3.9 Degradação do licopeno .....	60
3.10 Compostos fenólicos .....	62
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>65</b>
4.1 Material .....	65
4.2 Métodos .....	65
4.2.1 Preparo das amostras .....	65
4.2.2 Construção das curvas de secagem .....	65
4.2.3 Determinação da composição centesimal.....	67
4.2.4 Caracterização microscópica das farinhas .....	68
4.2.5 Capacidade de retenção de óleo .....	68
4.2.6 Capacidade de absorção de água .....	68
4.2.7 Propriedade espumante .....	68
4.2.8 Propriedade emulsificante .....	69
4.3 Avaliação de compostos bioativos .....	69
4.3.1 Licopeno e carotenoides totais .....	69
4.3.2 Compostos fenólicos (fenólicos totais) .....	70
4.4 Estatística .....	71
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	
5.1 Curvas de secagem .....	
5.2 Composição centesimal das farinhas.....	80
5.3 Propriedades tecnológicas das farinhas de resíduos do despolpamento da goiaba.....	86
5.4 Caracterização microscópica da farinha.....	91

5.5 Compostos bioativos.....	100
5.5.1 Licopeno e carotenoides totais .....	100
5.5.2 Compostos fenólicos .....	106
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>111</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A posição do Brasil como um dos maiores produtores de frutas, representa, igualmente, uma excelente oportunidade para a valorização dos resíduos do processamento. Sementes, cascas e frutos de baixo valor agregado para o consumo *in natura*, que representam cerca de 40 % da fruta processada (LOUSADA JÚNIOR et al., 2006), poderiam ser revertidos em novos produtos.

Dentre os produtores mundiais de frutas, o Brasil ocupa a 3ª posição, com uma produção superior a 40 milhões de toneladas ao ano, porém, no comércio global, a participação brasileira é de apenas 2 % (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2014), o que denota um alto consumo interno. Dentre as frutas produzidas no Brasil, as mais importantes são a laranja, banana, uva, mamão e abacaxi, que, juntas, correspondem a 70 % do valor total da produção de frutas do país (IBGE, 2012). O Brasil é um dos maiores produtores de goiaba no mundo, com volume de produção de 345.332 toneladas, em uma área de 15.231 ha, concentrada, principalmente, nas regiões sudeste e nordeste do país (IBGE, 2012).

A goiaba (*Psidium guajava*) é uma das frutas tropicais mais consumidas e populares no mundo. Seus frutos podem ser consumidos frescos ou utilizados na indústria para produção de sucos, geleias, frutas cristalizadas e doces, como a goiabada (MARANCA, 1993; PINO, QUERIS, 2011). O consumo da goiaba é atribuído tanto por suas características sensoriais de sabor e aroma, quanto pela composição nutricional e potencialidade fitoquímica (WATANABE et al., 2011).

A *Psidium guajava* L. é uma das espécies mais estudadas da família Myrtaceae. Existem dois tipos mais comuns da fruta, a vermelha (*P. guajava* variedade *pomifera*) e a branca (*P. guajava* variedade *pyrifera*). Seus principais constituintes bioativos são taninos, flavonoides, óleos essenciais, alcoóis sesquiterpenoides e ácidos triterpenoides; além desses, a goiaba também possui em sua composição quantidades regulares de açúcares, ácidos e pectinas, sendo rica em vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6 (piridoxina), além de conter quatro vezes mais vitamina C do que a laranja, sendo que o teor dessa vitamina decresce de fora para dentro, o que implica ser a casca mais rica nesse constituinte; a goiaba também é rica em fibras e vitamina E, apresentando o dobro de licopeno presente no tomate (IHA et al., 2008).

De acordo com a morfologia da fruta, 30 % da massa destinada ao processamento constitui-se em resíduo de despulpamento, sendo que as sementes representam aproximadamente 6 % deste resíduo. Portanto, considerando que do volume total produzido no Brasil, que é de aproximadamente 174 mil toneladas/ano, e que destas, são destinados 55 % para industrialização (AGRIANUAL, 2010), pode-se estimar que são produzidas aproximadamente 28 mil t do resíduo/ano.

Inúmeros trabalhos (MANTOVANI et al., 2004; KOBORI; JORGE, 2005; ROCHA et al., 2006; NASCIMENTO; ARAÚJO; MELO, 2010) têm estudado as propriedades do resíduo do processamento da goiaba, o que evidencia o interesse da comunidade acadêmica com o desenvolvimento de novas tecnologias que proporcionem a utilização deste resíduo como matéria-prima fonte de nutrientes e com potencial para inserção na dieta de humanos; fato que proporcionaria um fortalecimento da cadeia produtiva e a geração de renda para os produtores.

Portanto, devido às características nutritivas do resíduo sólido do despulpamento da goiaba, apresenta-se como primeira ação o desenvolvimento de métodos que preservem este resíduo da deterioração, seja por ataque de microorganismos, ou reações enzimáticas ou químicas, e que o método proposto também preserve suas características nutritivas e de compostos bioativos.

Portanto, este trabalho teve como objetivo determinar as curvas de secagem para o resíduo sólido do despulpamento da goiaba (variedade pomífera) e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, em função da temperatura do ar de secagem e do teor de umidade inicial do produto, assim como avaliar modificações nos teores de compostos bioativos (licopeno, carotenoides totais e fenólicos totais), propriedades tecnológicas e morfologia da farinha do resíduo desidratado obtida por duas técnicas de moagem, ou seja, moagem em moinho de facas e moinho de martelos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Determinar as curvas de secagem para o resíduo sólido do despulpamento da goiaba (variedade pomifera) e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, em função da temperatura do ar de secagem e do teor de umidade inicial do produto, assim como avaliar modificações nos teores de compostos bioativos (licopeno, carotenoides totais e fenólicos totais), propriedades tecnológicas e morfologia da farinha do resíduo desidratado obtida por moagem em moinho de facas e moinho de martelos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Estudar a secagem do resíduo do despulpamento da goiaba em diferentes temperaturas.
- ✓ Estudar as características morfológicas por microscopia eletrônica de varredura, das farinhas obtidas dos resíduos sólidos do processamento da goiaba, em diferentes temperaturas, obtidas em moinho de martelos e de facas.
- ✓ Determinar a capacidade de absorção de água, capacidade de retenção de óleo, atividade emulsificante e espumante das farinhas obtidas.
- ✓ Determinar a composição centesimal das farinhas obtidas dos resíduos sólidos do processamento da goiaba, em diferentes temperaturas, obtidas em moinho de martelos e de facas.
- ✓ Determinar o teor de licopeno, carotenoides totais e compostos fenólicos das farinhas obtidas dos resíduos sólidos do processamento da goiaba, em diferentes temperaturas, obtidas em moinho de martelos e de facas.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Panorama da produção mundial de goiaba (*Psidium guajava*)

A goiaba foi cultivada e distribuída pelo homem, por pássaros e outros animais ao longo de tanto tempo que sua origem é duvidosa, mas acredita-se que esteja localizada em uma área que se estende do México meridional até a América Central (MORTON, 1987). Porém, não existem dúvidas quanto à sua origem americana (GONZAGA NETO; SOARES, 1994).

Desta forma, Gonzaga Neto e Soares (1994) propõem que a goiaba é originária do Brasil, onde surgiram espécies do gênero *Psidium* levadas para todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo em razão de sua fácil adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, bem como da facilidade de propagação por meio de sementes.

Embora a goiabeira tenha sido domesticada há mais de 2.000 anos, foi somente em 1526 que o primeiro cultivo comercial de goiaba foi relatado nas ilhas caribenhas, sendo difundido posteriormente, por exploradores espanhóis, até as Filipinas e Índia (YADAV, 2006).

Segundo Bracht e Santos (2011) durante o renascimento comercial, que transformou a Europa a partir do final da Idade Média, é possível se verificar, adentrando a modernidade, a existência de um fenômeno que viria a se tornar uma das mais claras marcas do mercantilismo, ou seja, a disseminação do cultivo, comercialização e consumo de uma série de determinadas plantas, oriundas das mais variadas partes do globo, nem sempre sendo esta dispersão diretamente ligada ao seu valor comercial, sendo a disseminação da goiabeira (*Psidium guajava* L.) um exemplo emblemático, visto que, embora seja uma pequena árvore nativa das regiões tropicais das Américas, depois de introduzida no Oriente, em pleno século dezesseis, pode avançar até o interior da Índia, país que apresentava terras, nessa época, exclusivas para as especiarias.

A goiabeira pertence à família *Myrtaceae*, que é composta por mais de 70 gêneros e 2.800 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do globo, principalmente na América e na Austrália (PEREIRA, 1995).

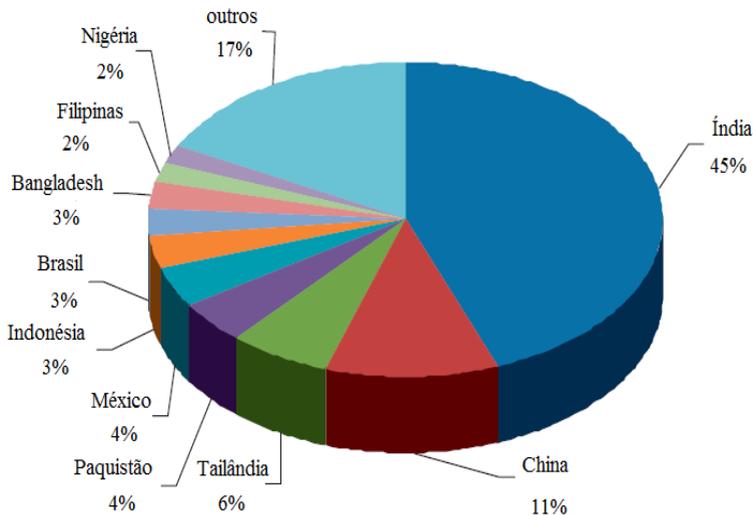
A família *Myrtaceae* também inclui outras plantas importantes que rendem produtos econômicos, a exemplo do *Eucaliptus* e algumas frutíferas dos trópicos a exemplo da pitanga, da grumichama, do jambo, da feijoa sellowiana, do cravo-da-índia, da canela, da pimenta-da-

jamaica, da murta e muitas outras (CUTTER, 1987; KWEE; CHONG, 1990).

Com relação à produção mundial, a *Food and Agriculture Organization* (FAO) não registra de forma isolada as estatísticas sobre produção de goiaba no mundo, sendo estes dados apresentados juntamente com os de manga (Figura 1), desta forma, a interpretação fica prejudicada. Porém, Pommer; Murakami; Watlington (2006), citados por Peche (2012), após levantamento junto a agências de censo estatístico e/ou agropecuário de diversos países, apontam, até o ano de 2005, como primeiro produtor a Índia, com produção anual de 1.710 mil toneladas; em segundo lugar, têm-se o Paquistão, com produção de 571,8 mil toneladas e, como terceiro produtor, o Brasil com produção de 545.533 toneladas.

Ainda, tomando por base os dados de Pommer e Murakami relativos ao ano de 2004, a quarta posição seria ocupada por Cuba (52.670 t), seguida pela África do Sul (17.645 t), México (16.184 t) e Estados Unidos, com produção de 3.674 t no Havaí.

Figura 1 Principais países produtores de Manga e Goiaba – (2010 a 2011).



Fonte: FAO (2014).

No Brasil, a goiabeira é cultivada em escala comercial em quase todas as regiões, com destaque para os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, na Região Sudeste; Bahia, Pernambuco e Paraíba, na Região Nordeste; Goiás, na Região Centro-Oeste e Rio Grande do Sul e Paraná, na Região Sul (PEREIRA, 1995). Do total produzido no país, os vinte maiores municípios produtores concentram 63,1 % da produção, semelhante à manga e ao abacaxi, onde os vinte maiores municípios produtores respondem por 65,1 e 63,0 %, respectivamente, da produção nacional, sendo esse desempenho atribuído às condições climáticas ou ao menor número de municípios produtores (IBGE, 2010).

A produção brasileira de goiaba em 2012 foi de 345.332 toneladas, com um crescimento de 0,83 % em relação ao ano anterior, com o estado de São Paulo respondendo por aproximadamente 35,8 % da produção, o que o configura como o maior estado produtor, com aproximadamente 123,4 mil toneladas da fruta fresca/ano. O estado de Pernambuco contribui com 31,0 % da produção nacional, sendo a cidade de Petrolina responsável por 78,9 % da produção estadual (IBGE, 2012).

A goiaba possui uma dupla habilidade, pois é apreciada tanto para consumo *in natura*, quanto para a produção de doces, geleias, compotas, sorvetes e outros. Do total produzido no país, aproximadamente 55 % destinam-se à industrialização (AGRIANUAL, 2010). Desta forma, o volume processado anualmente é de aproximadamente 174 mil toneladas. Considerando que o resíduo do processamento da goiaba (casca, polpa e sementes) representa 30 %, pode-se estimar que se produzem 52,2 mil.t/ano<sup>-1</sup> de resíduo que pode ser rico em nutrientes, minerais e compostos bioativos, os quais são dispostos próximo às unidades de processamento, sem proteção adequada. Por suas características nutricionais e de umidade, constituem-se um meio adequado para o desenvolvimento microbiano bem como de vetores, tais como roedores e insetos.

Embora os estudos quanto à participação das sementes no resíduo sejam ainda incipientes, apresentando informações desconstruídas, Fontanari et al. (2007) estimam que, do total processado, 12 mil toneladas correspondam a sementes.

### **3.2 Propriedades da goiaba (*Psidium guajava*)**

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define planta medicinal como sendo “todo e qualquer vegetal que possui, em um ou mais órgãos, substâncias que podem ser utilizadas com fins terapêuticos

ou que sejam precursores de fármacos semissintéticos” (VEIGA JÚNIOR; PINTO; MACIEL, 2005). Verifica-se que o uso de plantas medicinais para promoção e recuperação da saúde sofreu modificações ao longo do tempo, evoluindo desde as formas mais simples, representadas pelo uso *in natura* e administradas na forma de chás, garrafadas, pós e outros, até as formas mais sofisticadas, onde o princípio ativo (substância presente na planta e responsável pelos resultados benéficos à saúde) é isolado com a finalidade da obtenção de um medicamento sendo este denominado de fitoterápico (CARVALHO et al., 2007).

A goiaba é uma das frutas mais completas e equilibradas no que diz respeito ao valor nutritivo, e se destaca pelos baixos valores de calorias, alto teor de fibras e, principalmente, alto teor de vitamina C (PEREIRA, 1995).

Além de ser um alimento nutritivo, a goiaba é conhecida por sua atividade antidiarreica, hepatoprotetora, hipoglicemiante, hipotensora, antibacteriana e antioxidante; possuindo em sua composição fitoconstituintes, como taninos, triterpenos, flavonoides representados pela quercetina, óleos voláteis, dentre outros (KAMATH, 2008).

O uso de plantas com fins terapêuticos é uma prática milenar, historicamente presente na sabedoria do senso comum articulando cultura e saúde, uma vez que estes aspectos não ocorrem isoladamente, mas inseridos em um determinado contexto histórico (PIRIZ et al., 2010). Assim, a Organização Mundial de Saúde refere que 65 a 80 % da população mundial buscam nas plantas fins terapêuticos, seja por motivo de pobreza ou por precariedade no sistema de saúde (CALIXTO, 2000; TOMAZZONI, 2006).

No decorrer do tempo, o homem veio descobrir que as frutas possuem não só grande valor nutritivo, mas também efeito medicinal e cosmético estando, atualmente, entre os maiores agentes terapêuticos obtidos da natureza (IHA et al., 2008).

A goiabeira, uma *Myrtaceae*, é um arbusto de pequeno porte, que pode atingir de 3 a 6 metros de altura. As folhas são opostas, têm formato elíptico-ablongo e caem após a maturação. As flores são brancas, hermafroditas, eclodem em botões isolados ou em grupos de dois ou três, sempre nas axilas das folhas e nas brotações surgidas em ramos maduros (CARVALHO, 2007).

Os frutos da goiabeira são bagas que têm tamanho, forma e coloração de polpa variável em função da cultivar. Internamente,

apresentam um mesocarpo de textura firme e quatro a cinco lóculos, cheios por uma massa de consistência pastosa, onde estão numerosas sementes. A frutificação começa no segundo ou terceiro ano após o plantio no local definitivo, ou menos, dependendo se a cultivar for oriunda de propagação por estaquias. A floração ocorre entre 71 e 84 dias e os botões florais são formados entre 47 a 70 dias após a poda. A frutificação aproximadamente, 90 dias após a poda (CARVALHO, 2007).

Um levantamento do uso terapêutico da goiaba ao redor do mundo foi realizado por Ferreira (2009), o qual constatou a disseminação em países da América latina, tais como Peru, Brasil, Uruguai, Colômbia, Bolívia, Venezuela; países da América do Norte (Estados Unidos e México); continente africano (Moçambique, Gana, Senegal, Congo, África do Sul) e continente asiático (China, Filipinas), sendo o uso terapêutico mais geral a decoção de folhas e em algumas culturas é utilizada a decoção de mudas e raízes, no caso do Senegal, Taiti e Samoa, sendo que nesse caso a aplicação terapêutica visa curar a dismenorreia (cólicas menstruais) e úlceras, provocar o aborto e corrigir hemorragias uterinas.

No Brasil, o uso terapêutico envolve o tratamento da anorexia, da cólera, da diarreia, de problemas digestivos, da disenteria, da insuficiência gástrica, da inflamação em mucosas, da laringite, de dermatites, faringites e úlceras, onde a forma terapêutica é a decoção de folhas e frutos ou trituração dos frutos (FERREIRA, 2009).

Em pesquisas realizadas no Brasil quanto ao conhecimento etnobotânico em algumas comunidades rurais (COSTA-NETO; OLIVEIRA, 2000; FRANCO; BARROS, 2006; RODRIGUES; GUEDES, 2006; OLIVEIRA; BARROS; MOITA NETO, 2010; SILVA; FREIRE, 2010; PAULINO et al., 2011), a *Psidium guajava* foi lembrada em todos eles, e em um desses estudos (PAULINO et al., 2011) foi calculado o valor de uso (relação entre o número de citações e número de informantes), apresentando valor 1,00; o que revela que há um equilíbrio entre o uso e o conhecimento etnobotânico da *Psidium guajava* pela comunidade investigada.

Wend, Oliveira e Nicolete (2011) apontam a necessidade de investimento em coleta, identificação e caracterização de novas plantas como potenciais fármacos a serem empregados na terapia de inúmeras doenças inflamatórias e/ou infecciosas, tais como o sepse, aterosclerose, alergias, autoimunidade, câncer, dentre outras. Pois ainda não se conhece uma terapia efetiva para o controle do processo inflamatório,

devido à peculiaridade dos mediadores do sistema imune e subtipos celulares envolvidos em cada doença inflamatória. Nesse contexto, a *Psidium guajava* apresenta-se como um potencial anti-inflamatório, tendo como princípios ativos os taninos e as saponinas presentes em folhas novas da mesma.

Segundo Lorenzi e Matos (2008) a goiabeira é usada para diarreias na infância; o chá, em bochechos e gargarejos, é usado para inflamações da boca e da garganta ou em lavagens de úlceras e na leucorreia. As folhas têm óleo volátil rico em sesquiterpenos, entre eles o bisaboleno, além do dietoximetano e dietoxetano que dão o aroma dos frutos e o principal componente do óleo das sementes é o ácido linoleico (SOUZA et al., 1991). O extrato aquoso do "olho" (broto) da goiabeira tem intensa atividade contra *Salmonella*, *Serratia* e *Staphylococcus*, grandes responsáveis pelas diarreias de origem microbiana. A atividade é mais forte na variedade de polpa vermelha e mais fraca nas folhas adultas e casca (LORENZI; MATOS, 2008).

Araújo (2010) avaliou a ação *in vitro* da atividade antimicrobiana do extrato da *Psidium guajava* sobre micro-organismos relacionados à lesão de mucosite oral. As cepas dos micro-organismos testados, frequentemente envolvidos em lesões de mucosite oral, foram as de *Streptococcus mitis* (ATCC 903), *Streptococcus sanguis* (ATCC 10557), *Streptococcus mutans* (ATCC 25175), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027), *Candida albicans* (ATCC 40175), *Candida krusei* (ATCC 40147) e *Candida parapsilosis* (ATCC 40038), onde a avaliação da atividade antimicrobiana e a determinação da concentração inibitória mínima (CIM) foram realizadas através do método de disco-difusão em meio sólido. O extrato bruto da *Psidium guajava* foi testado nas concentrações de 500, 250, 125, 62,50, 31,25 e 15,62 mg.mL<sup>-1</sup> utilizando como solvente o dimetil-sulfóxido (DMSO).

Nesse estudo, Araújo (2010) verificou que o extrato de goiabeira (*Psidium guajava*) foi ativo apenas sobre *S. aureus* (halo de 10 mm) e *S. mutans* (halo de 12 mm) e, na determinação da CIM o extrato apresentou os seguintes valores de CIM: *S. aureus* (500 mg mL<sup>-1</sup> com 10 mm) e *S. mutans* (250 mg mL<sup>-1</sup> com 12 mm).

Diversos estudos já foram realizados para investigar a ação antimicrobiana da *Psidium guajava* (GNAM; DEMELLO, 1999; VIEIRA; RODRIGUES; GONÇALVES, 2001; HOLETZ, 2002; GONÇALVES et al., 2005; SANCHES et al., 2005; RIBEIRO et al.,

2009) e todos revelaram a ação antimicrobiana dos extratos aquosos e etanólicos para *S. aureus*.

Em estudo realizado por Alves et al. (2006), a eficácia *in vitro* do extrato de *Psidium guajava* sobre leveduras do gênero *Candida* da cavidade oral, foi satisfatória, através de análise em método de difusão em meio sólido sobre as seguintes espécies: *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. stellatoidea* e *C. krusei*.

Nascimento et al. (2000) avaliaram a atividade antimicrobiana e o efeito sinérgico de extratos vegetais e fitofármacos frente a microorganismos sensíveis e resistentes a antibióticos, onde a atividade antimicrobiana foi avaliada pela ação do extrato hidroalcoólico em cultura bacteriana, utilizando a técnica de difusão em gel de ágar, observando-se uma ação positiva do extrato da goiaba para as culturas de *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*.

### 3.3 Processamento da goiaba e resíduos do processamento

A *Psidium guajava* L. é uma das espécies mais estudadas da família *Myrtaceae*. Existem dois tipos mais comuns da fruta, a vermelha (*P. guajava* variedade *pomifera*) e a branca (*P. guajava* variedade *pyrifer*). Seus principais constituintes bioativos são taninos, flavonoides, óleos essenciais, alcoóis sesquiterpenoides e ácidos triterpenoides; além desses, a goiaba também possui em sua composição quantidades regulares de açúcares, ácidos e pectinas, sendo rica em vitaminas A, B<sub>1</sub> (tiamina), B<sub>2</sub> (riboflavina), B<sub>6</sub> (piridoxina), além de conter quatro vezes mais vitamina C do que a laranja, sendo que o teor dessa vitamina decresce de fora para dentro, o que implica ser a casca mais rica nesse constituinte; a goiaba também é rica em fibras e vitamina E, apresentando o dobro de licopeno presente no tomate (IHA et al., 2008).

No processamento da goiaba para produção de doce em pasta são realizadas as sequências ilustradas na Figura 2; sendo a saída da despoldadeira e/ou refinadeira o principal ponto de geração do resíduo sólido, constituído por cascas, sementes e polpa residual.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de determinar a composição do resíduo obtido da agroindústria de goiaba para aplicação do mesmo em diversos setores (SILVA et al., 2009; HERNÁNDEZ-ACOSTA et al., 2011; SANTOS, 2011).

Silva et al. (2009) avaliaram a composição físico-química e o valor energético do resíduo das agroindústrias da goiaba e do tomate com vistas em aplicação na alimentação de frangos de corte; os valores

encontrados para o resíduo da agroindústria da goiaba (Tabela 1), caracterizam o mesmo como indicado para a dieta de frangos de crescimento lento.

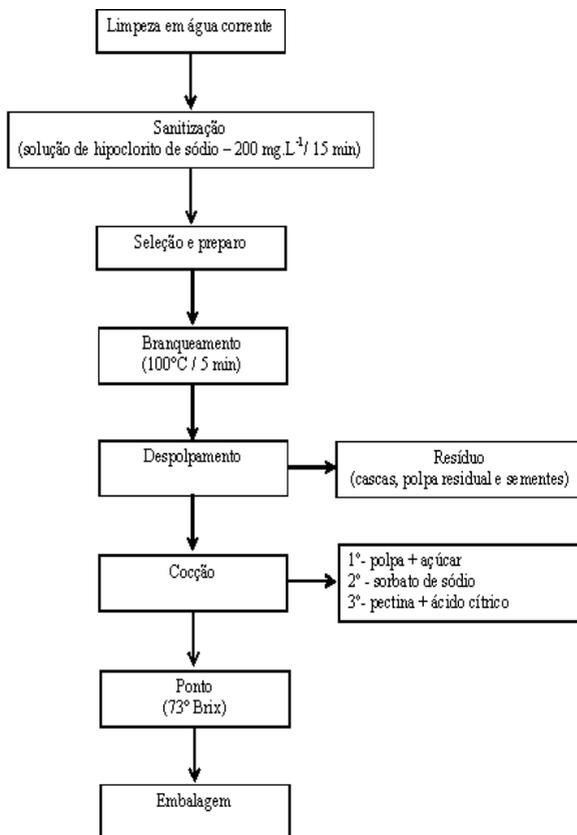
Santos (2011) analisou a composição química do pó das sementes oriundas dos resíduos da agroindústria da goiaba (Tabela 2). Nesse trabalho foram determinados os teores de minerais, onde foram encontrados: fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), silício (Si) e ferro (Fe). Observando-se um teor mais elevado para o fósforo (1,51 g/ 100g).

Além da composição físico-química do resíduo da agroindústria da goiaba, vários estudos têm sido conduzidos para avaliar o perfil de ácidos graxos (AG), tanto das sementes (SANTOS, 2011) quanto do resíduo integral, ou seja, sementes e cascas conjuntamente.

Santos (2011) avaliou o perfil de ácidos graxos (AG) do pó da semente. Os ácidos graxos detectados foram: mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico, gama-linolênico, gadoleico e erúico, sendo que os ácidos graxos majoritários foram linoleico (75,54 %), oleico (10,65 %), palmítico (7,04 %) e esteárico (5,05 %).

Uma estimativa do montante de resíduos foi realizada por Mantovani et al. (2012); assim, considerando-se somente o Estado de São Paulo, onde são produzidas 230 mil t/ano da fruta (AGRIANUAL, 2004) e que 55 % desse volume é destinado à industrialização (130 mil t) e que em média 8 % da goiaba processada constitui o resíduo, ter-se-ia, anualmente, produção de 10 mil t do resíduo, nos quais estariam contidos, segundo Fernandes et al. (2002), cerca de 170 t de N, 20 t de P e 30 t de K, nutrientes que não estão sendo aproveitados.

Figura 2 Fluxograma para elaboração de doce de goiaba em pasta



Fonte: adaptado de Menezes et al. (2009)

Com relação ao volume de resíduo gerado pela agroindústria da goiaba, Fontanari (2006), com base nas toneladas processadas (200 mil t/ano) estima que 12 mil t/ano de resíduo correspondente a sementes são produzidas no país.

Tabela 1 Composição físico-química do resíduo do despulpamento da goiaba.

Item	Farelo de goiaba
Matéria seca, %	90,81
Proteína bruta, %	10,09
Extrato etéreo, %	11,71
Matéria mineral, %	1,25
Fibra bruta, %	55,62
Fibra detergente neutro, %	64,06
Fibra detergente ácido, %	57,38
Hemicelulose, %	6,67
Extrativo não nitrogenado, %	12,74
Carboidrato não estrutural, %	4,30
Energia bruta, kcal/kg	4.290
Densidade, g/mL	576,32
Diâmetro médio, $\mu\text{m}$	1.271,56

Fonte: Silva et al. (2009).

Tabela 2 Características físico-químicas da farinha da semente de goiaba.

Parâmetro	Teor
Atividade de água	$0,62 \pm 0,00$
pH	$5,85 \pm 0,02$
Acidez (g/L)	$0,20 \pm 0,03$
Umidade (%)	$6,35 \pm 0,06$
Cinzas (%)	$1,36 \pm 0,02$
Proteína bruta (%)	$1,12 \pm 0,03$
Fibra bruta (%)	$53,59 \pm 0,71$
Gordura total (%)	$9,59 \pm 0,38$

Fonte: Santos (2011).

As agroindústrias alimentícias brasileiras produzem resíduos que ainda contêm uma quantidade expressiva de componentes bioativos com potencial para serem revertidos em matérias primas industriais ou servirem de substratos para produção de novos materiais, com benefícios ao homem e ao meio ambiente (NASCIMENTO et al., 2010).

Muitos frutos comestíveis são processados para fabricação de sucos naturais, sucos concentrados, doces em conserva, polpas e extratos, sendo o resíduo, composto por cascas, peles e sementes, abandonado a céu aberto, próximos às unidades processadoras ou em aterros sanitários (NICANOR et al., 2001).

A capacidade antioxidante do resíduo agroindustrial da goiaba foi estudada por Nascimento et al. (2010) mediante extração dos compostos fenólicos totais por solventes (água: acetona e água: metanol), onde a fração hidroacetônica apresentou o maior teor de fenóis totais ( $5.317,27 \mu\text{g mL}^{-1}$ ), utilizando-se o método de co-oxidação  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e inibição da peroxidação do ácido linoleico; com os resultados desses estudos apontando para uma inibição eficiente da oxidação na etapa inicial da mesma.

Hernández-Acosta et al. (2011) e Melo (2011) em trabalhos independentes, avaliaram a capacidade antioxidante do extrato fenólico desse resíduo. Hernández-Acosta et al. (2011) obtiveram o extrato fenólico mediante extração com dióxido de carbono supercrítico, utilizando o etanol como cosolvente. Melo (2011) realizou a extração dos fenóis totais do resíduo utilizando solventes de diferentes polaridades (hexano, clorofórmio, acetato de etila, etanol: água e apenas água); os estudos concluem pela possibilidade de utilização desses extratos fenólicos na indústria de alimentos como fonte de agentes antioxidantes.

Kobori e Jorge (2005) realizaram a extração do óleo das sementes de goiaba, por solvente (éter de petróleo) em sistema de extração contínua de bancada (Soxhlet); após extração, os óleos foram caracterizados por meios analíticos padrões para óleos e gorduras, ou seja, ácidos graxos livres, índice de saponificação, índice de iodo, índice de peróxidos, matéria insaponificável e estabilidade oxidativa; com os resultados sugerindo que os mesmos possuem características físico-químicas semelhantes a alguns óleos comestíveis e dessa forma, podem constituir em uma nova fonte de óleos para consumo humano.

Kadam, Kaushik e Kumar (2012) afirmam que as sementes de goiaba são ricas em ácidos graxos ômega-3 e ômega-6, ácidos graxos poli-insaturados, fibras dietéticas, riboflavina, proteínas e sais minerais.

Resíduos do processamento da goiaba para obtenção de polpa congelada, quando transformados em pó alimentício após secagem em estufa a vácuo a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  por 16 horas e trituração em liquidificador doméstico, foram avaliados por Uchoa et al. (2008) em relação aos sólidos solúveis totais ( $^\circ \text{Brix} = 10,48 \pm 0,00$ ), pH ( $4,60 \pm 0,08$ ), umidade ( $3,33 \pm 0,11 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ), proteínas ( $1,16 \pm 0,46 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ), açúcares redutores (AR) ( $5,31 \pm 0,13$ ) em % de glicose, açúcares totais ( $5,31 \pm 0,13$ ) em % de glicose, acidez ( $1,21 \pm 0,16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), Vitamina C ( $21,55 \pm 3,66 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e cinzas ( $2,14 \pm 0,32 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ), fibra bruta ( $39,56 \pm 0,40 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ) e fibra alimentar ( $24,46 \pm 3,73 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), de

forma que estes resultados possibilitaram ao autor concluir que os pós obtidos nas condições do estudo, são fontes de vitamina C e apresentam um alto teor de fibra bruta e alimentar, o que os credita ao uso em formulações de novos produtos alimentícios como bolachas, biscoitos, pães e sopas.

A biomassa dos recursos naturais apresenta características que a tornam apropriadas para o uso em processos biofermentativos, em especial a fermentação em estado sólido, cujos produtos podem ser enzimas (pectinases, hemicelulases, celulases, amilases, fitases ou tanases), substâncias orgânicas (ácido cítrico, ácido giberélico) e carotenoides (GALEMBECK et al., 2009).

Fontanari et al. (2007) determinaram as propriedades funcionais do isolado proteico obtido das sementes de goiaba oriundas de uma indústria de alimentos, com relação à capacidade de absorção de óleo e água, capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão, propriedades de geleificação e capacidade e estabilidade de formação de espumas, concluindo que o isolado proteico da semente de goiaba apresenta diferentes solubilidades as quais variam com o pH e a concentração de sal; apresenta baixa capacidade de absorção de água e óleo, porém a atividade e estabilidade de emulsão, bem como a estabilidade e capacidade de formação de espuma apresenta valores satisfatórios e semelhantes aos de outras proteínas já utilizadas como ingrediente alimentício, o que caracteriza esse resíduo como fonte alternativa para aplicação como elemento funcional em alimentos processados.

Salib e Michael (2004), isolaram da semente da goiaba, após eluição do extrato hidroacetônico (80:20) em coluna cromatográfica, nove glicosídeos, sendo cinco flavonoides, dois compostos fenólicos e dois feniletanóides.

Porém, com relação à utilização dos subprodutos da agroindústria da goiaba na alimentação de ruminantes, há necessidade de maiores estudos que visem melhorar o seu valor nutritivo, tal como a utilização de tratamentos químicos ou físicos (LOUSADA JÚNIOR et al., 2005).

Hussein et al. (2011) utilizaram a farinha da semente da goiaba no processamento de massa alimentícia e compararam as propriedades tecnológicas e sensoriais dos dois produtos. Nesse trabalho, inicialmente as sementes de goiaba foram lavadas, secas em estufa a 50 °C, desengorduradas em hexano e moídas em moinho Quadrumat Junior de Brabender; o processo de moagem foi realizado por três vezes, obtendo-se frações menores que 20 mesh, iguais e maiores que 40 mesh. Assim,

para obtenção das pastas de semolina, frações menores que 20 mesh foram misturadas com semolina nas proporções de 10, 20 e 30 %.

Os resultados desse trabalho apontaram as três frações da farinha de goiaba como fontes de fibra, sendo que os teores variaram de acordo com a granulometria, desta forma, para as frações menores que 20 mesh, entre 20 e 40 mesh e maiores que 40 mesh, os teores de fibra bruta variaram entre 31, 30 e 39 %, respectivamente; sendo esses teores superiores ao teor de fibra bruta da semolina (17,18 %).

Em comparação à semolina, os teores de umidade, cinzas e proteínas das frações da farinha de semente de goiaba obtida no estudo de Hussein et al. (2011), apontam diferenças como ilustrado na Tabela 3.

Nicanor et al. (2005) avaliaram as propriedades funcionais das glutelinas extraídas da semente de goiaba, após extração das albuminas, globulinas e prolaminas, cuja contribuição é de 14 % , sendo o restante correspondente às glutelinas. Assim, para as diversas frações isoladas com reagentes específicos (tampões borato, soluções de hidróxido de sódio), o perfil de solubilidade determinado foi em “U”, compreendendo a faixa ácida de pH entre 5 e 6, estando neste intervalo o ponto isoelétrico (pI), e atingindo a máxima solubilidade em pH na faixa alcalina.

Com relação às características hidrofóbicas das proteínas presentes na semente de goiaba, estes autores concluíram que a solubilidade das glutelinas da semente de goiaba não é determinada apenas pela interação entre grupos hidrofóbicos. Para a capacidade de retenção de água (CRA), propriedade inversa à solubilidade, valores diferenciados foram detectados, de forma que a fração extraída com a solução de hidróxido de sódio correspondeu a maior CRA, que neste caso particular, é contrária à elevada solubilidade desta fração, porém os autores justificam que o aumento de solubilidade não provoca uma redução proporcional na CRA.

A atividade emulsificante das glutelinas extraídas da semente da goiaba com solução de hidróxido de sódio, apresentam maior valor a pH 10,0; possivelmente devido ao aumento da solubilidade, o que favorece a interação entre a proteína e a fase aquosa (NICANOR et al., 2005).

Tabela 3 Composição química ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) da semolina e das frações de farinha de sementes de goiaba (base seca).

Farinha	Umidade	Proteínas	Gordura	Cinzas	Carboidrato
Semolina	$11,22 \pm 0,5$	$13,86 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,01$	$0,82 \pm 0,05$	$76,32 \pm 0,3$
Fração 1 <sup>(a)</sup>	$6,52 \pm 0,4$	$16,91 \pm 0,1$	$5,02 \pm 0,19$	$1,65 \pm 0,1$	$59,24 \pm 0,4$
Fração 2 <sup>(b)</sup>	$5,71 \pm 0,3$	$11,07 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,08$	$1,19 \pm 0,1$	$74,16 \pm 0,5$
Fração 3 <sup>(c)</sup>	$3,75 \pm 0,4$	$5,2 \pm 0,1$	$1,02 \pm 0,05$	$0,64 \pm 0,1$	$72,95 \pm 0,6$

(a), (b) e (c) frações da farinha de semente de goiaba de granulometria maior, entre 20 e 40 e menor que 40 meshes

Fonte: adaptado de Hussein et al. (2011).

### 3.4 Alimentos desidratados

A remoção de água pelo processo de secagem é uma das técnicas de preservação de alimentos mais antigas utilizadas pelo homem e, quando comparada a outros métodos de conservação para períodos longos como a refrigeração, a esterilização ou tratamentos químicos, a desidratação oferece menor custo e operações mais simples. A remoção de umidade provoca a diminuição da atividade de água do produto, inibindo o desenvolvimento de micro-organismos e retardando alterações de origem físico-química (CANO-CHAUCA et al., 2004).

A desidratação de alimentos proporciona produtos compactos, fáceis de transportar e com valor nutricional concentrado, já que neste processo a água é removida. A retirada da água, pela secagem, é um método eficaz de controle de desenvolvimento microbiano, conseqüentemente, apresentando estabilidade no armazenamento (GONÇALVES; BLUME, 2008)

A secagem ou desidratação é uma técnica de conservação de alimentos, cujo mérito reside na redução do teor de água livre; no caso de produtos vegetais, onde a água representa em média 80 % da composição, o processo de secagem representa uma redução de custos em transporte e manipulação do produto (GABAS, 1998).

A água é um constituinte dos alimentos que afeta sua estabilidade, segurança, qualidade e propriedades físicas. O teor de água nos alimentos pode variar de 1 a 98 %; assim, alimentos *in natura*, tal como frutas e vegetais têm um elevado teor de água, enquanto produtos secos e massas alimentícias apresentam teores reduzidos de água. A origem da água nos alimentos pode ser natural ou adicionada durante o processo de fabricação (LEWICKI, 2004).

A conservação de alimentos pela desidratação representa uma das formas mais antigas e importantes de se industrializar os produtos alimentícios e consiste em um processo combinado de transferência de calor e massa (MOURA et al., 2004) e que necessita ser otimizado para cada alimento em particular.

Entre 1953 e 1957, Scott propôs que a atividade de água ( $a_w$ ) fosse definida pela relação entre a pressão de vapor da água em um alimento ou solução ( $p$ ) e a pressão de vapor da água pura ( $p_0$ ), na mesma temperatura e pressão normal, o que sugere que o alimento está em equilíbrio com a atmosfera que o rodeia (Equação 1).

$$a_w = \frac{p}{p_0} \quad \text{Equação 1}$$

Então, de uma forma genérica, a atividade de água indica a intensidade das forças que ligam a água aos constituintes não aquosos (DAMODARAN, 2007), sendo a natureza da interação determinada pela composição química do alimento. Sendo a molécula da água polar, cuja configuração espacial, proposta por Bjerrum em 1951 (LEWICKI, 2004), assemelha-se a um tetraedro regular, ao interagir com o soluto, reação denominada hidratação, a molécula de água pode formar ligações de hidrogênio. Quando a interação é com moléculas polares, e no caso particular de substâncias iônicas, as quais se encontram dissociadas, há formação de uma camada de hidratação que é proporcional à densidade de carga do íon. Assim, íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) são hidratados com seis moléculas de água, no entanto o íon lítio ( $\text{Li}^+$ ), por exemplo, hidrata-se com quatro moléculas de água.

Porém, quando da interação entre moléculas que contêm grupos polares, a exemplo da hidroxila ( $\text{OH}^-$ ), o número de ligações de hidrogênio formadas não pode ser estimado apenas pela presença de grupos polares presentes na estrutura do soluto, pois há uma modificação na conformação espacial da estrutura água / soluto (FRANKS, 1988 citado por LEWICKI, 2004).

Nas macromoléculas, tais como proteínas ou polissacarídeos, as interações intra-moleculares modificam a nuvem eletrônica da molécula de água, de forma que surgem regiões com deficiência de carga e outras com excesso desta. Assim, formam-se ligações de hidrogênio e a molécula de água liga-se fortemente à estrutura do biopolímero (LEWICKI, 2004).

Dependendo das características do soluto (polaridade, tamanho iônico, dissociação e outras), ao interagir com as moléculas de água, podem ser previstos duas condições: a molécula de água encontra-se imobilizada na estrutura da macromolécula ou livre para formar ligação de hidrogênio ou ligação iônica, e nesta situação, denomina-se água de hidratação.

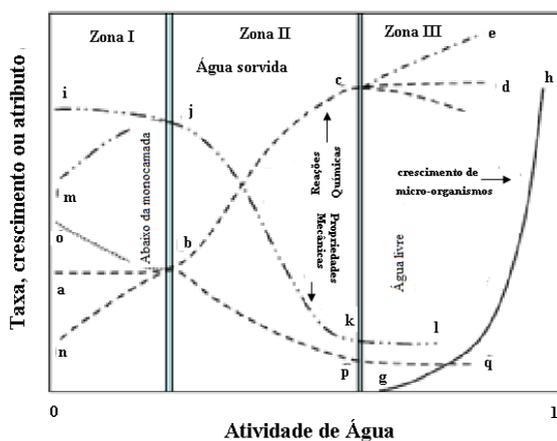
A relação existente entre a atividade de água e susceptibilidade de deterioração de alimentos por ação de micro-organismos, reações químicas ou enzimáticas foi estudada por Labuza et al. (1975).

No diagrama da Figura 3, observa-se que o desenvolvimento de micro-organismos, as reações bioquímicas e as características mecânicas

do alimento relacionam-se em três zonas correspondentes a intervalos de atividade de água. Assim, observa-se que na zona I do diagrama, correspondente à monocamada BET (Brunauer, Emmett e Teller), o alimento é mais estável em relação às reações bioquímicas devido à redução destas (RAHMAN, 2010).

Segundo Lewicki (2004), o conceito de atividade de água, por si só não é suficiente para prever a estabilidade de um alimento uma vez que algumas situações não podem ser explicadas com base naquele conceito.

Figura 3. Diagrama de instabilidade de alimentos com base nos conceitos de atividade de água.



Fonte: adaptada de Rahman (2010).

Assim: (i) A definição de atividade de água presume que o alimento esteja em equilíbrio com a atmosfera que o cerca. Porém, os alimentos de baixo a intermediário teor de água, por estarem na fase sólida e, portanto, apresentarem uma estrutura amorfa, cristalina, semicristalina ou vítrea, apresentam-se em estado de não equilíbrio. (ii) Os limites críticos de atividade de água podem ser deslocados para níveis mais baixos ou mais altos, devido aos efeitos do pH, presença de

sais, agentes antimicrobianos, tratamento térmico ou por radiação eletromagnética e temperatura de armazenamento. (iii) Os solutos utilizados para redução da atividade de água também terão efeito no comportamento das reações de deterioração do alimento. (iv) O conceito de atividade de água não indica exatamente quanto de água livre existe e embora os sinais de ressonância magnética nuclear (RMN) possam ser relacionados com a atividade de água, este conhecimento apenas aponta a quantidade de água fortemente ligada e livre, o que é um indicativo do poder de reação destas. (v) A mudança da atividade de água com a temperatura é relativamente baixa, porém a temperatura afeta significativamente as taxas de velocidades de reações no alimento. (vi) Muitas mudanças físicas tais como cristalização, gelatinização, a aglomeração, a viscosidade e a difusividade, não podem ser explicadas apenas com o conceito de atividade de água.

Desta forma, um modelo, com base na temperatura de transição vítrea, tem sido proposto para enriquecer o conceito de atividade de água (MALTINI, 2003), sendo especialmente útil na previsão da estabilidade para alimentos de umidade baixa ou intermediária.

A mudança de fase mais comum em alimentos é a transição vítrea, que consiste em uma transição de fase de segunda ordem de um estado sólido-vítreo para um estado semilíquido gomoso. A transição vítrea de um composto ocorre a uma temperatura determinada, denominada temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ), que é variável com a composição do alimento, principalmente com a umidade (PARK et al., 2006).

O conhecimento do comportamento da temperatura de transição vítrea em função da umidade dos alimentos é essencial para a determinação das melhores condições de processamento e armazenagem dos mesmos (LEITE et al., 2005).

### **3.5 Curvas de secagem**

A secagem de sólidos é uma operação unitária comum a diversas atividades industriais, tais como no processamento de produtos agrícolas, de papel e celulose, cerâmica, alimentos, medicamentos e polímeros (PARK et al., 2004). Segundo Menon e Mujundar (1987) citados por Park (2007), devido à dificuldade de interpretação dos fenômenos envolvidos, pois envolve transferência simultânea de calor, massa e movimento no sólido, a operação de secagem é um misto de ciência, tecnologia e arte, sendo necessário uma fundamentação baseada em extensiva observação experimental e experiência operacional.

Assim, a secagem destina-se à remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido. Para realizar-se a secagem é necessário o fornecimento de calor para evaporar a água do material, presente na forma de umidade; além do fornecimento de calor, o processo também requer a remoção do vapor de água formado a partir da superfície do material seco (PARK et al., 2007).

Park et al. (2007) descrevem os períodos de secagem como: período 0 (estágio em que ocorre elevação ou diminuição gradual da temperatura do material até que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa), período 1 (período de velocidade constante de secagem, em que a transferência de massa e de calor são equivalentes em virtude da quantidade de água ser suficiente na superfície), período 2 (consiste no estágio de velocidade de secagem decrescente – velocidade de secagem diminui – devido à deficiência de água na superfície).

As informações obtidas a partir das curvas de secagem destinam-se ao desenvolvimento de processos e dimensionamento de equipamentos; desde que, avaliando-se os dados fornecidos pela curva de secagem é possível estimar o tempo de secagem de certa quantidade do produto, os gastos energéticos envolvidos no processo de secagem; estes fatores influenciam o preço final do produto (VILELA; ARTUR, 2008).

Vários tipos de secadores podem ser utilizados, a opção por um ou outro é realizada com base em determinadas características do processo, tais como as características do alimento, facilidade de processamento, volume a processar, condições da matéria prima, fatores econômicos e características pretendidas para o produto após a secagem (FREIRE, 1992). Dentre essas características está a capacidade de absorção de água, a porosidade e a cor (TSAMI; KROKIDA; DROUZAS, 1999).

Durante a secagem do alimento, várias mudanças estruturais podem ocorrer, tais como alterações na solubilidade, na hidratação posterior, na densidade, na forma e tamanho e na porosidade (PEDRO, 2009).

O estudo de sistemas de secagem, seu dimensionamento, otimização e a determinação da viabilidade de sua aplicação comercial, podem ser feitos por simulação matemática (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 1999).

A secagem de produtos higroscópicos pode ser descrita por métodos teóricos, semiteóricos e empíricos. Nos métodos teóricos

normalmente se consideram as condições externas sob as quais a operação ocorre como também os mecanismos internos de transferência de energia e massa e seus efeitos (SOUZA et al., 2011).

Para Brooker, Bakker-Arkema e Hall (1992), citados por Resende (2010), são exemplos de modelos teóricos o fluxo hidrodinâmico e as difusões: líquida, capilar, superficial, de vapor e térmica.

Os modelos semiteóricos para a transferência de massa baseiam-se na Lei de Newton para o resfriamento, a qual presume que as condições sejam isotérmicas e que a resistência à transferência de água se restrinja apenas à superfície do produto (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992). Entre os modelos semiteóricos, o modelo de Dois Termos (HENDERSON, 1974), o de Henderson e Pabis (1961) e o de Page (1949), têm sido amplamente utilizados, segundo Panchariya, Popovic e Sharma (2002), citados por Souza et al. (2011). A Tabela 4 ilustra alguns modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos agrícolas.

Assim, a simulação experimental, cujo princípio se fundamenta na secagem de sucessivas camadas delgadas do produto, utiliza um modelo matemático que representa satisfatoriamente a perda de umidade do produto durante o período de secagem (COSTA et al., 2011).

De acordo com Queiroz, Pereira e Melo (1995) o método empírico consiste em formar grupos físicos adimensionais que podem ser facilmente investigados por experimentos de laboratório e baseia-se nas condições externas, como temperatura, razão da mistura e velocidade do ar de secagem. Dentre esses modelos, tem-se o de Thompson, Peart e Foster (1968) e o de Wang e Singh (1978), tradicionalmente utilizados nos estudos de secagem de produtos agrícolas e de alimentos (MARTINAZZO et al., 2007).

Souza (2003) destaca que o estudo sobre a forma como ocorre a secagem de um sólido pode basear-se no mecanismo interno de escoamento da umidade, no qual exige-se, em geral, uma investigação minuciosa das condições internas, fundamentada em conceitos de transferência de massa e calor ou na influência das condições externas, como temperatura e velocidade do ar de secagem e umidade inicial do produto que é o mecanismo mais utilizado, pois, seus resultados são aplicáveis no projeto e avaliação de equipamentos de secagem.

### **3.6 Efeitos da secagem sobre as propriedades funcionais dos alimentos**

As características dos alimentos produzidos por desidratação tais como: porosidade, absorção de água e cor, são fortemente influenciadas pelo método de secagem utilizado (TSAMI, KROKIDA; DROUZAS, 1999).

Tabela 4 Modelos matemáticos empíricos utilizados para prever a secagem de um produto.

Equação	Modelo
$RX = 1 + at + Bt^2$	Wang e Sing (WANG; SING, 1978)
$RX = a.exp(-k.t) + (1-a).exp(-k_1.t)$	Verma (VERMA et al., 1985)
$RX = \exp[-a-(a^2+4.b.t)^{0.5}]/2.b]$	Thompson (THOMPSON et al., 1968)
$RX = \exp(-k.t^n)$	Page (PAGE, 1949)
$RX = \exp(-k.t)$	Newton (LEWIS, 1921)
$RX = a.exp(-k.t^n) + b.t$	Midilli (MIDILLI, 2002)
$RX = a.exp(-k.t) + c$	Logarítmico (YAGCIOGLU et al., 1999)
$RX = a.exp(-k.t)$	Henderson e Pabis (HENDERSON;
$RX = a.exp(-k.t) + b.exp(-k_0.t) + c.exp(-k_1.t)$	Henderson e Pabis modificado
$X = a.exp(-k.t) + (1-a).exp(-k.a.t)$	(KARATHANOS, 1999)
	Exponencial de Dois Termos (SHARAF-ELDEE et al., 1980)
$X = a.exp(-k_0.t) + b.exp(-k_1.t)$	Dois Termos (HENDERSON, 1974)
$X = a.exp(-k.t) + (1-a).exp(-k.b.t)$	Aproximação da Difusão (KASSEM, 1998)

Onde: t: tempo de secagem, h, k, ko, k1: constantes de secagem, h<sup>-1</sup>; a, b, c, n: coeficientes dos modelos.

Fonte: adaptado de Souza et al. (2011).

Durante a secagem de um alimento podem ocorrer modificações na solubilidade, nas propriedades de reidratação, no tamanho, na porosidade, na densidade aparente e verdadeira, forma e em outros parâmetros que influenciam diretamente na sua capacidade de sorção de água quando secos (GOULA; ADAMAPOULOS, 2005; FRANCISCONI et al., 2003; ABADIO et al., 2004; SITU; LAWAL, 2007; PEDRO; TELIS-ROMERO; TELIS, 2010); as condições de secagem também afetam a cor (CAI; CORKE, 2000; FRANCISCONI et al., 2003; ABADIO et al., 2004), e o aroma (BHANDARI et al., 1999).

Oliveira et al. (2006) avaliaram as características físico-químicas (sólidos solúveis por Brix, relação umidade/sólidos totais, pH, proteínas, extrato alcoólico, acidez total titulável, açúcares redutores, cinzas, ácido ascórbico e cor (representada pelo parâmetro de luminosidade “\*L”), da polpa de pitanga integral e em pó (com e sem adição de maltodextrina) após secagem em secador por aspersão; concluindo que as polpas de pitanga integral e formulada apresentaram características físico-químicas diferentes; sendo que a polpa integral apresentou maiores valores de umidade, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores (AR), proteínas, extrato alcoólico, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo em relação à polpa formulada e, a polpa formulada apresentou maiores valores de sólidos totais e sólidos solúveis totais.

Santos (2009) realizou uma análise comparativa da secagem de sementes de girassol da variedade EMBRAPA 122, utilizando uma estufa de convecção forçada e um secador infravermelho, por uma abordagem experimental dos aspectos relacionados à transferência de massa, eficiência energética e qualidade do produto; concluindo que os potenciais de regeneração fisiológica e as composições físico-químicas das sementes secas pelos dois métodos de secagem foram similares. No entanto, para fins de extração de óleo, não é recomendada a secagem convectiva a 30 °C, devido ao longo tempo de exposição do material ao ar, que contribui para a oxidação da fração lipídica contida na semente.

Ferreira e Silveira Júnior (1999) avaliaram as características físicas e sensoriais do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) seco a vácuo, a diferentes pressões (0,54; 0,41 e 0,21 atm). Concluíram que nas amostras secas a vácuo, em relação a amostras comerciais, presumivelmente secas a pressão atmosférica, com processo convencional de secagem, tem-se uma perda menor dos componentes voláteis, ou seja, maior preservação do aroma; entretanto, os diferentes tratamentos não produzem diferenças quanto à cor dos produtos finais.

Tonon, Brabet e Hubinger (2009) avaliaram a influência da temperatura do ar de secagem e da concentração do agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó e concluíram que o aumento da temperatura resultou em partículas maiores, menos úmidas, mais higroscópicas e com menor retenção de antocianinas, além de provocar uma diminuição do parâmetro de cor  $L^*$  e do ângulo de tom  $H^*$ . O aumento na concentração do agente carreador (maltodextrina) resultou em partículas maiores e menos higroscópicas, com maior luminosidade ( $L^*$ ), menores valores de  $C^*$  e maiores valores de  $H^*$ , o aumento da temperatura levou à formação de uma maior quantidade de partículas com superfície lisa, fato atribuído à maior transferência de calor e, conseqüentemente, à formação mais rápida de uma membrana ao redor da gota atomizada.

Castoldi (2012) avaliou algumas propriedades físicas (tempo de instantaneização e cor) de tomate em pó obtido pelo processo de secagem de *Refractance Window*®, utilizando um aparato em regime descontínuo com os princípios do equipamento comercial. Os experimentos foram conduzidos com variação da temperatura da água de aquecimento (65, 75, 85 e 95 °C), da espessura da camada de espalhamento da polpa de tomate *in natura* (2 e 3 mm) e utilizando filme *Mylar*® transparente e pintado de preto. Como resultados, a autora relata que ao utilizar o filme *Mylar* transparente, os pós apresentaram intensa coloração vermelha e menores valores de diferença de cor ( $\Delta E^*$ ), mesmo para as temperaturas de processo mais elevadas. Enquanto que para o filme pintado foi observada uma coloração acastanhada nas temperaturas mais altas e um maior valor de  $\Delta E^*$ . Com relação à solubilidade, os pós de tomate apresentaram considerável solubilidade, com resultados variando de 86 a 94 %.

### 3.7 Moagem

A moagem promove a redução do tamanho das partículas, quando há necessidade de cortar ou romper em tamanhos pequenos para a elaboração do produto final. Nos processos industriais a redução de tamanho dos sólidos é realizada para atender distintos métodos de processo e com finalidades diferentes (FELLOWS, 2006).

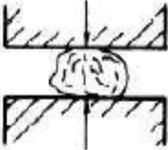
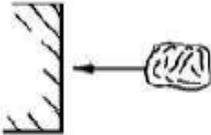
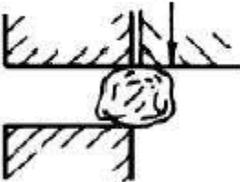
A redução dos produtos em partículas menores aumenta também a reatividade dos sólidos, permite a separação por métodos mecânicos de ingredientes reduzindo o tamanho de um material fibroso para ser mais facilmente tratado durante o seu processamento. A redução de tamanho de partículas no processamento de alimentos

apresenta as seguintes vantagens: aumento da relação superfície /volume, aumentando, com isso, a eficiência de operações posteriores e uniformidade do tamanho das partículas do produto, auxiliando na homogeneização de produtos em pó ou na solubilização dos mesmos (PERRY; GREEN, 1997).

A moagem é uma operação unitária frequentemente utilizada com grãos, para reduzi-los a farinha. A trituração ou moagem pode ser considerada muito ineficaz do ponto de vista energético. Somente uma pequena parte da energia é empregada realmente para a ruptura ou fragmentação do sólido. A maior parte se dirige para a deformação desse sólido e a criação de novas linhas de sensibilidade que pode produzir a ruptura sucessiva dos fragmentos. O resto da energia se dissipa em forma de calor (PERRY; GREEN, 1997).

As principais forças que atuam no processo de redução de tamanho e o tipo de moinho utilizado, é mostrado na Figura 4.

Figura 4 Principais forças atuantes em diferentes tipos de moagem.

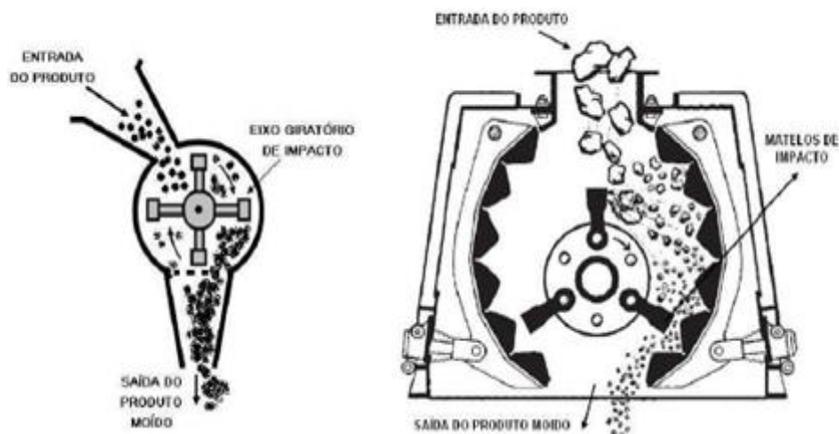
Força	Sistema de Operação	Tipo de Equipamento
Compressão		Moinho de Rolos
Impacto		Moinho de Martelo
Atrito		Moinho de Disco de Atrito
Corte		Moinho de Facas Rotativas

Fonte: AGB (2010).

Os principais moinhos empregados no processamento de alimentos são: moinho de martelos, moinho de rolos, moinhos de discos de atrito, moinho de bolas, moinho coloidal, moinho de facas e moinho dispersor, cada um deles cumprindo funções específicas e adequadas aos diferentes tipos de operações (AGB, 2010).

O moinho de martelo (Figura 5) é usado para reduzir o material de tamanho entre intermediário a pequeno. Para materiais frágeis não abrasivos. Para materiais fibrosos como o milho, soja e café. Também utilizado para trituração de legumes e frutas, dos quais posteriormente se obtém sucos mediante filtração. Neste tipo de moinho, um rotor montado em um cilindro horizontal gira em alta velocidade promovendo a trituração do material. Os martelos podem ser fixos ou móveis, balançando dentro do cilindro (PERRY; GREEN, 1997).

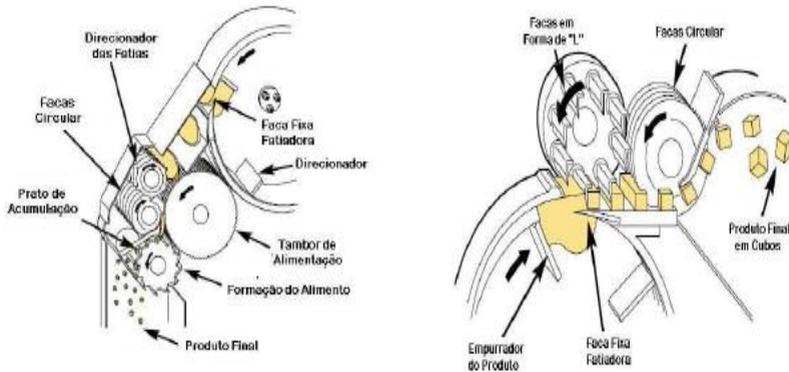
Figura 5 Moinho de martelos.



Fonte: AGB (2010).

O moinho de facas é utilizado especificamente para reduzir o tamanho em formas de cubos, fatias e tiras dos alimentos. Por isso os equipamentos utilizados também são chamados de cubeteadoras, com uma série de facas circulares, em forma de “L” e serrilhadas, dando as formas desejadas ao produto final. Utilizado para queijos e legumes em geral (PERRY; GREEN, 1997) (Figura 6).

Figura 6 Modelos de moinhos de facas.



Fonte: AGB (2010).

Diante das diferenças entre o processo de moagem é possível prever, igualmente, mudanças nas características das partículas dos alimentos, bem como o efeito da moagem sobre a composição química do produto processado.

### 3.8 Licopeno

O licopeno é um dos 600 pigmentos carotenoides, os quais são os mais difundidos na natureza e responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha de grande número de frutas, folhas e algumas flores (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Os carotenoides são pigmentos sintetizados por plantas superiores, micro-organismos e alguns animais. Sua estrutura terpenoide apresenta um extenso sistema de ligações duplas conjugadas, que é responsável tanto por sua capacidade de absorver luz na região do visível quanto por sua elevada reatividade química (MERCADANTE, 2008).

A estrutura básica dos carotenoides é de um tetraterpeno ( $C_{40}$ ), formado por oito unidades isoprenoides ( $C_5H_8$ ), unidas por ligações tipo “cabeça-cauda”, com exceção da posição central onde a ligação é do tipo “cauda-cauda” (PFANDER, 1987).

A estrutura dos carotenoides pode ser modificada de várias maneiras através de hidrogenação, dehidrogenação, ciclização, migração

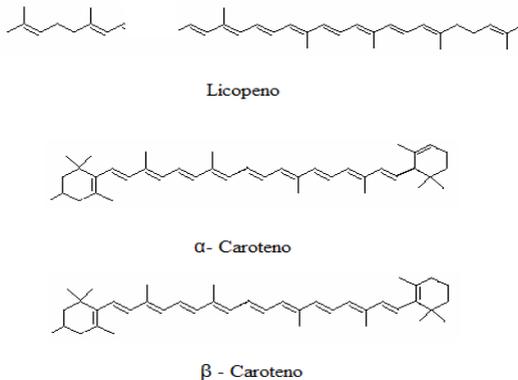
de dupla ligação, encurtamento ou extensão da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de substituintes ou combinações de processos, originando os mais de 600 carotenoides naturais já isolados e identificados (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993).

Os carotenoides constituídos apenas de carbono e hidrogênio são denominados carotenos. Tais hidrocarbonetos, representados na Figura 7, podem ser acíclicos como o licopeno ou cíclicos como o  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno.

A presença de substituintes com hidroxila, tais como os grupos epóxi, furanoxi, hidroxi (monol, diol, polióis), metoxi, ceto ou carboxi (GROSS, 1991 citado por SILVA, 2001; PORCU, 2004), origina um grupo de carotenoides denominados xantofilas ou oxicarotenoides, os quais estão representados na Figura 8; deste grupo são exemplos a luteína (di-hidroxilada), a  $\beta$ -criptoxantina (mono-hidroxilada) e grupos epóxi como o da violaxantina e 5,8-monoepoxi- $\beta$ -caroteno. Estes compostos existem na natureza principalmente na configuração trans, a forma mais estável (RODRIGUEZ-AMAYA, 2002).

A capacidade de absorver luz na região visível e, conseqüentemente, o poder corante dos carotenoides, deve-se ao sistema dessas duplas ligações conjugadas presente em suas estruturas. Pelo menos sete duplas ligações conjugadas são necessárias para que um carotenoide seja colorido. À medida que o sistema conjugado alonga-se, a cor também se intensifica; portanto, o licopeno com 11 duplas ligações conjugadas, colore de vermelho o tomate, a goiaba e outras frutas.

Figura 7 Estrutura de carotenoides acíclicos e cíclicos.



Fonte: adaptado de Britton (1995).

A ciclização coloca as duplas ligações que se encontram dentro dos anéis, fora do plano daquelas da cadeia poliênica, diminuindo a sua coloração. Assim, o  $\gamma$ -caroteno, com uma dupla ligação conjugada localizada no anel, é laranja-avermelhado, enquanto o  $\beta$ -caroteno, com duas destas ligações em anéis, é laranja (cenoura), embora ambos tenham 11 duplas ligações conjugadas como o licopeno (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997) (Figura 8).

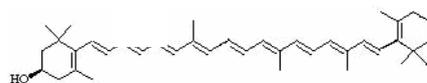
Os carotenoides são conhecidos por seu emprego como corantes e também por seus efeitos benéficos à saúde, são substâncias lipofílicas e geralmente insolúveis em água, alguns possuem atividade pró-vitamina A e são classificados como substâncias bioativas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2002; COSTA et al., 2010).

Certas propriedades funcionais dos alimentos são devidas às substâncias bioativas neles presentes e estas são capazes de fornecer benefícios fisiológicos adicionais, tais como adiar o estabelecimento de doenças crônico-degenerativas e promover melhora da qualidade e expectativa de vida, além de atender aos requerimentos nutricionais básicos (BRITTON, 1995; COSTA et al., 2010).

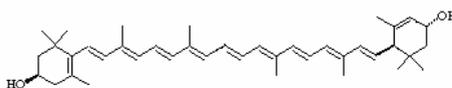
As atividades biológicas dos carotenoides têm sido relacionadas às suas propriedades antioxidantes, isto é, a sua capacidade de sequestrar o oxigênio singlete e de interagir com radicais livres (BRITTON, 1995).

O licopeno e o  $\beta$ -caroteno destacam-se por suas atividades antioxidantes, porém, quanto à atividade pró-vitamina A, esta é própria do  $\beta$ -caroteno e do  $\alpha$ -caroteno (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

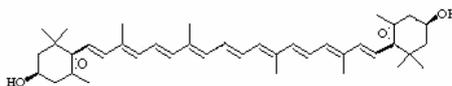
Figura 8 Estrutura de xantofilas.



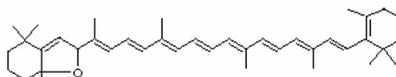
$\beta$ - criptoxantina



Luteína



Violaxantina



5, 8 - monoepoxi- $\beta$ - caroteno

Fonte: adaptado de Britton (1995).

Em estudo realizado por Di Mascio, Kaieser e Sier (1989), o licopeno mostrou ser mais eficiente no sequestro de oxigênio singlete do que o  $\beta$ -caroteno e outros antioxidantes.

Mundialmente, a principal fonte de licopeno, aproximadamente 85 %, para os humanos é o tomate *in natura* e produtos atomatados (polpa, extrato simples e concentrado, molhos e *catchup*) e o restante é proveniente da melancia, *grapefruit*, goiaba e mamão (BRAMLEY, 2000)

Porém, estudos realizados no Brasil, apontam outras fontes de licopeno tais como a pitanga, o mamão e o caqui (NIIZU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003; SENTANIN; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007; PORCU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). No entanto, pelo alto consumo de tomate e seus produtos, estes continuam sendo as principais fontes deste carotenoide na dieta brasileira.

### 3.9 Degradação do licopeno

A presença de duplas ligações conjugadas na estrutura do licopeno torna-o propenso à isomerização da forma *trans* para a forma *cis* quando o mesmo é submetido a tratamentos como desidratação, exposição a temperaturas elevadas, luz e oxigênio (NGUYEN; SCHWARTTZ, 1999).

A estabilidade térmica, assim como os efeitos da luz sobre o licopeno foi estudada por Lee e Chen (2005). Para avaliar a estabilidade térmica, estes pesquisadores submeteram o licopeno a aquecimentos em temperaturas de 50, 100 e 150 °C e para avaliar o efeito da exposição à luz, as amostras de licopeno foram expostas a uma iluminação entre 2000-3000 lux por tempos variados; sendo o teor de licopeno avaliado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Os resultados deste estudo revelaram que a 50 °C, a isomerização foi o evento predominante nas primeiras 9 horas, porém, a degradação foi favorecida após este período. A 100 e 150 °C a degradação foi mais intensa do que a isomerização. Durante o ensaio com iluminação a 25 °C por seis dias a isomerização foi a principal modificação observada.

Ainda com relação à estabilidade térmica do licopeno, Hackett et al. (2004), submeteram extratos de três variedades de tomate (Romã, Tangerina e “High Lycopene”) a aquecimentos, sem exposição à luz, com temperaturas de 25, 50, 70 e 100 °C, por tempos variados. Após avaliação por CLAE, utilizando detector de arranjo de diodos (DAD), detector UV-visível e espectrômetro de massa, os autores verificaram que o aumento da temperatura de 25 para 100 °C incrementa a taxa de degradação do licopeno, provavelmente devido à oxidação, embora não tenha sido realizada pelos autores a identificação estrutural dos produtos de degradação. Entre 25 e 50 °C foi possível verificar degradação por oxidação sem isomerização, mas a taxa de isomerização elevou-se nas temperaturas de 75 e 100 °C. Nestas temperaturas vários isômeros *cis* do licopeno foram formados. Foram observadas também diferenças nos perfis de isômeros formados em função da variedade de tomate

utilizada, o que enfatiza a influência dos componentes da matriz do alimento na isomerização dos carotenóides.

Para avaliar o efeito da secagem e do armazenamento na estabilidade de componentes em produtos de tomate, Giovanelli e Paradiso (2002) promoveram a secagem de polpa de tomate ao ar a 70 °C até teores de umidade de 9 e 23 %. Posteriormente, os produtos desidratados foram armazenados a 4, 20 e 37 °C, no escuro por aproximadamente cinco meses e analisados. Foi observado que a atividade antioxidante, foi similar mesmo em amostras submetidas a condições diferentes. O licopeno permaneceu estável, enquanto que o ácido ascórbico degradou-se completamente, até mesmo nas amostras de umidade intermediária.

Kerkhofs, Lister e Savage (2005) relataram que a secagem com ar forçado, a 42 °C durante 48 h aumentou o teor de licopeno extraído do tomate. Por outro lado, Toor e Savage (2006) relataram que a semissecagem de tomates em um secador de ar forçado a 42 °C durante 8 horas produziram uma diminuição no teor de licopeno.

Ordóñez e Riascos (2010) avaliaram, o efeito da estocagem sobre o teor de licopeno, dentre outros parâmetros, em néctar de goiaba e observaram que a armazenagem a 10 °C em intervalo de 0 a 240 dias não teve efeito significativo sobre a redução do teor de licopeno.

Padula e Rodriguez-Amaya (1987) afirmam que o teor de água no alimento influencia a estabilidade dos carotenoides, assim, a desidratação contribui para aumentar a estabilidade dos carotenoides até um valor limite, a partir do qual a estabilidade decresce vertiginosamente, a explicação para o efeito protetivo do baixo teor de água, é que este age como barreira para a entrada do oxigênio na matriz alimentar.

Cruz (2013), ao secar polpa de goiaba em leite de espuma em concentrações diferentes de emulsificante, observou que a retenção de licopeno,  $\beta$ -caroteno e vitamina C, foi maior para o pó obtido por secagem a 70 °C, porém a retenção a 60 °C foi maior do que aquela a 80 °C.

Prakash, Jha e Datta (2004), avaliaram o efeito da secagem na retenção de  $\beta$ -caroteno de cenouras branqueadas e secas mediante uso de três métodos diferentes de secagem: solar, com temperatura média de 55 °C, durante 16 horas, em secador de leite fluidizado com temperaturas de 50, 60 e 70 °C e em forno micro-ondas em três diferentes potências até atingir 6 % de umidade. Os teores de  $\beta$ -caroteno remanescentes nas amostras, de um teor inicial de 1.580  $\mu\text{g g}^{-1}$

de  $\beta$ -caroteno, em base seca, foi de 1.460 a 1.470  $\mu\text{g g}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno para secagem em leite fluidizado, 1.260 a 1.290  $\mu\text{g g}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno para secagem em forno de micro-ondas e 930  $\mu\text{g g}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno para secagem solar. Portanto, com retenção de 93 a 92 %, 80 a 82 % e 56 % para secagem em leite fluidizado, forno micro-ondas e solar, respectivamente.

### 3.10 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias essenciais para o crescimento e a reprodução dos vegetais, atribuindo a estes, pigmentação e defesa contra raios ultravioleta, micro-organismos e insetos. Desta forma, sob estresse causado, por exemplo, por limitações nutricionais, por infecções ou por ataque de patógenos, a rota de síntese dos metabólitos secundários é ativada, resultando na produção de compostos fenólicos (NACZK; SHAHIDI, 2004; IGNAT et al., 2011).

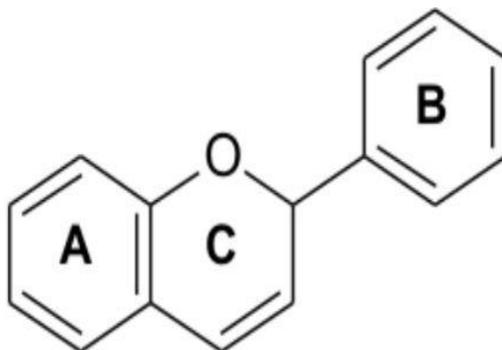
Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (PELEG; BODINE; NOBLE, 1998; NACZK; SHAHIDI, 2004).

Os polifenóis naturais podem abranger desde moléculas simples, a exemplo dos ácidos fenólicos, até compostos altamente polimerizados, como os taninos condensados. Desta forma, estes podem ser reunidos em pelo menos dez (10) classes diferentes, dependendo da sua estrutura básica. A Tabela 5 ilustra as principais classes de compostos fenólicos em plantas, entre os quais, os flavonóides.

Os flavonoides constituem um dos mais importantes subgrupos dos polifenóis e podem ser divididos em até 13 classes com mais de 5.000 compostos diferentes. Sua estrutura principal é constituída do difenilpropano ( $\text{C}_6\text{-C}_3\text{-C}_6$ ) onde os dois anéis aromáticos A e B estão ligados por 3 carbonos, que geralmente formam um heterociclo oxigenado C. A Figura 9 representa a estrutura básica principal dos flavonóides.

Os flavonoides das plantas são derivados do difenilpropano e exercem uma gama de efeitos bioquímicos e farmacológicos (SKIBOLAA; SMITHA, 2000). Podem apresentar em suas estruturas gliconas, glicosídeos ou derivados metilados. A glicosilação dos flavonóides reduz sua atividade quando comparados com suas agliconas correspondentes. Dependendo do grau de oxidação do anel pirano central, eles podem ser divididos em diversas classes de flavonóides e compostos relacionados (Figura 10): flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonas, flavanas, flavanóis e antocianinas (SKERGET et al., 2005).

Figura 9 Estrutura básica de um flavonóide.



Fonte: Angelo e Jorge (2007).

Tabela 5 Classe de compostos fenólicos em plantas.

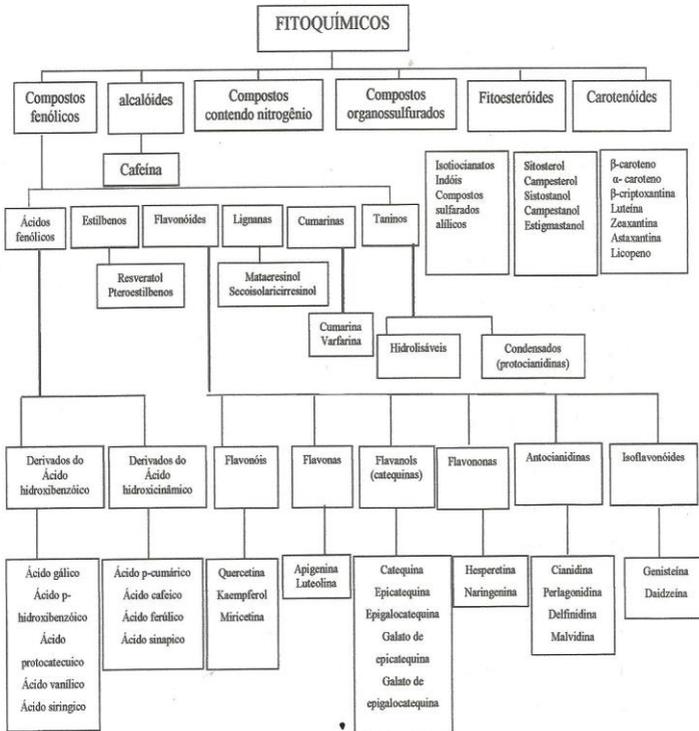
Classe estrutura	Estrutura
Fenólicos simples, benzoquinonas	$C_6$
Ácidos hidroxibenzoicos	$C_6 - C_1$
Acetofenol, ácidos fenilacéticos	$C_6 - C_1$
Ácidos hidroxicinâmicos, fenilpropanóides	$C_6 - C_3$
Nafitoquinonas	$C_6 - C_4$
Xantonas	$C_6 - C_1 - C_6$
Estilbenos e antoquinonas	$C_6 - C_2 - C_6$
Flavonoides, isoflavonoides	$C_6 - C_3 - C_6$
Lignanas, neolignanas	$(C_6 - C_3)_2$
Biflavonoides	$(C_6 - C_3)_2$
Ligninas	$(C_6 - C_3)_n$
Taninos condensados	$(C_6 - C_3 - C_6)_n$

Fonte: Harborne (1999), citado por Angelo e Jorge (2009).

Portanto, os esforços em aumentar a disponibilidade de novas fontes proteicas, de fibras e de compostos bioativos para alimentação de humanos, justifica esforços no sentido de buscar tecnologias para a

preservação do resíduo sólido do despolpamento da goiaba de forma que lhes sejam mantidas as características nutritivas e de compostos bioativos.

Figura 10 Grupos mais importantes de flavonoides.



Fonte: adaptado de Liu (2013).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Material**

Os resíduos sólidos, constituídos de casca, polpa residual e sementes, foram obtidos de despoldadeiras do processo de elaboração de polpa de goiaba, em empresas localizadas na cidade de Petrolina, PE (latitude 09° 23'55" S e longitude 40° 30'03" W). Todos os reagentes empregados foram de grau analítico.

Os resíduos das despoldadeiras de goiaba (aproximadamente 10 kg), após coletados, foram homogeneizados, quarteados e acondicionados em sacos de polietileno, em porções de aproximadamente 100 g, congelados em freezer doméstico ( $-18 \pm 2$  °C), até a realização do trabalho. A Figura 11 ilustra a sequência de ações realizadas para a consecução do presente estudo.

### **4.2 Métodos**

#### **4.2.1 Preparo das amostras**

A elaboração das curvas de secagem, após determinação da umidade pelo método gravimétrico, foi realizada em estufa com circulação forçada de ar (Nova ética, modelo 400/D), regulada em seis diferentes temperaturas. A partir das amostras desidratadas em diferentes temperaturas, foram obtidas as farinhas, em moinho de martelo (IKA®, modelo A-11) e em moinho de facas (Cadence®, modelo MDR 301).

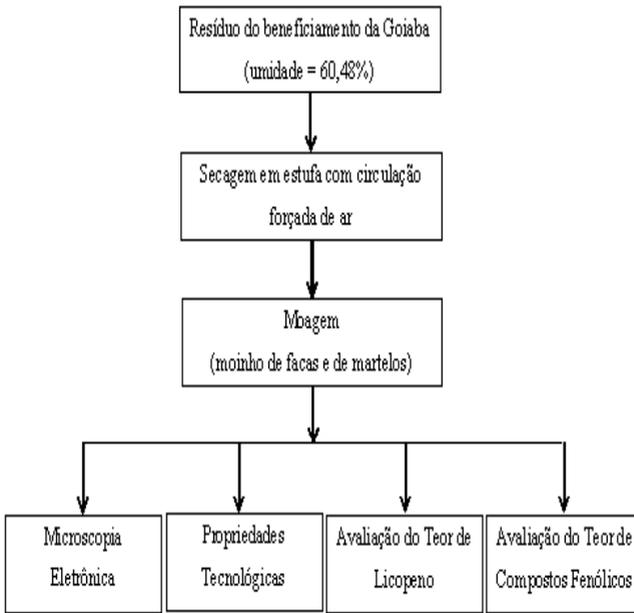
O material seco e moído, denominado de farinha, foi acondicionado em sacos de polietileno os quais foram armazenados em potes plásticos, envoltos com papel alumínio e adicionados de um sachê de sílica gel.

#### **4.2.2 Construção das curvas de secagem**

As curvas de secagem foram construídas em triplicata, com massa entre 2,0 e 3,0g colocadas em pesa-filtro tarado e mantidas em estufas com circulação forçada de ar por períodos de 10 min.; após os quais, os pesa-filtros eram retirados e pesados em balança analítica com prato protegido por círculo de cortiça. Após a pesagem, os pesa-filtros retornavam à estufa por mais 10 minutos, sendo este procedimento realizado até que não fosse observadas variações de massa de 1,0 mg entre medidas sucessivas, ou seja, até que a amostra atingisse a umidade de equilíbrio.

As curvas de secagem, em experimento aleatorizado, foram construídas em seis níveis de temperatura (45, 50, 55, 60, 65 e 70°C).

Figura 11 - Fluxograma de estudo para avaliação da degradação térmica de compostos bioativos e das propriedades tecnológicas das farinhas do resíduo do beneficiamento da goiaba.



Fonte: elaborado pelo autor

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem, foi realizada análise de regressão não linear, pelo método Gauss-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 7.0®. Os valores dos parâmetros dos modelos foram estimados, em função da variável independente tempo, em minutos, e da variável dependente razão de umidade adimensional (UR), cujo cálculo está expresso na Equação 2.

$$RX = \frac{X_t - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

$X_t$  = teor de umidade em qualquer tempo

$X_{eq}$  = teor de umidade de equilíbrio

$X_0$  = teor inicial de umidade

Para avaliar a qualidade dos ajustes dos diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, utilizaram-se como critérios de ajuste a análise do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do desvio quadrático médio (DQM), conforme descrito na Equação 3, e comparação do valor de F para regressão linear dos valores preditos e experimentais.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

$RX_{pred}$  = Teor de umidade predito pelo modelo

$RX_{exp}$  = Teor de umidade determinado experimentalmente

#### 4.2.3 Determinação da composição centesimal

Na caracterização do material desidratado nas diferentes temperaturas utilizadas no presente trabalho, foram utilizadas os métodos propostos pela AOAC (1997): Umidade, em estufa a 105 °C, até massa constante; Proteína total, pelo método de *Kjeldahl*, com base na determinação do nitrogênio total, utilizando fator de conversão de 6,25; Cinzas, por calcinação da amostra em mufla a 550 °C, até massa constante; Gordura total (Extracto etéreo), por extração com éter de petróleo, utilizando sistema *Soxhlet* e carboidratos por diferença.

#### 4.2.4 Caracterização microscópica das farinhas.

Os resíduos obtidos em diferentes temperaturas de secagem e moídos em moinho de facas e de martelos foram caracterizados por microscopia eletrônica de varredura (MEV). As amostras foram fixadas com fita dupla face, em suportes de alumínio, metalizadas com uma camada de ouro de 350 Å de espessura, com um metalizador modelo D2 *Diode Sputtering System* fabricado pela ISI (*International Scientific Instruments*) e, em seguida, submetidas à análise no MEV (JEOL JSM-6390LV).

#### 4.2.5 Capacidade de Retenção de Óleo

A capacidade de Retenção de Óleo (CRO) das farinhas de resíduos de goiaba foi avaliada segundo método proposto por Lin, Humbert e Sosulski (1974), com modificações. Em tubo Falcon previamente medido, 0,5 g de farinha de resíduos foi adicionado a 3 mL de óleo de milho. O conteúdo foi agitado por 1 min. e deixado em repouso por 30 min. Após este período, foi centrifugado a 2000 x g (Hermle Z200A, Labortechnik<sup>®</sup>) por 25 min. e o óleo livre foi descartado. O tubo com o resíduo foi pesado e o óleo retido após a centrifugação foi considerado e expresso em percentagem.

#### 4.2.6 Capacidade de Absorção de Água

A Capacidade de Absorção de Água (CAA) das farinhas de resíduos foi determinada segundo o método de Glória e Regitano-D'arce (2000), em que 5 mL de água destilada e 1,0000 g de amostra foram adicionados em um tubo de centrifuga, previamente medido. A dispersão foi agitada por 1 min. em Vortex (Biomixer<sup>®</sup>) e deixada em repouso por 30 minutos. Em seguida, foi centrifugada (Hermle Z200A, Labortechnik<sup>®</sup>) a 1000 x g por 30 min. O sobrenadante foi descartado e o tubo com o resíduo foi pesado. A água retida após a centrifugação foi considerada como água absorvida e, o resultado foi expresso em relação à quantidade de água absorvida (g de água) por grama de amostra.

#### 4.2.7 Propriedade Espumante

A propriedade espumante foi avaliada segundo Siddiq et al. (2010) com modificações. Uma porção (0,5000 g) de farinha de resíduos foi dispersa em 50 mL de solução tampão de McIlvaine (fosfato dissódico – ácido cítrico), sendo utilizados os pHs 2,5; 5,6 e 8,0. A dispersão foi agitada vigorosamente em liquidificador (Walita<sup>®</sup>) por cinco minutos e posteriormente foi transferida para uma proveta de 50

mL. O volume da espuma formada foi registrado como capacidade de espumar (mL/100 mL). Observações após 30 minutos foram realizadas para se determinar a estabilidade da espuma. A estabilidade da espuma foi determinada seguindo a Equação 4.

$$\textit{Estabilidade da espuma} = \frac{\textit{Volume da espuma após 30 minutos}}{\textit{Volume da espuma no tempo zero}} \quad \text{Equação (4)}$$

#### 4.2.8 Propriedade Emulsificante

A propriedade emulsificante foi determinada segundo Kaur e Singh (2005). Amostras de farinha (0,3500 g) foram homogeneizadas por 30 segundos com 5 mL de água destilada em Vortex (Biomixer<sup>®</sup>). Óleo de milho (2,5 mL) foi adicionado e a mistura foi homogeneizada novamente por mais 30 segundos. Em seguida, outros 2,5 mL de óleo de milho foram adicionados e a mistura foi homogeneizada por mais 90 segundos. A mistura foi então centrifugada a 500 x g por cinco minutos. A atividade emulsificante foi calculada dividindo o volume da camada emulsificada pelo volume total antes da centrifugação. A estabilidade da emulsão foi determinada seguindo o mesmo procedimento para se determinar a atividade emulsificante. No entanto, antes de centrifugar as amostras, elas foram submetidas a um tratamento térmico de 85 °C por 15 minutos e centrifugadas após o resfriamento. A estabilidade da emulsão foi expressa como a porcentagem da atividade emulsificante restante após o aquecimento.

### 4.3 Avaliação de compostos bioativos

#### 4.3.1 Licopeno e carotenoides totais

Amostras entre 1,2 e 1,7 g do resíduo desidratado do despolpamento da goiaba foram pesadas em papel manteiga e transferidas para Erlenmeyer de 125 mL recobertos com papel alumínio, ao Erlenmeyer foram adicionados 10,0 mL de acetona contendo 0,05 % de BHT (butil hidroxi tolueno), o Erlenmeyer foi agitado a 200 rpm, por 1,0 hora, utilizando-se um agitador orbital (Marq labor CFW08, modelo IB Shacker). Em seguida, procedeu-se a filtração a vácuo com o auxílio de um Kitassato envolto em papel alumínio para evitar a foto-oxidação dos pigmentos. Cada amostra foi lavada com acetona por mais três

vezes objetivando a total extração dos pigmentos. Ao funil de separação foram adicionados 15mL de éter de petróleo. Os pigmentos foram então transferidos, em pequenas frações, seguidas de água destilada, para o funil de separação, descartando-se a fase inferior.

As amostras foram lavadas por mais quatro vezes para remoção total da acetona. A solução dos pigmentos em éter de petróleo foi transferida para um balão volumétrico completando-se o volume para 25,0 mL com éter de petróleo. A leitura no espectrofotômetro (BEL SP 2.000 UV PHOTONICS) foi feita no comprimento de onda de 470 nm e 450 nm para determinação de licopeno e carotenoides totais, respectivamente (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

O teor de licopeno e carotenoides totais foram obtidos utilizando-se a Equação 5.

$$\mu\text{g/g} = \frac{A \times V \times 10 \cdot 000}{A^{1\%} \times m} \quad \text{Equação 5}$$

1 cm

Em que:

A é a absorbância da solução no comprimento de onda de 470 e 450 nm, respectivamente para licopeno e carotenoides;

V corresponde ao volume final da solução

A (1%, 1 cm) é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico;

m = massa da amostra tomada para a análise. Para o licopeno e carotenoides totais em éter de petróleo o valor do coeficiente de extinção utilizado é de 3.450 e 2.592, respectivamente (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

#### 4.3.2 Compostos fenólicos (fenólicos totais)

Para determinação do teor de fenólicos totais das farinhas do resíduo desidratado do processamento da goiaba, foram obtidos extratos hidroalcoólicos (metanol: água) segundo Bloor (2001), com pequenas modificações.

A uma porção da farinha (0,5 grama) foram acrescentados 20,0 mL de uma mistura de metanol: água (60: 40 v/v), a qual foi submetida

a agitação a 180 rpm em agitador orbital da marca Marconi®, em temperatura ambiente (28 °C), por 30 minutos. Posteriormente, a mistura foi filtrada a vácuo, utilizando-se papel filtro quantitativo, e coletada em frasco Kitassato; volume filtrado foi completado para 25,0 mL em balão volumétrico, e uma alíquota do extrato foi utilizada para determinação de fenólicos totais.

O teor de fenólicos totais nos extratos foi estimado utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI 1965). Uma alíquota de 500 µL de cada extrato hidrometanólico foi transferida para tubos de ensaio devidamente protegidos de luz, e a estes foram adicionados 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu diluído em água na proporção de 1:10. A mistura permaneceu em repouso por 8 minutos e ao fim deste tempo adicionaram-lhe 2,0 mL de solução de carbonato de sódio a 4 % (p/v), seguindo-se de agitação por inversão do tubo de ensaio por três vezes. Após 120 minutos em repouso, a absorbância foi lida em 740 nm em espectrofotômetro (BEL SP 2.000 UV PHOTONICS).

O teor de fenólicos totais foi determinado por interpolação das absorbâncias das amostras contra uma curva analítica de ácido gálico em concentrações variando de 40 a 160 µg L<sup>-1</sup> (R=0,9976), sendo os resultados após conversão, expressos em miligramas de Equivalentes de Ácido Gálico (EAG) 100 g<sup>-1</sup> de resíduo seco.

#### **4.4 Estatística**

Todas as avaliações foram realizadas, no mínimo em triplicata. Os resultados foram expressos como médias e desvios padrão. As médias obtidas entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância. As curvas de secagem foram ajustadas segundo os modelos adequados às mesmas.



## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Curvas de secagem**

Apresentam-se nas Tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11, para cada temperatura de secagem, os parâmetros dos modelos, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), o desvio médio quadrático (DQM) e o valor de F para o ajuste aos dados experimentais das curvas de secagem do resíduo sólido do despulpamento da goiaba.

Tabela 6 Parâmetros estimados, valor de  $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 45°C.

Modelo	Parâmetro					DQM	F
	a	k	b	$R^2$ (decimal)			
Aproximação da Difusão	0,003	0,108	0,134	0,9991	0,011	375	
Exponencial dois termos	1,000	0,014	-----	0,9991	0,011	373	
Henderson e Pabis	0,109	-2,366	-----	0,9376	0,093	(nd)	
Logarítmico	1,006	0,0138	-0,015	0,9995	0,008	438	
Page	1,010	0,0139	----	0,9917	0,010	374	

(nd) não determinado

De acordo com os resultados dos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro quadrático médio (DQM) e o valor de F, o modelo Logarítmico descreveu melhor as curvas de secagem do resíduo do despolpamento da goiaba na temperatura de 45°C.

Tabela 7 Parâmetros estimados, valor de  $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 50°C.

Modelo	Parâmetro					DQM	F
	a	k	b	$R^2$ (decimal)			
Aproximação da Difusão	-0,023	1,120	0,013	0,9955	0,026	378	
Exponencial dois termos	0,005	2,872	-----	0,9952	0,027	411	
Henderson e Pabis	0,173	-45,198	-----	0,6905	0,298	447	
Logarítmico	1,017	0,014	-0,011	0,9953	0,026	479	
Page	1,014	0,013	-----	0,9953	0,026	405	

De acordo com os resultados dos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro quadrático médio (DQM) e o valor de F, o modelo Logarítmico descreveu melhor as curvas de secagem do resíduo sólido do despolpamento da goiaba na temperatura de 50° C.

**Tabela 8** Parâmetros estimados, valor de  $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 55° C.

Modelo	Parâmetro					F
	a	k	b	$R^2$ (decimal)	DQM	
Aproximação da Difusão	0,003	0,249	0,060	0,9979	0,018	509
Exponencial dois termos	0,008	1,927	----	0,9979	0,018	391
Henderson e Pabis	0,999	0,015	----	0,9985	0,018	384
Logarítmico	1,001	0,014	-0,028	0,9990	0,012	516
Page	1,028	0,013	-----	0,9980	0,017	382

De acordo com os resultados dos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro quadrático médio (DQM) e o valor de F, o modelo Logarítmico descreveu melhor as curvas de secagem do resíduo do despolpamento da goiaba na temperatura de 55° C.

Tabela 9 Parâmetros estimados, valor de  $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 60°C.

Modelo	Parâmetro					
	a	k	b	$R^2$ (decimal)	DQM	F
Aproximação da Difusão	0,081	0,245	0,062	0,9995	0,008	654
Exponencial dois termos	0,083	0,181	-----	0,9949	0,008	642
Henderson e Pabis	0,959	0,158	-----	0,9987	0,013	402
Logarítmico	0,961	0,015	-0,006	0,9988	0,013	631
Page	0,919	0,023	-----	0,9978	0,017	515

De acordo com os resultados dos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro quadrático médio (DQM) e o valor de F, o modelo da Aproximação da Difusão descreveu melhor as curvas de secagem do resíduo do despolpamento da goiaba na temperatura de 60° C.

Tabela 10 Parâmetros estimados, valor de  $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 65°C.

Modelo	Parâmetro					
	a	k	b	$R^2$ (decimal)	DQM	F
Aproximação da Difusão	-130,875	0,023	0,998	0,9913	0,011	216
Exponencial de dois termos	0,005	3,356	-----	0,9986	0,014	209
Henderson e Pabis	1,008	0,018	-----	0,9987	0,014	50
Logarítmico	1,015	0,017	-0,017	0,9993	0,010	234
Page	1,052	0,014	-----	0,9990	0,012	206

De acordo com os resultados dos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro quadrático médio (DQM) e o valor de F, o modelo Logarítmico descreveu melhor as curvas de secagem do resíduo do despolpamento da goiaba na temperatura de 65°C.

Tabela 11 Parâmetros estimados, valor de  $R^2$ , DQM e valor de F para a temperatura de secagem de 70°C.

Modelo	Parâmetro					F
	a	k	b	$R^2$ (decimal)	DQM	
Aproximação da Difusão	-0,005	0,769	0,025	0,9914	0,011	52
Exponencial de dois termos	0,003	5,672	-----	0,9969	0,023	57
Henderson e Pabis	1,027	0,020	-----	0,9974	0,021	55
Logarítmico	1,057	0,017	-0,048	0,9987	0,015	67
Page	1,083	0,014	----	0,9979	0,019	86

De acordo com os resultados dos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro quadrático médio (DQM) e o valor de F, o modelo de Page descreveu melhor as curvas de secagem do resíduo sólido do despolpamento da goiaba na temperatura de 70°C.

Rezende, Ferreira e Almeida (2010) secaram, em secador experimental, feijão adzuki (*Vigna angularis*) nas temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C, com umidades relativas de 52,0; 28,0; 19,1; 13,1 e 6,8 %, respectivamente; após a modelagem matemática, concluíram que o modelo de Midilli e Henderson e Pabis Modificado apresentaram os melhores ajustes para descrição da cinética de secagem.

Afonso Júnior e Corrêa (1999) estudaram a cinética de secagem em camada fina para sementes de feijão nas temperaturas de 35, 40, 45 e 50 °C e três níveis de teor de umidade inicial (0,206; 0,373 e 0,596 b.s.) e concluíram que a equação proposta por Page era a que melhor representava os dados experimentais.

Martinazzo et al. (2007) com o objetivo de ajustar modelos matemáticos de secagem em camada delgada, aos dados experimentais obtidos na secagem de folhas de capim-limão, *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, a diferentes temperaturas do ar de secagem (30, 40, 50, 60 °C) e em secador de bandejas até que fosse atingida razão de umidade de 0,12 b.s, concluíram que o modelo matemático de secagem em camada fina, proposto por Midilli et al., foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

Diógenes et al. (2013) estudaram a cinética de secagem de sementes de abóbora inteiras, sem o tegumento e moídas (“farinha”), em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C; concluindo que o modelo logarítmico foi o que melhor se ajustou à secagem da farinha de sementes de abóbora; concordando esse fato com o ajuste para as temperaturas de 45, 50, 55 e 65 °C observado no presente trabalho, o que pode ser decorrente das características aproximadas dos resíduos avaliados nos dois estudos, uma vez que o resíduo do despulpamento da goiaba possui uma quantidade expressiva de sementes.

Souza et al. (2011) estudaram a cinética de secagem de sementes do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em experimento inteiramente casualizado, onde o teor de água inicial das sementes foi de 0,36 (decimal b.s.) e a secagem foi conduzida até um teor de 0,09 (decimal b.s.) em secador experimental com as temperaturas controladas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C e umidades relativas de 47,3; 26,2; 12,0; 10,1 e 5,1 %, respectivamente. Assim, para a modelagem matemática os autores concluíram que dentre os modelos analisados, o que apresentou melhor ajuste para descrever as curvas de secagem do nabo forrageiro foi o de Midilli; modelo não testado no presente trabalho mas cuja equação ( $RX = a.exp(-k.t^n) + b.t$ ), segundo Resende et al. (2010)

apresenta operações matemáticas simples e possui número menor de coeficientes.

Portanto, com base nas informações disponíveis na literatura sobre a predição do comportamento da secagem de produtos agrícolas (frutas, resíduos agroindustriais, grãos e sementes) em camada fina, e do comportamento observado no presente trabalho para a secagem do resíduo sólido do despulpamento da goiaba, reafirma-se o aspecto empírico no estabelecimento de equações matemáticas que possam prever o processo de secagem.

Apresentam-se, na Figura 12, os pontos experimentais da secagem do resíduo do beneficiamento da goiaba nas temperaturas de 45, 50, 60, 65 e 70 °C, expressos através do adimensional do conteúdo de umidade, base seca (b.s.), em função do tempo de secagem, em minutos. Observa-se que não foi possível detectar o período de taxa de secagem constante para as condições testadas, mesmo considerando o alto teor de água inicial do produto (1,5304 decimal b.s.). Pode-se observar correlação entre a temperatura e a velocidade de secagem, na qual as maiores velocidades de remoção de água foram detectadas nas amostras desidratadas nas maiores temperaturas, fato normalmente observado em outros produtos agrícolas (BABALIS; BELESSIOTIS, 2004; MOHAPATRA; RAO, 2005).

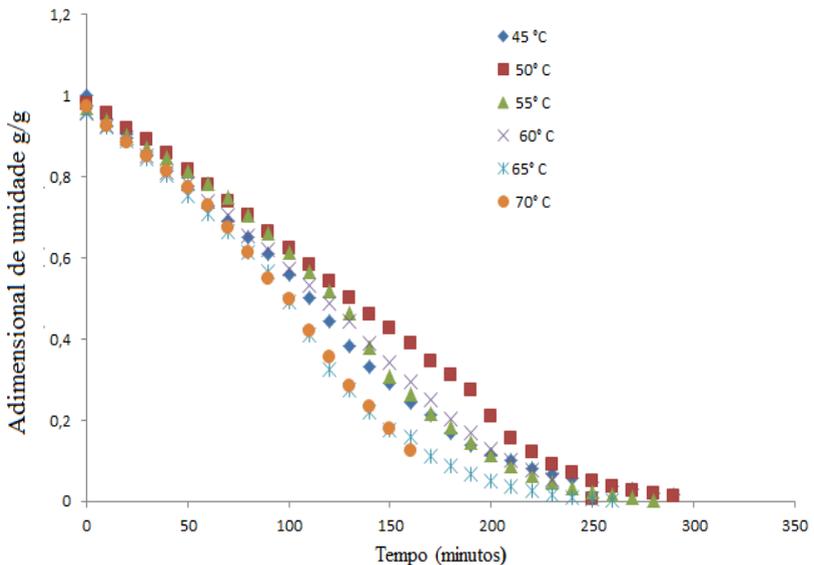
Observando-se a Figura 12, é possível avaliar a velocidade de secagem em relação às seis temperaturas utilizadas no experimento, assim, para as temperaturas de secagem mais baixas (45 e 50 °C), a estabilização da razão de umidade ocorre após 250 minutos, e para a temperatura de 70 °C, a mais alta utilizada no experimento, a estabilização ocorre após os 160 minutos, de forma a ser considerada a influência da temperatura na perda de umidade do produto, como observado por Gouveia et al. (1999) e Moura (2001), na secagem de gengibre e caju, respectivamente.

A secagem a 55 °C, proporciona um produto seco com a menor razão de umidade (0,0038 decimal b.s.), porém com um tempo de estabilização de aproximadamente 280 minutos.

Com relação à secagem de resíduos do processamento da goiaba, a revisão bibliográfica realizada no presente trabalho encontrou a publicação de Kong et al. (2010) cujo trabalho utilizou a técnica estatística de superfície de resposta para otimizar a secagem do resíduo do processamento da goiaba para obtenção de purê. Para tanto, o trabalho utilizou como variáveis dependentes o teor de licopeno e a capacidade antioxidante, em planejamento experimental em que as

variáveis independentes foram a temperatura (43,79; 50,00; 65,00; 80 e 86,21 °C) e o tempo de secagem (3,59; 4,00; 5,00; 6,00 e 6,4 h); observando-se que a temperatura cuja degradação do licopeno apresentou-se em menor grau corresponde à temperatura de 43,79 °C e um tempo de secagem de 6,41 h e que o modelo aponta como significativa, a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, a relação tempo x temperatura no comportamento das variáveis dependentes.

Figura 12 Cinética de secagem do resíduo do beneficiamento da goiaba para seis temperaturas.



Com relação ao teor de cinzas, para o material moído em moinho de facas, observa-se que para as temperaturas de secagem de 45 e 70 °C, a diferença não é significativa e que o maior teor de cinzas observado refere-se ao material seco a 55 °C. Porém, não foi observada diferença estatística nas condições de secagem utilizadas no presente trabalho, para o teor de cinzas referente ao material moído em moinho de martelos (Tabela 13).

Para o extracto etéreo, não foi observada diferença estatística entre os valores encontrados para o material moído em moinho de martelos (Tabela 13), porém para as temperaturas de secagem de 45, 50 e 70 °C, e moagem em moinho de facas (Tabela 12), foi observada diferença estatística, com o maior teor sendo observado para a temperatura de secagem de 50 °C. Para a secagem do material nas temperaturas de 60 e 65 °C não foi verificada diferença significativa no conteúdo do extracto etéreo para as demais temperaturas nem tanto entre si. O teor do extracto etéreo para o material seco a 55 °C difere estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, apenas do material seco a 70 °C.

Os resultados para o teor de carboidratos para o material moído em moinho de facas e obtido por diferença, revela diferença estatística para as temperaturas de secagem de 65 e 55 °C, com valores de  $77,36 \pm 0,37$  (g.100 g<sup>-1</sup>) e  $74,24 \pm 0,47$  (g.100 g<sup>-1</sup>) respectivamente, e entre as temperaturas de secagem de 65 e 60 °C. O teor de carboidratos não apresenta diferença estatística para o material seco a 45 e 50 °C.

Os teores de umidade encontrados (Tabela 12) variaram entre  $4,51 \pm 0,16$  (para a secagem a 70°C) e  $6,42 \pm 0,24$  g.100 g<sup>-1</sup> para secagem as 55 °C sendo estes valores estatisticamente diferentes, diferença esta manifestada para a secagem a 70 °C e demais temperaturas de secagem utilizadas no presente trabalho.

Silva et al., (2009) avaliaram a composição físico-química dos resíduos da agroindústria do tomate e da goiaba, após secagem natural em galpão com ventilação leste-oeste e moagem até passagem em peneira de 6 mm; nestas condições foi observado 90,81 g 100 g<sup>-1</sup> de matéria seca, o que , por diferença, conduz a um teor de umidade de 9,19 g 100 g<sup>-1</sup>; valor superior ao encontrado no presente trabalho e cuja diferença pode ser justificada devido às técnicas de secagem utilizadas, desde que a secagem com retirada constante do ar, técnica utilizada no presente trabalho, é mais eficiente que a secagem natural. Porém, os valores para extracto etéreo (11,71 g 100 g<sup>-1</sup>) e proteínas (10,09 g.100 g<sup>-1</sup>), mesmo para um maior teor de umidade, foram superiores àqueles encontrados no presente trabalho, cujos valores máximos foram de  $9,75 \pm 0,04$  g 100 g<sup>-1</sup> e  $9,29 \pm 0,25$  g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Com relação ao teor de cinzas, Silva et al., (2009), no mesmo trabalho aqui já referido, relatam um teor de 1,25 g 100 g<sup>-1</sup>, sendo este valor compatível para os teores de cinzas observados no presente trabalho.

Uchôa et al. (2008), objetivando fornecer parâmetros para uma melhor utilização dos resíduos não aproveitados pelas indústrias de beneficiamento de frutas, avaliaram os parâmetros físico-químicos e o teor de fibras dos resíduos do bagaço do caju, da goiaba e do maracujá, após secagem em estufa à vácuo, à temperatura de 65 °C, por um período de 16 h e redução do tamanho das partículas em liquidificador semiindustrial. Para o resíduo da indústria de goiaba, em particular, foi observado um teor de umidade, lipídios, proteínas e cinzas de  $3,33 \pm 0,11$ ;  $9,74 \pm 0,10$ ;  $1,16 \pm 0,46$  e  $2,14 \pm 0,32$  g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Portanto, quando os valores para estes parâmetros são confrontados com aqueles encontrados no presente trabalho, verifica-se proximidade para o teor de lipídios, teores mais baixos para proteínas e umidade e superiores para cinzas. Desta forma, a proximidade para os teores de lipídios pode ser explicada pela contribuição das sementes presentes nos resíduos do despulpamento da goiaba, o que sugere que os processos para obtenção de polpa congelada, processos quase artesanais, assim como aqueles utilizados em plantas industriais, com capacidade de processamento mais elevada, não extraem os ácidos graxos presentes na semente.

Ainda com relação ao trabalho de Uchôa et al., (2008), observa-se uma diferença muito elevada para o teor de proteínas encontrados nos dois trabalhos, sendo aquele encontrado no presente trabalho muito superior, o que sugere uma possível diferença entre as fontes de coleta dos resíduos avaliados, pois ao ser comparado o teor de proteína encontrado no presente trabalho, com o teor preconizado na literatura para a goiaba *in natura* pelo USDA e que corresponde a 12,75 g 100 g<sup>-1</sup> e também determinados em resíduos agroindustriais da goiaba, referem-se a valores de 10,00 g 100 g<sup>-1</sup> (MANTOVANI et al., 2004); 8,5 g 100 g<sup>-1</sup> (LOUSADA JÚNIOR et al., 2005).

Com relação ao efeito da técnica de moagem utilizada, a aplicação do teste “t” para duas médias pareadas, revelou que não há diferença estatística para os parâmetros avaliados ( umidade, proteínas, extracto etéreo, carboidratos e cinzas).

Habib (1986), reconhecendo a importância para obtenção de informações sobre a composição proteica e lipídica das sementes de goiaba, realizou a extração do óleo utilizando solução clorofórmio:metanol, método desenvolvido por Bligh e Dyer (1959) e determinou o teor de proteínas segundo Kjeldahl, encontrando teores de lipídios de 9,73 g 100 g<sup>-1</sup>, base seca e um teor de proteínas de 10,7 g 100 g<sup>-1</sup>, nas sementes desengorduradas. Portanto, quando estes valores são

comparados com aqueles encontrados no presente trabalho, observa-se proximidade para o teor de lipídios (extracto etéreo) e pequena diferença para proteínas, fato sugestivamente influenciado pela matriz analisada, uma vez que no presente trabalho, além das sementes, estavam presentes também, no material amostrado, como já referido, cascas e polpa residual.

Tabela 12 Composição centesimal da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba desidratado a várias temperaturas e moído em moinho de facas.

Temperatura (°C)	Parâmetro (g 100 g <sup>-1</sup> )				
	Umidade	Carboidratos	Proteínas	Extracto Etéreo	Cinzas
45	6,3±0,43 <sup>a</sup>	75,4±0,57 <sup>ab</sup>	8,3±0,23 <sup>ns</sup>	8,5±0,05 <sup>b</sup>	1,5±0,14 <sup>a</sup>
50	5,8±0,21 <sup>a</sup>	74,8±1,03 <sup>ab</sup>	8,8±0,06 <sup>ns</sup>	9,7±0,04 <sup>a</sup>	0,8±0,79 <sup>ab</sup>
55	6,4±0,24 <sup>a</sup>	74,2±0,47 <sup>b</sup>	8,8±0,15 <sup>ns</sup>	8,9±0,32 <sup>ab</sup>	1,7±0,25 <sup>a</sup>
60	6,0±0,13 <sup>a</sup>	75,0±0,57 <sup>b</sup>	8,8±0,12 <sup>ns</sup>	8,9±0,28 <sup>abc</sup>	1,2±0,29 <sup>ab</sup>
65	5,7±0,18 <sup>a</sup>	77,4±0,37 <sup>a</sup>	7,9±0,32 <sup>ns</sup>	8,2±0,66 <sup>abc</sup>	0,8±0,15 <sup>b</sup>
70	4,5±0,16 <sup>b</sup>	77,22 <sup>(2)</sup>	nd	7,2±0,34 <sup>c</sup>	1,4±0,15 <sup>a</sup>

IValores representam a média das duplicatas ± desvio-médio. 2 Valor representa o resultado de uma determinação. ns: Não significativa

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 13 Composição centesimal da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba desidratado a várias temperaturas e moído em moinho de martelos.

Temperatura	Parâmetro <sup>(1)</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )				
	Umidade	Carboidratos	Proteínas	Extracto Etéreo	Cinzas
45	5,9±0,19 <sup>a</sup>	74,5±0,18 <sup>ns</sup>	8,6±0,18 <sup>ns</sup>	9,4±0,39 <sup>ns</sup>	1,7±0,23 <sup>ns</sup>
50	6,3±0,16 <sup>a</sup>	74,1±0,37 <sup>ns</sup>	8,6±0,08 <sup>ns</sup>	9,2±0,17 <sup>ns</sup>	1,7±0,04 <sup>ns</sup>
55	5,3±0,40 <sup>ab</sup>	77,6±4,62 <sup>ns</sup>	8,9±0,20 <sup>ns</sup>	7,1±3,74 <sup>ns</sup>	1,0±0,67 <sup>ns</sup>
60	6,1±0,22 <sup>a</sup>	74,8±0,98 <sup>ns</sup>	8,6±0,37 <sup>ns</sup>	9,3±0,11 <sup>ns</sup>	1,2±0,49 <sup>ns</sup>
65	4,7±0,03 <sup>b</sup>	75,5±0,31 <sup>ns</sup>	9,3±0,25 <sup>ns</sup>	8,7±0,59 <sup>ns</sup>	1,8 ±0,00 <sup>ns</sup>
70	6,0±0,25 <sup>a</sup>	74,5±0,23 <sup>ns</sup>	8,9±0,10 <sup>ns</sup>	9,2±0,07 <sup>ns</sup>	1,4±0,20 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Valores representam a média das duplicatas ± desvio-médio. ns: Não significativa  
Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 5.3 Propriedades tecnológicas das farinhas de resíduos do despulpamento da goiaba

A composição das farinhas, os processos de moagem e de secagem podem influenciar nas propriedades tecnológicas dos produtos obtidos. A moagem em moinho de martelo promove, teoricamente, fraturas diferentes daquelas obtidas em moinho de facas, a secagem a menores temperaturas expõe por mais tempo as partículas ao ambiente de secagem e ao mesmo tempo pode gerar partículas com maior retração, quando comparadas àquelas secas em temperaturas maiores, portanto, a maiores velocidades de secagem.

Os valores determinados para as propriedades tecnológicas das farinhas obtidas em moinho de facas e martelos foram analisados por ANOVA e estão apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

A avaliação estatística aponta diferença significativa entre a capacidade de retenção de óleo da farinha obtida no moinho de facas nas temperaturas de secagem de 50 e 70 °C. Com relação às farinhas obtidas no moinho de martelos, os valores da capacidade de retenção de óleo diferem estatisticamente para as temperaturas de secagem de 60 e 70 °C.

Embora a CRO para a temperatura de 45 °C seja numericamente superior, observa-se um aumento da CRO com o aumento da temperatura de secagem e estes valores diferem estatisticamente do maior valor, ou seja, CRO da farinha obtida na temperatura de 70 °C. Porém, esse comportamento não é observado para a farinha obtida em moinho de martelos, não havendo um comportamento padrão entre aumento de temperatura de secagem e aumento de CRO.

Os valores para CRO encontrados no presente trabalho embora inferiores àqueles encontrados por Fontanari et al. (2007) para o isolado proteico da semente de goiaba obtido em diferentes pHs (10,0 e 11,5), os quais foram de 1,75 e 2,25 mL de óleo g<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente, revelam que as farinhas estudadas no presente trabalho atingiram importantes proporções de óleo, desde que o isolado proteico possui composição química diferenciada da farinha aqui estudada.

Na temperatura de 60 °C, a CRO, da farinha obtida em moinho de facas é significativamente inferior àquela obtida em moinho de martelos para esta mesma temperatura. Do mesmo modo, a 45 °C, secagem lenta, há uma inversão deste resultado, com menor CRO, para o moinho de facas. O que pode interferir positivamente na CRO são os sítios hidrofóbicos da superfície das partículas.

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) também corresponde a uma importante propriedade tecnológica em farinhas, a Tabela 14 ilustra os resultados da CRA das farinhas de resíduos do processamento de goiaba obtidas em diferentes condições.

Com relação à CAA, observa-se dos dados da Tabela 14 que existe mais variação desta propriedade entre as farinhas obtidas com o moinho de facas do que entre aquelas obtidas com o moinho de martelos. As farinhas, cujos resíduos do despulpamento da goiaba foram secos a 60, 65 e 70 °C, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade; as demais farinhas, ou seja, tratamentos da matéria-prima nas temperaturas de secagem de 45, 50 e 55 °C, também diferem entre si, porém não diferem para a temperatura de 60 °C; observa-se também que não há diferença significativa entre as farinhas cujos resíduos da goiaba foram secos a 55 °C.

Estes fatos podem estar relacionados com o teor de carboidratos presentes nos materiais avaliados e resultantes dos tratamentos de aquecimento e moagem, pois, verifica-se que o material moído em moinho de martelos não apresentou diferença significativa no teor de carboidratos para todas as temperaturas de secagem. Porém, para o material moído em moinho de facas, verificam-se diferenças estatísticas, como já acima referido.

Tabela 14 Capacidade de retenção de óleo (CRO) das farinhas obtidas em moinho de facas e martelos nas temperaturas de secagem do experimento (45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C).

Temperatura (°C)	Moinho	
	Facas <sup>(1)</sup>	Martelos <sup>(1)</sup>
(CRO g de óleo g <sup>-1</sup> de farinha)		
45	1,02±0,05 <sup>abc</sup>	0,90±0,04 <sup>c</sup>
50	0,93±0,05 <sup>c</sup>	1,02±0,03 <sup>b</sup>
55	0,95±0,02 <sup>c</sup>	1,01±0,06 <sup>bc</sup>
60	0,96±0,01 <sup>bc</sup>	1,21±0,01 <sup>a</sup>
65	1,01±0,05 <sup>ac</sup>	0,90±0,05 <sup>bc</sup>
70	1,05±0,02 <sup>a</sup>	0,95±0,05 <sup>bc</sup>

<sup>1</sup>Valores representam a média das triplicatas ± desvio-médio.

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Portanto, sugere-se que a diferença no teor de carboidratos seja consequência de teores variados de fibra. Desta forma, a farinha

resultante da secagem nas temperaturas do experimento podem apresentar teores variáveis de fibra e, utilizando-se como parâmetro a CAA referente à temperatura de secagem de 70 °C e 65 °C e moagem em moinho de facas e martelos, respectivamente, estas são mais apropriadas para formulações de produtos de panificação, pois permitem maior incorporação de água à massa e aumentam o rendimento dos produtos finais.

Os resultados da CAA encontrados no presente trabalho são inferiores aos encontrados por Castilho, Fontanari e Batistuti (2009) para a farinha de trevoço doce (CAA entre 3,5 e 3,6 g de água.g<sup>-1</sup> de farinha), porém são levemente superiores à CAA determinada pelos mesmos pesquisadores para a farinha de feijão guandu (CAA entre 2,0 e 2,1 g de água g<sup>-1</sup> de farinha) e também por Mizubuti et al. (2000) para a proteína e o concentrado proteico do feijão guandu (1,20 e 0,87 g de água g<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente).

Glória e Regitano d'Arce (2000) avaliaram as propriedades funcionais de um concentrado proteico com 59 % (base seca- b.s) de proteína obtida da torta de castanha-do-Pará por meio de precipitação isoelétrica e observaram uma capacidade de absorção de água de 3,38g de água g<sup>-1</sup> de farinha, o que levou a destacarem a adequação do concentrado proteico avaliado, na elaboração de produtos cárneos, de confeitarias, pastelaria e massas em geral.

Tabela 15 Capacidade de absorção de água (CAA) das farinhas obtidas em moinho de facas e martelos nas temperaturas de secagem do experimento (45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C).

Temperatura (°C)	Moinho	
	Facas <sup>(1)</sup>	Martelos <sup>(1)</sup>
(CAA g de água g <sup>-1</sup> de farinha)		
45	2,25±0,02 <sup>b</sup>	2,41±0,19 <sup>ab</sup>
50	1,95±0,03 <sup>e</sup>	2,40±0,07 <sup>a</sup>
55	2,20±0,02 <sup>c</sup>	2,16±0,11 <sup>bc</sup>
60	2,07±0,01 <sup>d</sup>	2,31±0,28 <sup>ac</sup>
65	2,30±0,13 <sup>abcd</sup>	2,00±0,09 <sup>c</sup>
70	2,44±0,04 <sup>a</sup>	2,36±0,16 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Valores representam a média das triplicatas ± desvio-médio.

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados para a CAA encontrados no presente trabalho, considerando todos os tratamentos, ou seja, temperaturas de secagem e técnicas de moagem, são superiores àqueles registrados para o isolado proteico da semente de goiaba obtidos a pH 10,0 e 11,0 por Fontanari et al. (2007), os quais mantiveram-se na faixa de 1,0 a 1,75 mL de água g<sup>-1</sup> de proteína, desde que admita-se a densidade da água igual à unidade na temperatura da determinação.

Ainda, com relação à comparação entre a CAA encontrada no presente trabalho e aquela encontrada por Fontanari et al. (2007), sugere-se que as farinhas do resíduo do despulpamento da goiaba apresentem um teor considerável de fibras.

Porte et al. (2011) reportaram que farinhas de sementes de abóbora e de sementes de mamão apresentaram CAA da ordem de 4,468 e 6,408 g de água g<sup>-1</sup> de farinha, respectivamente, sendo estes valores superiores aos valores encontrados no presente trabalho. Ainda com relação aos níveis de CAA encontrados para as sementes de abóbora e mamão, os autores acreditam que sejam devido ao alto teor de fibras presentes nesses materiais, desta forma, sugere-se que o teor de fibras da farinha do resíduo desidratado do despulpamento da goiaba, apresenta um nível inferior de fibras quando comparada com a farinha de semente de mamão e de abóbora.

Silva et al. (2009), indicaram que o resíduo similar ao deste estudo pode conter cerca de 50 % de fibras. Embora estes autores tenham determinado apenas fibra bruta, segundo Giuntini, Lajolo e Menezes (2003), por sua vez, a fibra alimentar pode ser utilizada no enriquecimento de produtos ou como ingrediente, pois sua composição de polissacarídeos, lignina, oligossacarídeos e amido resistente, dentre outras substâncias, confere diferentes propriedades funcionais, aplicáveis à indústria de alimentos e desta forma, podem ser aproveitadas na produção de diferentes produtos como bebidas, sobremesas, derivados do leite, biscoitos, massas e pães.

As fibras alimentares apresentam efeitos fisiológicos importantes e uma alternativa ao aumento de seu consumo pela população é a utilização de fibras obtidas de resíduos industriais alimentícios como matéria-prima para a produção de alguns alimentos perfeitamente passíveis de serem incluídos na alimentação humana (OLIVEIRA et al., 2002).

Souza, Ferreira e Vieira (2008) estudaram a CAA da farinha da casca de maracujá amarelo e encontraram um valor de 6,02±0,06 g de

água  $\text{g}^{-1}$  de farinha, sendo esse resultado superior aos valores encontrados no presente trabalho.

Segundo Silva-Sánchez et al. (2004), a capacidade de absorção de água é uma propriedade que pode indicar o potencial de aplicabilidade de um concentrado proteico em sistemas alimentares aquosos, especialmente naqueles que envolvem a elaboração de massas; a CAA está relacionada à capacidade de hidratação de uma proteína, de forma que a mesma retém a água absorvida contra a força da gravidade dentro de uma matriz proteica, o que depende, em parte, da sua composição em aminoácidos, desta forma, quanto maior o número de resíduos carregados, maior a capacidade de hidratação da proteína (DAMODARAM, 1996).

Perez e Germani (2004), estudaram as propriedades químicas e físicas da farinha mista de trigo e berinjela misturadas nas proporções de 90:10; 85:15 e 80:20, sendo observado uma variação crescente para o Índice de Absorção de Água nas misturas preparadas (2,95; 3,19 e 3,31 g de gel  $\text{g}^{-1}$  de matéria seca, respectivamente); desta forma, os autores justificam o incremento devido ao acréscimo no teor de fibras, aportado com o aumento no percentual de farinha de berinjela nas misturas; os autores recomendam a farinha de berinjela, com índice de absorção de água igual a 11,63 g de gel  $\text{g}^{-1}$  de matéria seca, para o uso em formulações de produtos de panificação, por permitir uma maior incorporação de água à massa e consequente aumento no rendimento dos produtos finais.

Com relação à atividade emulsificante, cujos valores obtidos no presente trabalho encontram-se na Tabela 15, observa-se que as farinhas do resíduo do processo de beneficiamento da goiaba, secas nas temperaturas deste experimento e obtidas em moinho de facas, não diferem estatisticamente, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey; porém, quando obtidas por moagem em moinho de martelos, observa-se, dos dados da Tabela 15, que o produto seco a 50 e 60 °C diferem estatisticamente entre si, porém não há diferença para as outras temperaturas de secagem.

As propriedades de emulsificação, importantes na elaboração de molhos para saladas e produtos cárneos, estão relacionadas com a solubilidade aquosa das proteínas, uma vez que podem diminuir a tensão interfacial entre componentes hidrofóbicos e hidrofílicos em alimentos (KINSELLA, 1976).

As propriedades emulsificantes podem ser avaliadas determinando-se a capacidade emulsificante, a atividade emulsificante

ou a estabilidade emulsificante. Com relação à capacidade emulsificante, esta é definida como o volume de óleo que pode ser emulsificado por grama de proteína, antes que ocorra a inversão ou colapso da emulsão (KINSELLA, 1976). A atividade emulsificante indica quando uma proteína tem habilidade emulsificante e qual é o grau de emulsificação dado para uma determinada quantidade de proteínas (HAQUE et al., 1989); a estabilidade da emulsão se refere à habilidade da proteína para formar uma emulsão que permaneça sem mudanças durante um tempo de duração determinado, sob condições específicas de tempo ou temperatura (KINSELLA, 1976).

A atividade emulsificante relaciona-se com as características hidrofóbicas da proteína, de forma que, quanto maior a atividade emulsificante, mais hidrofóbica é a proteína (KATO; NAKAI, 1980).

As farinhas não apresentaram atividade espumante sugerindo sua inadequação como ingredientes em sistemas alimentares que requeiram esta propriedade, como sorvetes, mousses, merengues e outros.

Tabela 16 Atividade emulsificante (AE) das farinhas obtidas em moinho de facas e martelos nas temperaturas de secagem do experimento (45, 50, 55, 60, 65 e 70 °C).

Temperatura (°C)	Moinho	
	Facas <sup>(1)</sup>	Martelos <sup>(1)</sup>
45	0,48±0,03 <sup>ns</sup>	0,50±0,02 <sup>a</sup>
50	0,46±0,02 <sup>ns</sup>	0,46±0,01 <sup>b</sup>
55	0,45±0,01 <sup>ns</sup>	0,50±0,04 <sup>a</sup>
60	0,46±0,02 <sup>ns</sup>	0,50±0,01 <sup>a</sup>
65	0,46±0,01 <sup>ns</sup>	0,49±0,01 <sup>ab</sup>
70	0,46±0,01 <sup>ns</sup>	0,50±0,02 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Valores representam a média das triplicatas ± desvio-médio. ns: Não significativa

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 5.4 Caracterização microscópica da farinha

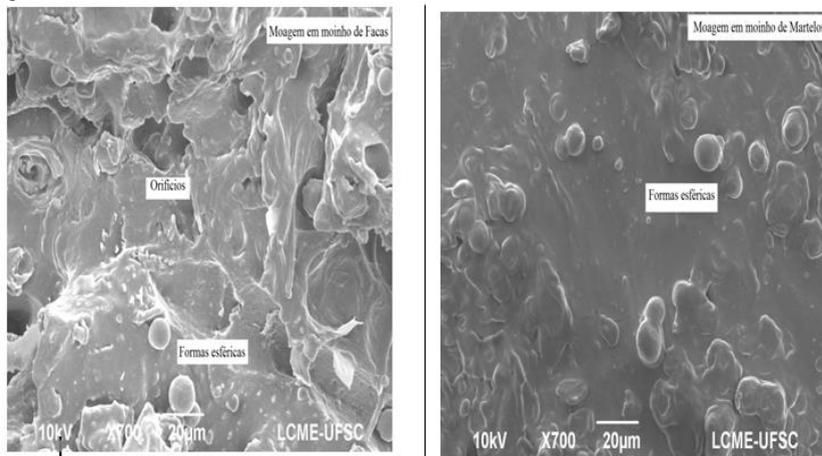
A pesquisa estrutural de alimentos, no que tange à identificação de componentes e interação entre estes, pode ser realizada utilizando-se a microscopia eletrônica de varredura (AGUILERA; STANLEY, 1990). O tipo de redução do tamanho de partículas, por martelos ou por facas, pode ser investigado verificando se os efeitos esperados segundo cada

tipo de moagem são observados na estrutura microscópica das partículas.

Nas micrografias apresentadas na Figura 13 e relativas à secagem a 45°C, observa-se, para as duas técnicas de moagem, a presença de formas esféricas sobre a superfície do material e cujos diâmetros possuem pouca variação; observa-se também que as micrografias relativas à moagem em moinho de facas, para a mesma temperatura de secagem, revelam uma estrutura mais solta, em camadas superpostas e para a moagem em moinho de martelos, a superfície aparenta mais agregada e compacta com ausência de orifícios e apresentando as formas esféricas mais aderidas à superfície do material.

Este fato sugere a produção de um material mais higroscópico resultante da moagem em moinho de martelos, tal como observado por Toneli et al., (2008) ao avaliarem o efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó. Segundo estes autores, a microscopia eletrônica de varredura consiste-se em ferramenta eficiente para determinação e observação do fenômeno de aglomeração que ocorre na superfície de polissacarídeos, os quais, devido à natureza do resíduo do despulpamento da goiba, devem estar presentes e sofrer modificações físicas devido ao processo de secagem e moagem.

Figura 13 Micrografias eletrônicas<sup>(1)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 45°C e moído em moinho de facas e martelos.

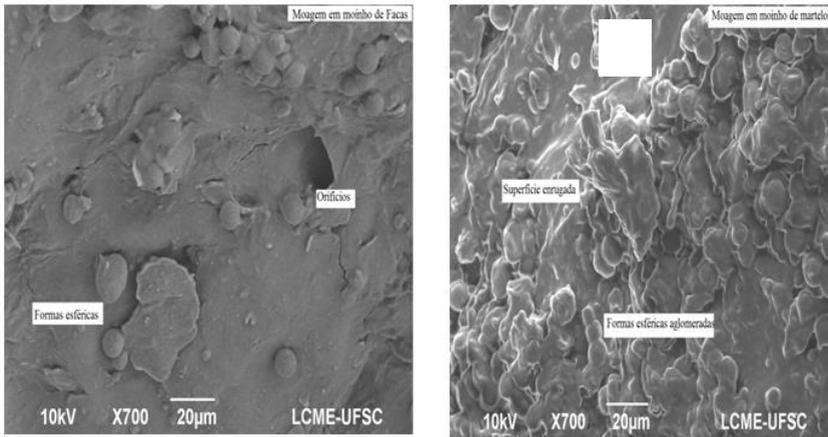


(1) aumento de 700 vezes.

As Figuras 14, 15, 16, 17 e 18 apresentam as MEV's para as temperaturas de secagem de 50, 55, 60, 65 e 70°C. Observa-se das micrografias apresentadas que existem diferenças morfológicas entre as farinhas, uma vez que as superfícies observadas variam em aspecto tanto para as temperaturas de secagem, quanto para as técnicas de moagem, pois, revelam-se superfícies enrugadas e aglomeração das formas esféricas para moagem em moinho de martelos e secagem às temperaturas de 50, 55, 65 e 70°C. Porém, para esta mesma técnica de moagem, ou seja, moinho de martelos, a secagem a 60°C apresenta um material com superfície lisa, porém apresentando formas esféricas aglomeradas e isoladas.

Com relação à moagem em moinho de facas, observam-se das micrografias apresentadas, que não há aglomeração de partículas para as temperaturas de 50, 55 e 70°C, inclusive, para esta última temperatura de secagem, o material apresenta-se com aspecto liso e presença de pequena quantidade de partículas esféricas. Porém, para as temperaturas de secagem de 60 e 65°C, observa-se das imagens que há aglomeração de partículas, com este fenômeno intensificando-se entre estas duas temperaturas.

Figura 14 Micrografias eletrônicas<sup>(1)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 50°C e moído em moinho de facas e martelos.

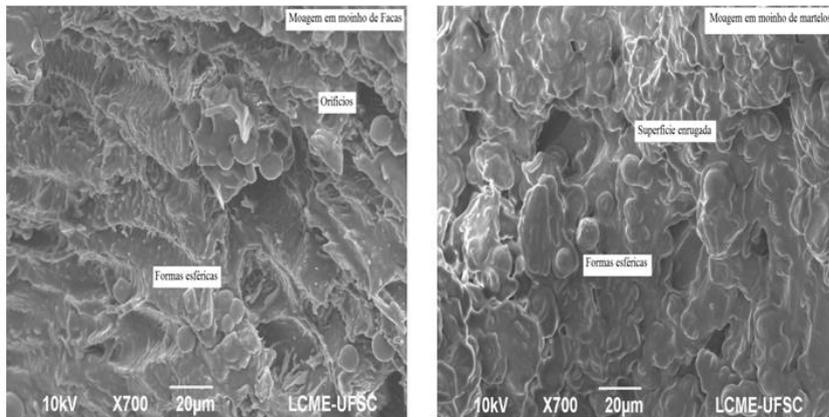


aumento de 700 vezes.

As micrografias obtidas neste trabalho sugerem a presença de corpos lignificados, os quais estão presentes em tecidos vegetais, tais como sementes, folhas e polpa, inclusive de espécies mirtáceas (MATSUURA, 2005, SILVA; PAOLI, 2006; MARQUES et al., 2007; CONEGLIAN, 2011).

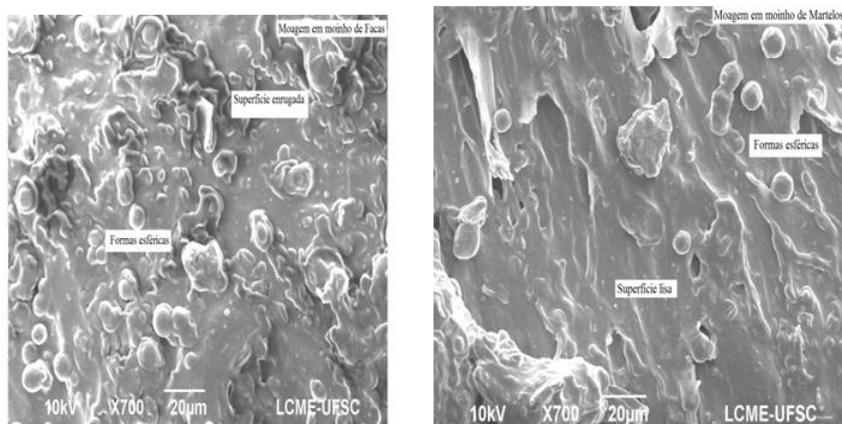
Além da presença de corpos lignificados, é sugestivo afirmar que a aglomeração de partículas observadas derivem dos polissacarídeos presentes na polpa residual que compõe o resíduo sólido do despolpamento da goiaba estudado no presente trabalho.

Figura 15 Micrografias eletrônicas<sup>(1)</sup> da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 55°C e moído em moinho de facas e martelos.



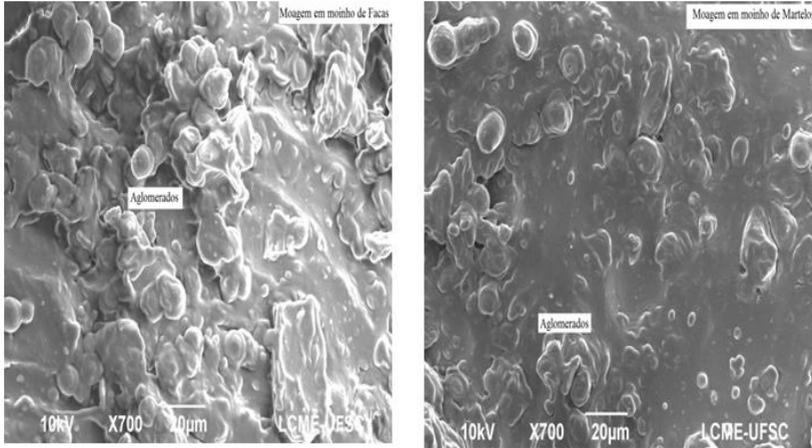
(1) aumento de 700 vezes.

Figura 16 Micrografias eletrônicas<sup>(1)</sup> da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 60°C e moído em moinho de facas e martelos.



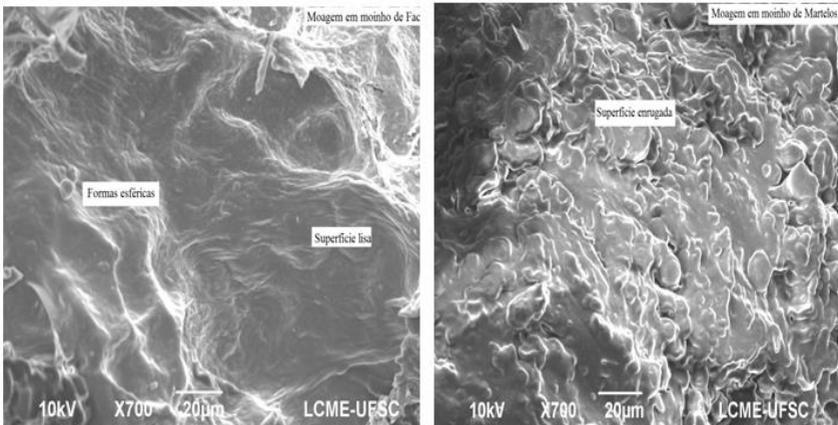
(1) aumento de 700 vezes.

Figura 17 Micrografias eletrônicas<sup>(1)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 65°C e moído em moinho de facas e martelos.



(1) aumento de 700 vezes

Figura 18 Micrografias eletrônicas<sup>(1)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 70°C e moído em moinho de facas e martelos.



(1) aumento de 700 vezes.

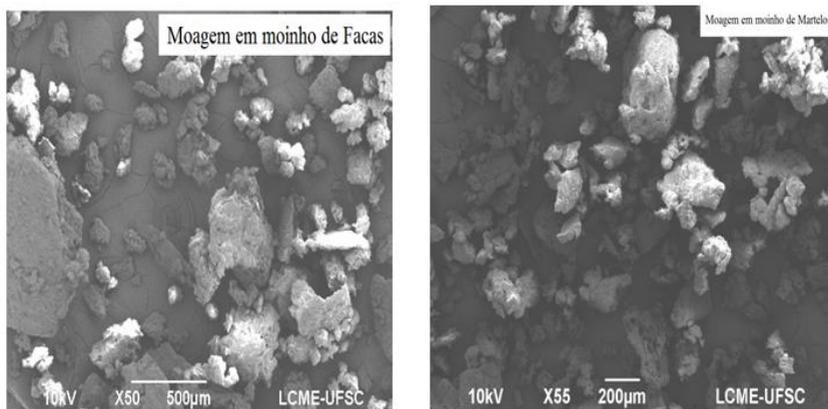
Huber (2012), com o objetivo de estudar os efeitos da adição de fibras vegetais como substitutos de gordura nas características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e tecnológicas de produtos elaborados com carne de frango (hambúrguer e empanado); caracterizou

seis fibras vegetais comerciais (aveia, bambu, batata, ervilha, maçã e trigo), sendo que a microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 100 vezes, foi um dos métodos aplicados para a avaliação morfológica das fibras, sendo observado, igualmente ao presente trabalho, a presença de fissuras, poros e rugosidade na superfície para as fibras de maçã, ervilha e batata.

Araújo (2014) realizando a secagem de polpa de jambolão por liofilização e em leito de jorro, observou que as farinhas obtidas por liofilização apresentaram estrutura com um número maior de orifícios do que aquelas produzidas em leito de jorros.

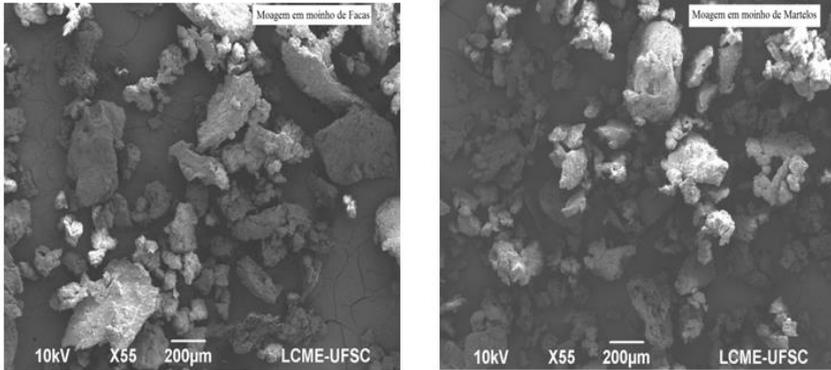
As Figuras 19, 20, 21, 22, 23 e 24 apresentam as micrografias eletrônicas do resíduo sólido do despulpamento da goiaba nas temperaturas de secagem do presente experimento e moagem em moinho de facas e em moinho de martelos.

Figura 19 Micrografias eletrônicas<sup>(2)</sup> da farinha do resíduo do despulpamento da goiaba seco a 45°C e moído em moinho de facas e martelos.



(2) aumento de 50 e 55 vezes.

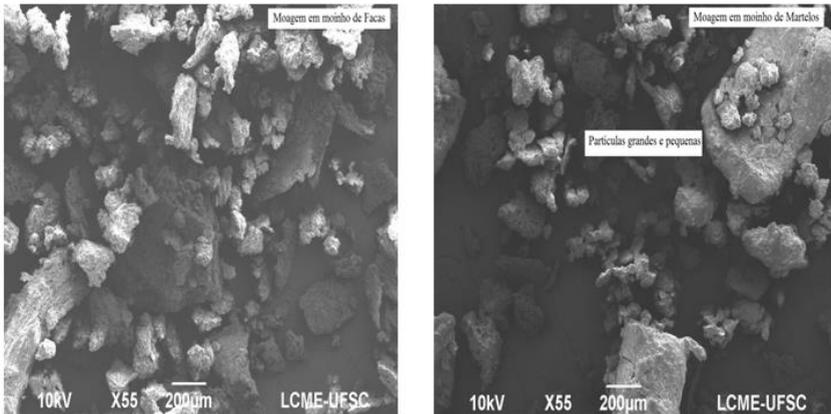
Figura 20 Micrografias eletrônicas<sup>(2)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 50°C e moído em moinho de facas e martelos.



(2) aumento de 55 vezes.

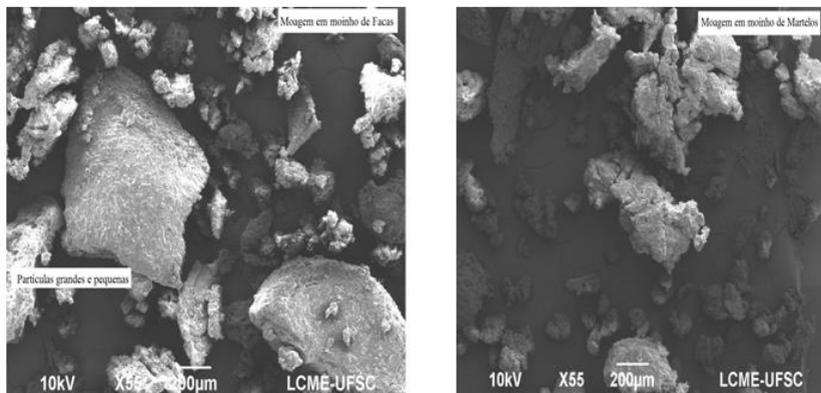
Com relação à distribuição das partículas, em aumento de 55 vezes, observa-se que aquelas não possuem forma definida, apresentando aspecto superficial esponjoso, típico de farinhas com elevado teor de fibras.

Figura 21 Micrografias eletrônicas<sup>(2)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 55°C e moído em moinho de facas e martelos.



(2) aumento de 55 vezes.

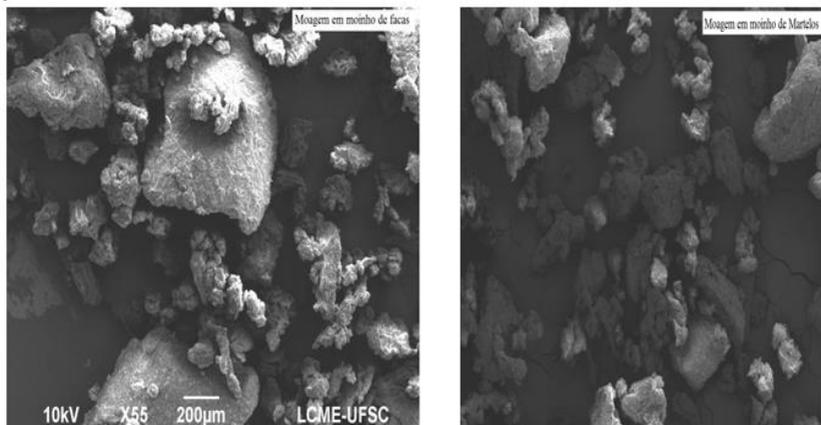
Figura 22 Micrografias eletrônicas<sup>(2)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 60°C e moído em moinho de facas e martelos.



(2) aumento de 55 vezes

Ainda, em aumento de 55 vezes, observa-se, para moinho de facas, a presença de partículas maiores que 200 µm, predominantemente nas temperaturas de 45 e 60 °C, porém na temperatura de secagem de 55 °C, observa-se uma maior amplitude no tamanho das partículas, com um número expressivo de partículas com tamanho inferior a 200 µm.

Figura 23 Micrografias eletrônicas<sup>(2)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 65°C e moído em moinho de facas e martelos.



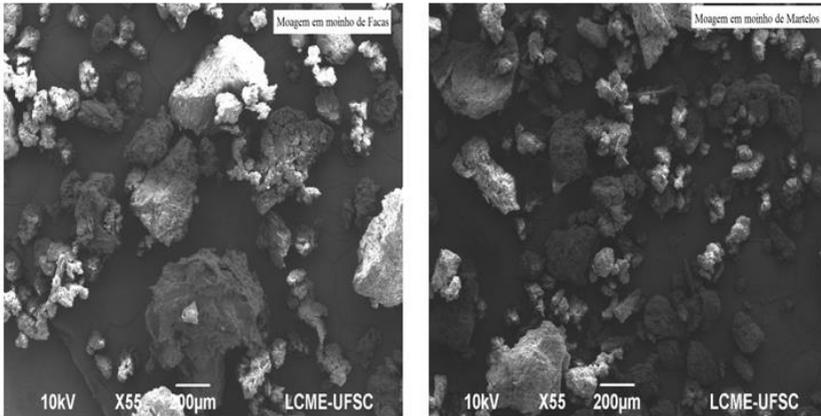
(2) aumento de 55 vezes

O aspecto geral das farinhas do resíduo do despolpamento da goiaba revela que o material apresenta-se com muitos poros,

independente da temperatura de secagem e do equipamento utilizado para obtenção da farinha; o que pressupõe a inexistência de diferenças estruturais nas mesmas.

Por sua vez, as farinhas obtidas por moagem em moinho de facas, em todas as temperaturas, respondem estruturalmente a este tipo de moagem, enquanto as obtidas em moinho de martelos, são como que correspondendo a um processo de desestruturação ou amassamento.

Figura 24 Micrografias eletrônicas<sup>(2)</sup> da farinha do resíduo do despolpamento da goiaba seco a 70°C e moído em moinho de facas e martelos.



(2) aumento de 55 vezes.

## 5.5 Compostos bioativos

### 5.5.1 Licopeno e carotenoides totais

Os teores de licopeno e carotenoides totais, em farinhas do resíduo sólido do despolpamento da goiaba, obtidas em moinho de facas e de martelos, estão dispostos nas Tabelas 17 e 19.

Avaliando-se os dados da Tabela 17, para moinho de facas, observa-se que os maiores teores de licopeno são relativos ao material seco a 50 e 70 °C, não havendo diferença estatística, a 5 % de significância, entre estes valores; para o material seco na temperatura de 45 °C, obteve-se o menor teor de licopeno, sendo este valor estatisticamente diferente para as temperaturas de 50, 65 e 70 °C. Quando estes resultados são confrontados com a avaliação morfológica com base nas micrografias eletrônicas, é sugestivo afirmar que o tamanho das partículas tenha influenciado na melhor extração de

licopeno; outro fator com possibilidade de influenciar o teor de licopeno é a menor exposição do material durante a secagem, pois em temperaturas mais elevadas, a exposição é menor e neste trabalho os tempos de secagem, para uma massa inicial de aproximadamente 3,5 g decresceu de cinco horas e vinte minutos, para secagem a 45 °C, para três horas na secagem a 70 °C.

Tabela 17 Teor de licopeno ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em resíduo do despulpamento da goiaba seco em diferentes temperaturas e moído em moinho de facas e de martelos.

Temperatura (°C)	Moinho	
	Facas <sup>(1)</sup>	Martelos <sup>(1)</sup>
45	2,1±0,23 <sup>c</sup>	4,4±0,03 <sup>a</sup>
50	3,5±0,39 <sup>ab</sup>	3,5±0,03 <sup>b</sup>
55	2,6±0,32 <sup>bc</sup>	1,4±0,27 <sup>d</sup>
60	2,5±0,23 <sup>bc</sup>	2,2±0,12 <sup>c</sup>
65	2,9±0,16 <sup>b</sup>	2,6±0,25 <sup>c</sup>
70	3,9±0,37 <sup>a</sup>	3,3±0,28 <sup>b</sup>

1 Valores representam a média das triplicatas  $\pm$  desvio-padrão.

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação ao teor de licopeno em resíduos sólidos do despulpamento da goiaba, na literatura existem poucos trabalhos, sendo a maioria dos trabalhos voltada para a investigação de carotenoides totais, atividade antioxidante e compostos fenólicos.

Porém, Kong e Ismail (2011) avaliaram o teor de licopeno no resíduo do processamento da goiaba para obtenção de purê, em várias fases do processo (decantador, peneiras e refinadeiras), encontrando valores de 7,12; 5,77 e 3,94 mg 100 g<sup>-1</sup>; respectivamente, portanto com um teor total de licopeno equivalente a 16,86 mg 100 g<sup>-1</sup>, o que, quando transformado para  $\mu\text{g g}^{-1}$ , resulta em 168,6  $\mu\text{g g}^{-1}$ , valor superior ao encontrado no presente trabalho.

Esta grande diferença pode ser resultado do processo de secagem e método utilizado para extração do licopeno, ou seja, no trabalho de Kong e Ismail (2011), foi utilizada a liofilização para a secagem das amostras, técnica que possibilita uma maior “abertura” da matriz alimentícia, pois os cristais de gelo formados no processo, danificam com mais intensidade o tecido vegetal, o que pode significar um maior acesso ao licopeno pelo solvente. Outro aspecto que deve ser

considerado é com relação ao tamanho das partículas, pois no trabalho em questão, somente as partículas cuja granulometria passasse em peneira de 0,25 mm foram utilizadas para extração do licopeno.

No que diz respeito à técnica para extração dos carotenoides em amostras de alimentos, Amorim-Carrilho et al. (2014) reportam que existem na literatura trabalhos que utilizaram vários tipos de solventes tais como: acetona, etanol, THF, hexano, tolueno, dietil-éter, metanol, acetato de etila, diclorometano, éter de petróleo clorofórmio e butanol.

Porém, a maioria dos estudos têm incluído o hexano como solvente de extração, seguido por acetona, metanol e, finalmente, THF e, com menos frequência, éter de petróleo, éter dietílico, diclorometano, acetato de etila e etanol. Desta forma, uma grande quantidade de combinações de solventes já foi citada por diversos pesquisadores. No entanto, o etanol / hexano (4: 3), é uma das combinações mais comuns para alimentos (AMORIM-CARRILHO et al., 2014).

Portanto, uma das explicações para a disparidade entre o teor de licopeno determinado no presente trabalho e aquele determinado por Kong e Ismail (2011), pode ser consequência da metodologia utilizada.

Ainda, com relação ao tipo de resíduo avaliado, no presente trabalho a coleta do resíduo foi realizada no final da linha de produção, ou seja, apenas após o refino, mas ainda assim, existe uma diferença da ordem de centenas quanto aos teores de licopeno quando os dois estudos são confrontados.

O tratamento térmico tem sido responsabilizado por aumentar o teor de compostos fenólicos e de licopeno extraível de matrizes alimentares, pois acredita-se que este proporcione a quebra da parede celular e enfraqueça as interações entre o licopeno e o tecido vegetal (XU et al., 2007; SHI et al., 2008).

Em pesquisa realizada por Kong et al. (2010), foi verificado que o branqueamento a vapor em temperatura de 60 °C, pelo período de 20 a 60 minutos, aumenta significativamente, em 13 %, o teor de licopeno oriundo do decantador no processo de elaboração do purê de goiaba. Porém, neste mesmo estudo, os pesquisadores concluíram que existe forte correlação negativa entre o teor de compostos bioativos (licopeno e compostos fenólicos) e a severidade do branqueamento (combinação tempo - temperatura).

Portanto, estes fatos sugerem que a disparidade entre os valores de licopeno determinados no presente estudo e aqueles encontrados por Kong e Ismail (2011) podem ser consequência da matriz avaliada.

Na literatura encontram-se grandes diferenças para o teor de licopeno em goiaba, este fato, aliado à forma de expressar o teor de licopeno, se base seca ou úmida, dificulta a comparação. A Tabela 18 apresenta teores de licopeno, para goiaba, na fruta fresca, portanto em base úmida, divulgados em alguns trabalhos de pesquisa.

Tabela 18 Teores de licopeno em diferentes cultivares de goiaba estudados por vários autores.

Trabalho	Teor de licopeno ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) <sup>1</sup>
Rodrigues Amaya (1985) <sup>(a)(d)</sup>	53,60
Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995) <sup>(a)(d)</sup>	44,8 – 60,6
Escobar e Sylos (2006) <sup>(a)(d)</sup>	58,80
USDA (2006) <sup>(a)(d)</sup>	52,04
Yano et al. (2005) <sup>(c)</sup>	43,80
Tasca (2007) <sup>(a)(d)</sup>	69,99

Variedade: (a) Paluma (b) Sungkai Beaumont (c) Goiaba (d) pomifera 1 – fruta fresca

USDA: *National Nutrient Database for Standard Reference*.

Considerando o valor mínimo determinado para o teor de licopeno no presente trabalho e o teor máximo de licopeno encontrado em goiabas *in natura*, conclui-se que no resíduo estudado, após a secagem, existe uma retenção de aproximadamente 2 % de licopeno.

Fogaça et al. (2011) avaliaram quatro marcas de *catchup* comercializadas na cidade de Santa Maria, RS, e encontraram um valor médio para licopeno de  $48,29 \mu\text{g g}^{-1}$ , valor superior ao encontrado para o resíduo do beneficiamento no presente trabalho.

Moraes (2013) avaliou o teor de licopeno em geleia de goiaba comercial, encontrando valores entre 0,30 e 0,68  $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ , o que equivale a 3,0 e 6,8  $\mu\text{g g}^{-1}$ , valores aproximados àqueles encontrados no presente trabalho.

Os valores para o teor de carotenoides para o material moído em moinho de facas são maiores para a temperatura de 50 °C, porém não diferem estatisticamente daqueles extraídos do material seco a 60 e 70 °C e também moído em moinho de facas; o que demonstra que a temperatura de secagem, nas condições realizadas no presente trabalho, não interferiu na estabilidade dos carotenoides, de forma a degradá-los.

O menor teor de carotenoides extraídos da amostra seca a 45 °C, sugere interferência da água na matriz, ou ainda, maior degradação

de carotenoides devido a um maior tempo de exposição do material durante a etapa de secagem como já referido anteriormente.

Tabela 19 Teor de carotenoides totais ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em resíduo do despulpamento da goiaba seco em diferentes temperaturas e moído em moinho de facas e de martelos.

Temperatura (°C)	Moinho	
	Facas <sup>(1)</sup>	Martelos <sup>(1)</sup>
45	3,7±0,24 <sup>d</sup>	5,9±0,03 <sup>a</sup>
50	5,6±0,82 <sup>a</sup>	4,7±0,04 <sup>ab</sup>
55	4,2±0,51 <sup>c</sup>	1,9±0,36 <sup>c</sup>
60	4,3±0,26 <sup>b</sup>	2,9±0,16 <sup>bc</sup>
65	4,0±0,61 <sup>d</sup>	3,1±0,26 <sup>bc</sup>
70	4,7±0,53 <sup>a</sup>	4,3±0,38 <sup>b</sup>

1Valores representam a média das triplicatas  $\pm$  desvio-padrão.

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação ao teor de carotenoides do resíduo seco nas temperaturas do presente trabalho e moído em moinho de martelos, o valor mais elevado corresponde à temperatura de secagem de 45 °C, comportamento oposto àquele observado para moinho de facas, este fato, sugere que existem diferenças para a estrutura das partículas obtidas por processos diferentes de moagem.

Com relação ao teor de carotenoides extraídos das amostras secas nas demais temperaturas, observa-se, dos dados da Tabela 19, que não houveram diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, para o teor de carotenoides extraído do material seco a 50 e 70 °C e a 60 e 65 e para 65 e 70 °C, este fato evidencia que a secagem do resíduo do beneficiamento da goiaba realizada nas condições do presente trabalho, pode afetar a estabilidade dos carotenoides presentes.

Ao serem comparadas as médias para o teor de licopeno extraído do material moído em moinhos de facas e de martelos, a estatística revela haver diferença significativa entre o teor de licopeno para o material seco a 45 e a 50 °C e moído em moinho de facas e de martelos, respectivamente.

Souza et al. (2011), realizaram a caracterização nutricional e avaliaram a composição de bioativos em resíduos de frutas tropicais

brasileiras (acerola (*Malpighia glabra* L.), goiaba (*Psidium Guajava* L.), abacaxi (*Ananas comosus* L.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), bacuri (*Platonia insignis*) e graviola (*Annona muricata* L.) embora neste trabalho não tenha sido avaliado o teor de licopeno, foi encontrado para o resíduo da goiaba  $644,9 \pm 10,02 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$  em carotenoides totais, o que é equivalente a  $6,45 \pm 0,01 \mu\text{g } \text{g}^{-1}$ , sendo estes resultados acima do encontrado no presente trabalho (Tabela 19).

Abreu e Barcelos (2012) avaliaram o efeito do processamento térmico sobre o teor dos principais antioxidantes e sobre a atividade antioxidante total *in vitro* (AAT) da polpa de tomate. Em condições domésticas, ou seja, aquecimento em água em seis períodos de tempo: 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 minutos e concluíram que o processamento térmico, nas condições realizadas, aumenta a atividade antioxidante total da polpa tomate e os teores de carotenóides, principalmente o licopeno e compostos fenólicos.

A principal causa de perda ou destruição de carotenoides durante o processamento é a oxidação (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). A degradação de carotenoides por oxidação também foi observada por Castelo Branco e Torres (2011).

Para Shi e Le Maguer (2000), o processamento industrial de produtos à base de tomates (molhos, purês, extratos, *catchup*, etc.), sucos e polpas de frutas, representa uma fase crítica, pois pode ocorrer perda do valor nutricional destes alimentos, devido à exposição a temperaturas elevadas, oxigênio e luz. Para obtenção de sucos e polpas, é feito o tratamento de tomates inteiros utilizando-se máquinas despoldadeiras, onde os frutos são desintegrados com eventual incorporação de oxigênio. Já para molhos, purês, extratos e *catchup* a polpa deve ser concentrada utilizando calor com ou sem o uso de vácuo. Para molho de tomate enlatado, é necessária uma etapa de esterilização pelo calor em autoclave. Tomates secos são obtidos em processos de desidratação por ar aquecido ou outros métodos. Todos estes tratamentos térmicos ou mecânicos são frequentemente usados, afetando a composição em carotenóides dos produtos de tomate industrializados.

Segundo Padula e Rodriguez-Amaya (1986) o licopeno responde por 86 % dos carotenoides presentes na casca da goiaba.

Com relação à recomendação diária de ingestão (ID) de licopeno, o *Institute of Medicine of The National Academy of Sciences* (I.O.M, 1999), recomenda uma ingestão entre 5 e 10 mg, portanto, o resíduo do beneficiamento da goiaba, após secagem e moagem, em

quantidade de 5,0 g por grama de produto elaborado, supriria as necessidades diárias de ingestão de licopeno.

### 5.5.2 Compostos fenólicos

Os teores de compostos fenólicos, para as farinhas do resíduo do despulpamento da goiaba obtidas em diferentes temperaturas e moídas em moinho de facas e de martelos estão dispostos na Tabela 20.

Tabela 20 Teores de compostos fenólicos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em resíduo do despulpamento da goiaba seco em diferentes temperaturas e moído em moinho de facas e de martelos.

Temperatura (°C)	Moinho	
	Facas <sup>(1)</sup>	Martelos <sup>(1)</sup>
45	990±41,3 <sup>b</sup>	987±8,6 <sup>a</sup>
50	1.130±24,3 <sup>a</sup>	876±42,8 <sup>b</sup>
55	1.010±29,4 <sup>b</sup>	966±4,21 <sup>ab</sup>
60	1.005±53,9 <sup>b</sup>	914±74,7 <sup>ab</sup>
65	969±51,2 <sup>b</sup>	891±126,5 <sup>ab</sup>
70	965±39,3 <sup>b</sup>	883±48,6 <sup>b</sup>

1Valores representam a média das triplicatas  $\pm$  desvio-padrão.

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor de compostos fenólicos no resíduo do beneficiamento da goiaba (Tabela 20) encontra-se entre 883 e 1.130  $\mu\text{g g}^{-1}$ , havendo diferença estatística para o material seco a 50 °C e as demais temperaturas para moinho de facas e para o material seco a 45 e a 50 e 70 °C para moinho de martelos, não havendo diferenças estatísticas a 5 % de probabilidade para as demais temperaturas de secagem.

Quando confrontados os teores de compostos fenólicos correspondentes aos dois processos de moagem verifica-se que os dois maiores e menores valores correspondem às temperaturas de secagem de 45 e de 50°C, porém, de forma invertida, ou seja, para moinhos de facas, o maior teor de compostos fenólicos corresponde ao material seco a 50°C já para o moinho de martelos esse teor é relativo ao material seco a 45°C, estes fatos evidenciam que além da temperatura de secagem, o processo de moagem também interfere no teor de compostos fenólicos que podem ser extraídos da matriz vegetal em estudo.

Confrontando-se o comportamento para o teor de compostos fenólicos verificado no presente trabalho com as micrografias eletrônicas também relativas ao presente trabalho, reforça-se a tese de que as formas esféricas, verificadas nas micrografias com aumento de 700 vezes, sejam devidas à lignina, a qual possui estrutura amorfa e segundo Carvalho e Frollini (1999) possui caráter fenólico.

Souza et al. (2011) em trabalho já aqui referenciado, encontrou para o resíduo agroindustrial da goiaba um teor de compostos fenólicos de  $24,63 \pm 0,29$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ , valor inferior ao encontrado no presente trabalho.

Narayan, Singh e Marar (2012), objetivando validar a prática popular do uso de extratos de folhas de goiaba no combate à diabetes e antioxidante natural, determinaram, além de outros constituintes, a atividade antioxidante e fitoquímicos (compostos fenólicos, flavonoides e taninos) de extratos metanólicos e aquosos de folhas de goiaba. Os resultados obtidos foram mais elevados para os extratos metanólicos e, com relação aos compostos fenólicos, verificou-se a presença de  $8,00 \pm 0,1$  e  $7,38 \pm 0,09$  mg equivalentes em ácido Gálico por grama de matéria prima, para os extratos metanólicos e aquosos, respectivamente. Desta forma, os autores da pesquisa concluem que o extrato da folha de goiaba representa uma fonte de antioxidantes naturais com perspectivas para sua utilização na elaboração de alimentos funcionais ou medicamentos com efeitos quimioprotetores.

Thaipong et al. (2006) determinaram o teor de compostos fenólicos em seis genótipos de goiaba vermelha e branca produzidas nos estados da Flórida e Alabama nos Estados Unidos da América, encontrando diferenças significativas nos teores de compostos fenólicos, expressos em mg de ácido gálico por 100g de polpa fresca, sendo o menor teor correspondente à variedade *Ruby Supreme* ( $170,0 \pm 5,6$ ) de polpa vermelha e o maior teor correspondente à variedade *Allahabad Safeda* ( $344,90 \pm 33,6$ ) de polpa branca. Valores estes superiores aos encontrados no presente trabalho.

Castro-Vargas et al. (2010) com o objetivo de encontrar outras alternativas para fortalecer a cadeia produtiva da goiaba, fruto de grande importância para a Colômbia, testaram a eficiência de diversos processos e solventes na extração de compostos fenólicos de sementes de goiaba. Os teores de compostos fenólicos, em mg de ácido gálico por 100g de semente, variou de acordo com o solvente e o método, sendo o menor teor ( $50 \pm 1$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ) para extração com  $\text{CO}_2$  supercrítico e acetato de etila como co-solvente e o maior teor ( $176 \pm 10$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ )

para extração convencional em *Soxhlet* e utilizando etanol como solvente extrator. O que justifica as variações encontradas nos diferentes trabalhos.

A comparação dos teores de compostos fenólicos determinados por Thaipong et al. (2006) e Castro-Vargas et al. (2010), sugere que a contribuição das sementes para o teor de compostos fenólicos no resíduo do beneficiamento da goiaba é significativa, pois no presente trabalho, o teor de compostos fenólicos variou, em  $\mu\text{g}$  de ácido gálico por g de resíduo seco, entre  $876\pm 42,8$  (secagem a  $50^\circ\text{C}$  e moagem em moinho de martelos) e  $1.130\pm 24,3$  (secagem a  $50^\circ\text{C}$  e moagem em moinho de martelos).

Segundo Hassimotto, Genovese e Lajolo (2005), o teor de fenólicos totais em polpa de goiaba vermelha ( $124,0 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) foi menor do que o encontrado na pele desta fruta ( $420 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ). Soong e Barlow (2004) relatam que os fenólicos totais de sementes de várias espécies de frutos, como manga, “longan”, abacate e jaca foram maiores do que os da polpa.

## 6 CONCLUSÃO

- ✓ A secagem a 55 °C proporciona um produto seco com a menor razão de umidade.
- ✓ Os melhores ajustes aos dados de secagem foram obtidos para o modelo Logaritimico nas temperaturas de secagem de 45, 50, 55 e 65°C.
- ✓ Para as temperaturas de secagem de 60°C e 70°C, os melhores ajustes aos dados experimentais foram obtidos para os modelos da Aproximação da difusão e Page, respectivamente.
- ✓ O resíduo do despulpamento da goiaba, a exemplo de outros produtos agrícolas, durante a secagem não apresenta o período de taxa de secagem constante e exibe correlação entre a temperatura e a velocidade de secagem, na qual as maiores velocidades de remoção de água correspondem às secagens realizadas nas temperaturas mais elevadas.
- ✓ As farinhas do resíduo sólido do despulpamento da goiaba apresentam teores de proteínas semelhantes, independente da técnica de moagem e da temperatura de secagem.
- ✓ A temperatura de secagem modifica as Propriedades Tecnológicas (Capacidade de Retenção de Óleo, Capacidade de Absorção de Água e Atividade Espumante) da farinha do resíduo sólido do processamento da goiaba.
- ✓ A moagem e a secagem modificam a estrutura morfológica da farinha do resíduo sólido do processamento da goiaba.
- ✓ A secagem influencia o teor de licopeno, compostos fenólicos e carotenoides da farinha do resíduo sólido do processamento da goiaba.
- ✓ Considerando as propriedades tecnológicas, características físicas, nutricionais e funcionais da farinha do resíduo sólido do despulpamento da goiaba, recomenda-se a utilização deste na elaboração de alimentos com o objetivo de enriquecimento em compostos fenólicos, licopeno e carotenoides, para contribuir com a ingestão diária de antioxidantes e proteção do organismo contra os danos oxidativos. Entretanto, estudos adicionais são necessários para avaliar a presença de fatores anti-nutricionais, de defensivos agrícolas, características microbiológicas e presença de fragmentos de insetos neste resíduo.



## REFERÊNCIAS

- ABADIO, F. D. B.; DOMINGUES, A. M.; BORGES, S.V.; OLIVEIRA, V.M. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice - effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. p. 285-287, 2004.
- ABREU, W. C.; BARCELOS, M. F. P. Atividade antioxidante total da polpa de tomate submetida ao processamento térmico doméstico em diferentes tempos. **Ciências Biológicas e da Saúde**. v. 14, n. 2, p.71-6. 2012.
- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 03, n. 03, p. 349-353, 1999.
- AGB (2010). <http://tecalim.vilabol.com.br>, consultado em 10 de dezembro de 2015, 13:00.
- AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. W. Microstructural principles of food processing and engineering. New York: Elsevier Science Publishers, 1990. 641p.
- ALVES, P. M.; LEITE, P. H. A. S.; PEREIRA, J. V.; PEREIRA, L.F; PEREIRA, M. S. V.; HIGINO, J. S.; LIMA, E. O. Atividade antifúngica do extrato de *P. guajava* Linn. (goiabeira) sobre leveduras do gênero *Candida* da cavidade oral: uma avaliação in vitro. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 16, p. 192-196, 2006.
- AMORIM-CARRILHO, K. T.; CEPEDA, A.; GENTE, C.; REGAL, P. Review of methods for analysis of carotenoids. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 56, p. 49-73, 2014.
- ÂNGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p.1-9, 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2014. 129 p.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2004.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2008.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2010.

ARAÚJO, N. R. R. Avaliação *in vitro* da atividade antimicrobiana de extratos vegetais sobre microrganismos relacionados à lesão de mucosite oral. Dissertação. 2010. 100f. (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.

ARAÚJO, A. L. M. Polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) desidratada por liofilização e secagem em leito de jorro: Caracterização físico-química, e funcional e impacto da secagem. Dissertação. 2014. 111f. (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, v.65, p.449-58, 2004.

BARBIERI, M. K. Microscopia em alimentos: identificação histológica, isolamento e detecção de material estranho em alimentos: manual técnico. CAMPINAS: ITAL, 1990.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Química do processamento de alimentos. 3. ed. São Paulo: Editora Varela, 2001. 143 p.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRACHT, F.; SANTOS, C. F. M.; A disseminação e uso de plantas do novo mundo no século XVI: a difusão de elementos da flora americana a partir da expansão marítima europeia. **In: Anais do XXVI Simpósio Nacional de História**. São Paulo, 2011.

BRAMLEY, P. M. Is lycopene beneficial to human health?

**Phytochemistry**, v. 54, n. 3, p- 233-6. 2000.

BRASIL. Resolução RDC nº 2, de 07 de janeiro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico de Substâncias Bioativas e Probióticos Isolados com Alegação de Propriedades Funcional e ou de Saúde. Disponível em [www. anvisa. gov. br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em 14 de outubro de 2015.

BRITTON, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology – **FASEB**. v. 9, p. 1551-1556, 1995.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p

BRUNAUER, S., EMMET, T.H., TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of the American Chemical Society**, Easton, PA: Mack Printing Company, v. 60, n. 2, p. 309-319, 1938.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spraydried *amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v.65, n.6, p.1248-1252, 2000.

CALIXTO, J. B. Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 33, p. 179-189, 2000.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P. C.; MARQUES, J.A.; SILVA, P. I. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 121-132, jan./jun., 2004.

CARVALHO, G.; FROLLINI, E. Lignina em espumas fenólicas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. jan.-mar.,1999.

CARVALHO, H. A.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; CARVALHO, H. S. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes

da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, 2001.

CARVALHO, A. C. B.; NUNES, D. S. G.; BARATELLI, T. G.; SHUQAIR, N. S. M. S. A. Q.; NETTO, E. M. Aspectos da legislação no controle dos medicamentos fitoterápicos. **T&C Amazônia**, Manaus, v. 5, n.11, p.26- 32. 2007.

CARVALHO, J.D.V. Cultivo da Goiaba. **Dossiê Técnico**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB - Maio de 2007.

CASTILHO, F.; FONTANARI, G. G.; BATISTUTI, J. P. Avaliação de algumas propriedades funcionais das farinhas de tremçoço doce (*Lapinus albus*) e feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Mill sp) e sua utilização na produção de fiambre. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 68 – 75, 2010.

CASTOLDI, M. Estudo do processo de secagem de polpa de tomate por refractance window®. Dissertação. 2012.119p. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

CASTRO-VARGAS, H.; RODRIGUEZ-VAREKAB, L. I.; FERREIRA, S. R.S.; PARADA-ALFONSO, F. Extraction of phenolic fraction from guava seeds (*Psidium guajava* L.) using supercritical carbon dioxide and co-solvents. **The Journal of Supercritical Fluids**. v. 51, p. 319- 324. 2010.

CAVALCANTI, M. L. F. Fibras alimentares: definição e classificação. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 12, n. 4, p. 147- 150, 1997.

COLII, C.; SARDINHA, F.; FILISETTI, T. M. Alimentos funcionais. In Cuppari L. Guia de nutrição, nutrição clínica no adulto. São Paulo: Unifesp. 2002, p. 55-70.

CONEGLIAN, I. R. M. MORFOANATOMIA DE OVÁRIO, PERICARPO E SEMENTE DE SETE ESPÉCIES DE MYRTEAE DC. (MYRTACEAE). 2011. 116f. TESE( Doutorado em Ciências

Biológicas – Área de concentração: Morfologia e Diversidade de Plantas).

Universidade Estadual Paulista – Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas). Botucatu, São Paulo.

COPPINI, L. Z.; MARCO, D.; WAITZBERG, D. L. Introdução à fibra terapêutica: características e funções. São Paulo: BYK Química e Farmacêutica, 2002.

COSTA, R. P.; SILVA, C. C, MAGNONI, C. D. Importância das fibras nas doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 151- 154, 1997.

COSTA-NETO, E. M.; OLIVEIRA, M. V. M. The use of medicinal plants in the country of Tanquinho, state of Bahia, North-eastern Brazil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.2, n.2, p.1-8, 2000.

COSTA, T. S. A.; WONDRAČEK, R. M. L.; LOPES, R. M.; VIEIRA, R. F.; FERREIRA, F. R. Composição de carotenoides em canistel (*Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 32, n. 3, 2010.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; SOUSA, K. A.; GONÇALVES, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1089–1096, 2011.

CRISTENSEN, S.H. Pectins. In: GLICKSMAN, Martin (Ed.). Food Hydrocolloids. Boca Raton: CRC Press. v.3. p.205-230, 1986.

CRUZ, W. F. Obtenção da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem de espuma. 2013. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Viçosa – Programa de pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Minas Gerais, Viçosa.

CUTTER, E.G. **Anatomia Vegetal. Parte II - Órgãos, Experimentos e Interpretação.** São Paulo: Roca, 1987.

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

DA SILVA, R.; FRANCO, C.L.; GOMES, E. Pectinases, hemiceluloses e celuloses, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: Revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. SBCTA**, Campinas, v. 31, n.2, p.242-260, Jul/Dez 1997.

DI MASCIO, P.; KAISER, S.; SIES, H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. **Archives of Biochemistry and Biophysics.** v.274, n. 2, p- 532- 538, 1989.

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

EL-SAYED, M. M. An arabinogalactan from the seeds of *Pseudium guava*. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v.98, p. 209-12. 1981.

ESCOBAR, A.P.; SYLOS, C.M. Efeito do processo de obtenção de polpa de goiaba e goiabada sobre os teores de licopeno e de beta-caroteno. 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, DAN, UNESP, Araraquara, SP.

FAO - Tropical Fruits Compendium. Disponível em: <[http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/218/en/partcomp\\_2005.pdf](http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/218/en/partcomp_2005.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

FELLOWS, P. **Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Práctica.** Acribia, 2006.

FERNANDES, G. C.; CORRÊA, M. C. M.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; SILVA, M.A.C. Uso Agrônomico do resíduo da indústria processadora de goiaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA,42.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HORTICULTURA,11., 2002. Uberlândia. **Resumos...** Brasília:

Horticultura Brasileira, 2002. Suplemento 2. CD-ROM.

FERREIRA, F. C. SILVEIRA JÚNIOR, V. Secagem a vácuo a diferentes pressões: avaliações físicas e sensoriais de manjeriço. **Revista Brasileira de produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.1, n.1. p.59-65, 1999.

FERREIRA, M. S. Otimização de Solução Extrativa e Desenvolvimento Tecnológico de Produto Seco por Aspersão de *Psidium Guajava* L. Dissertação. 2009. 74f. (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2009.

FRANCISCONI, A .D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA, V. M.; BORGES, S. V. GAY, J. Propiedades físicas del jugo de maracuyá en polvo- Efecto de la velocidad de atomización y concentración de maltodextrina. **Alimentaria**, Barcelona, v.346, p.97-100, 2003.

FRANCO, E. A. P.; BARROS, R. F. M. Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 78-88, 2006.

FOGAÇA, A. PREDIGER K.; LAGO, R.; SANTIAGO, A. “Licopeno em amostras comerciais de “catchup”. XV simpósio de ensino, pesquisa e extensão. Santa Maria, RS, 2011.

FONTANARI, G. G. Isolado proteico de semente de goiaba (*Psidium guajava*): Caracterização de propriedades funcionais e térmicas. Dissertação. 2006. 117f. (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista (UNESP). Araraquara, 2006.

FONTANARI, G. G.; JACON, M. C.; PASTRE, I. A.; FERTONANI, F. L.; NEVES, V. A.; BATISTUTE, J. P. Isolado protéico de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27. Suplemento, p- 73-79. Campinas, 2007.

GABAS, A. L. **Secagem de uva Itália em leito fixo**. Dissertação.1998. 135p. (Mestrado em Engenharia de Alimentos: Secagem de produtos Agrícolas) - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, 1998.

GALEMBECK, F. BARBOSA, C. A. S.; SOUZA, R. A. Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p- 571-581, 2009.

GNAN, S.O.; DEMELLO, M.T. Inhibition of *Staphylococcus aureus* by aqueous goiaba extracts. **Journal of Ethnopharmacology**, n.68, p.103-108, 1999.

GIOVANELLI, G., PARADISO, A. Stability of Dried and Intermediate Moisture Tomato Pulp during Storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n.25, p.7277-81. 2002.

GIUNTINI, E.B.; LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 53, n.1, p. 1-7, 2003.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado proteico de torta de castanha-do-Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 240-245, maio/ago. 2000.

GONÇALVES. A. L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.3, p. 353-358, jun./set., 2005.

GONÇALVES, J. S.; NEIVAS, J. N. M.; VIEIRA, N. F.; OLIVEIRA FILHO, G. S.; LÔBOS, R. N. B. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum) com adição de diferentes níveis dos subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia glabra* L.) e de goiaba (*Psidium guajava*). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n.1, p. 131-137, jan./jun., 2004.

GONÇALVES, A. A.; BLUME, A. R. Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi. **Estudos Tecnológicos**, São Leopoldo, v.4, n. 2, p.124-134 mai./ ago.2008.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. (1994). **Goiaba para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa-SPI. p. 49.

GOULA, A. M.; ADAMAPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II- The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, v.66, p.35-42, 2005.

HARBORNE, J.B.; BAXTER, H.; MOSS, G.P. **Phytochemical dictionary: handbook of bioactive compounds from plants**. 2nd ed. London: Taylor & Francis. 1999.

HACKETT, M. M.; LEE, J. H.; FRANCIS, D.; SCHWARTZ, S. J. Thermal Stability and Isomerization of Lycopene in Tomato Oleoresins from Different Varieties. **Food Chemistry and Toxicology**. v. 69, n. 7, 2004.

HAQUE, Z.; KINSELLA, J. E. Emulsifying properties of food proteins: development of a standardized emulsification method. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.1, p.39-44, 1989.

HASSIMOTTO, N.M.A.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v.53, n.8, p.2928-2935, 2005.

HENDERSON, S. M., PABIS, S. Grain drying theory: temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 06, p. 169-174, 1961.

HENDERSON, S. M. Progress in developing the thin layer drying equation. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 1167- 1168, 1974.

HERNÁNDEZ-ACOSTA, M.A.; CASTRO-VARGAS, H.I.; PARADA-AFONSO, F. **Integrated Utilization of Guava (*Psidium***

*guajava* L.): Antioxidant activity of phenolic extracts obtained from guava seeds with supercritical CO<sub>2</sub>- ethanol. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 22, n. 12, p. 2383- 2390. Campinas, 2011.

HOLETZ, F.B. UEDA-NAKAMURA, T. DIAS FILHO, B.P.; CORTEZ, D.A.G.; MELLO, J.C.P.; NAKAMURA, C. V. Screening of some plants used in the Brazilian folk medicine for the treatment of infectious diseases. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 3 p.657- 662. 2002.

HUBER, E. Desenvolvimento de produtos cárneos reestruturados de frango (hambúrguer e empanado) com adição de fibras vegetais como substitutos totais de gordura. Tese. 2012. 221f. (Doutorado em Engenharia de alimentos) – Pós-graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2012.

HUBINGER, M. D.; VIVANCO-PEZANTES, D.; KUROZAWA, L. E.; SOBRAL, P. J. A. Isotermas de dessecção de filé de bonito (*Sarda sarda*) desidratado osmoticamente e defumado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.3, p.305–311, 2009.

HUSSEIN, A. M. S.; KAMIL, M. M.; MOHAMED, G.F. Physicochemical and Sensorial Quality of Semolina-Defatted Guava Seeds Flour Composite Pasta. **Journal of American Science**, n.7, p.623-629, 2011.

IBGE. **Censo agropecuário 2012**: lavoura permanente e temporária. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 23 de julho de 2014.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry, Barking**, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

IHA, S. M.; VELLHOSA, J. C. R.; MIGLIATO, K. F.; SACRAMENTO, L. V. S.; ISAAC, V. L. B.; BRUNETTI, I. L.; CORRÊA, M.A.; SALGADO, H. R. N.; PIETRO, R. C. L. R. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava*) com potencial antioxidante para

o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista Brasileira de Farmacognisia**, João Pessoa, v. 18, n. 3, 2008.

I.O.M. - Institute of Medicine of The National Academy Of Sciences. Dietary Reference Intake (DRI). Food and Nutrition Board. Washington: National Academy Press, 1999. Disponível em: <<http://www.nap.edu>>. Acesso 15 de setembro de 2015.

IPPA – International Pectin Producers Association. What is pectin? Disponível em: <[http://www.ippa.info/what\\_is\\_pectin.htm](http://www.ippa.info/what_is_pectin.htm)>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

I.-S. KIM.; YANG, M., LEE, O.; KANG, S. The antioxidant activity and the bioactive compound content of *Stevia rebaudiana* water extracts. **Food Science and Technology**., Campinas, v. 44, p. 1328-1322.

KAMATH, J. V. RAHUL, N. KUMAR, C. K.; LAKSHMI, S. M. *Psidium Guajava* L.: A review. **International Journal of Green Pharmacy**, v. 2, n. 1, p. 9- 12, 2008.

KARATHANOS, V. T. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics *Journal of Food Engineering*, v. 39, n. 04, p. 337-44, 1999.

KASSEM, A. S. Comparative studies on thin layer drying models for wheat. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 13th., 1998, Morocco. [Holdings]. Morocco: [s. n.], 1998. v. 06.

KATO, A.; NAKAI, S. Hydrophobicity Determined by a Fluorescence Probe Method and its Correlation with Surface Properties of Proteins. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 624, n. 1, p. 13-20, 1980.

KAUR, M.; SINGH, N. Studies on functional, thermal and pasting properties of flour from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 91, p. 403-411, 2005.

KERKHOFS, N. S., LISTER, C. E., SAVAGE, G. P. Change in colour and antioxidant content of tomato cultivars following forced-air drying. **Plant Foods for Human**

**Nutrition**, v.60, n.3,p. 117–121, 2005.

KINSELLA, J.E. Functional properties in foods: a survey. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.7, n.3, p.219-280, 1976.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, 2005.

KONG, K. W. ; EMMY, H. K. I.; AZIZAH, O.; AMIN, I.; TAN, C. P. Effect of steam blanching on lycopene and total phenolics in pink guava puree industry by-products. **International Food Research Journal**, v. 17, p. 461-468, 2010.

KONG, W. K.; ISMAIL, A.; TAN, C. P.; RAJAB, N. F. Optimization of oven drying conditions for lycopene content and lipophilic antioxidant capacity in a by-product of the pink guava puree industry using response surface methodology. **Food Science and Technology**, v. 43, p.729–735, 2011.

KUMAR, A.; SINGH, R. R. B.; PATIL, G. R.; Pare, A. A. Effect of temperature on moisture desorption isotherms of kheer. **Food Science and Technology**, Campinas, v.38, p.303-310, 2005.

KWEE, L. T.; CHONG, K. K. Botany and Cultivars. **In: Guava in Malaysia – Production, pests and diseases**. Tropical Press: Kuala Lumpur, 1990. p. 21-51.

LABUZA, T. P. Oxidative changes in foods at low and intermediate moisture levels. In: Duckworth, R. B. *Water relations of foods*. ed. New York: Academic Press, 1975, 455p.

LEE, C.H.; CHEN, B.H. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. **Food Chemistry**, Kidlington Oxford, v. 90, n. 4, p. 837-846, 2005.

LEITE, J. T. De C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Transições de fase em alimentos: Influência no processamento e na armazenagem. **Revista Brasileira de Produtos**

**Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.83-96, 2005.

LEWICKI, P.P. Water as the determinant of food engineering properties: A review. **Journal of Food Engineering**, n.61, p. 483–495, 2004.

LEWIS, L.W. The rate of drying of solid materials. **Industrial Engineering Chemistry**, v.13, n. 1, p. 427, 1921.

LIN, M. J.Y.; HUMBERT, E.S.; SOSULSKI, F.W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, n. 2, p. 368-370, Mar./Apr. 1974.

LIU, R. H. Health-Promoting Components of Fruits and Vegetables in the Diet. *Advances and Nutrition*. v. 4, suplemento: White Vegetables: A Forgotten Source of Nutrients. P. 384S–392S, 2013.

LORENZI, H.; MATOS, F. J .A. Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas. 2. ed. **Nova Odessa**: Instituto Plantarum, 2008. 544 p

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUES, N. M.; PIMENTEL, C. M.; LÔBO, R. N. B. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 659-669. 2005.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 70 -76. 2006.

MALTINI, E.; TORREGGIANI, D.; VENIR, E.; BERTOLO, G. Water activity and the preservation of plant foods. **Food Chemistry**, n.82, p. 79-86, 2003.

MANTOVANI, J. R.; CORRÊA, M .C .M.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; NATALE, W. Uso fertilizante de resíduo da indústria processadora de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p, 2004.

MARANCA, G. Fruticultura Comercial: mamão, goiaba, abacaxi. **São Paulo**: Nobel, 1993. 118p.

MARQUES, L. C.; PIERI, C.; ROMAN-JÚNIOR, W. A.; CARDOSO, M. L.C.; MILANEZE-GUTIERRE, A., MELLO, J. C. P. Controle farmacognóstico das raízes de *Heteropteris afrodisíaca* O. Mach. (Malpighiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, n.4, p. 604-615, out./dez., 2007.

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

MATSUBARA, S. Alimentos Funcionais: uma tendência que abre perspectivas aos laticínios. **Revista Indústria de Laticínios**, São Paulo, v. 6, n. 34, p. 10-18, 2001.

MATSUURA, F., C., A., U. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais**. Tese. 157f. (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. 2005.

MELLO, V. D.; LAAKSONEN, D. E. Fibras na dieta: tendências atuais e benefícios à saúde na síndrome metabólica e no diabetes melito tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabiologia**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 509-518, 2009.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; ARAÚJO, C. R. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 67-72, jan./mar., 2008.

MELO, P. S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. Dissertação. 2011. 100f. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2011.

MENEZES, C.C.; BORGES S. V.; CIRILLO, S.A.; FERRUA, F. Q.; OLIVEIRA, L. F.; MESQUITA K. S. Caracterização física e físico-química de diferentes formulações de doce de goiaba (*Psidium guajava*

L.) da cultivar Pedro Sato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n.3, p. 618-625. 2009.

MERCADANTE, A. Z. Em *Food Colorants: Chemical and Functional Properties*; Socaciu, C., ed.; CRC Press: New York, 2008, chap. 6.2.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, New York, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.

MIZUBUTI, I. Y.; BIONDO JÚNIOR, O.; SOUZA, L. W. O.; SILVA, R. S. S. F. IDA, E. I. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, n. 3, set. 2000.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, p.513-18, 2005.

MORAES, A. M. C. Determinação do potencial antioxidante em geleia de goiaba comercial provenientes de diversas localidades. Dissertação. 2013. 44f. (Mestrado em Engenharia Biomédica – pós-graduação em bioengenharia). Universidade do Vale do PARAÍBA. São José dos Campos. 2013.

MORTON, J. Guava. In: *Fruits of warm climates*. Julia F. Morton, Miami. p. 356–363.

MOURA, R. S. F.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A.C.; SOUZA, A. G.; SILVA, M. M.; OLIVEIRA, A. M.V. Modelagem matemática para isotermas em polpa de caju. **Revista de Biología e Ciências da Terra**. João Pessoa, v.4, n.2, jul./dez., 2004.

NACZK, M, SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal Chromatography A**. v. 1054, n. 1-2, p.95-111. 2004.

NASCIMENTO, G. G. F.; LOCATELLI, J.; FREITAS, P. C.; SILVA, G. L. Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibioticresistant bactéria. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 31, p. 247-256, 2000.

NASCIMENTO, R. J.; ARAÚJO, C. R.; MELO, E. A. Atividade antioxidante de extratos de resíduo agroindustrial de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 2, p.209 - 216, abr. / jun. 2010.

NICANOR, A. B.; MORENO, A. O.; AYALA, A. L. M.; ORTIZ, G. D. Guava seed protein isolate: Function and nutritional characterization. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v. 25, p. 77-90, 2001.

NICANOR, A. B.; AÑÓN, M. C.; SCILINGO, A. A.; DÁVILA-ORTÍZ. Functional Properties of Guava Seed Glutelins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.53, n9, p. 3613-3617, 2005.

NGUYEN, M.L.; SCHWARTZ, S.J. Lycopene: chemical and biological properties. **Food Technology**, Chicago, v. 53, n. 2, p. 38-45, 1999.

NIIZU P.Y, RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A melancia como fonte de licopeno. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v.62, n. 3, p. 195-200. 2003.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. FLAVICARPA) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 259 – 262, set./dez., 2002.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.8, n.1, p.25-33, 2006.

OLIVEIRA, F. C. S.; BARROS, R. F. M.; MOITA NETO, J. M. Plantas medicinais utilizadas em comunidades rurais de Oeiras, semiárido piauiense. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 282-301, 2010.

ORDÓÑEZ-PEREDA, J. A. Carboidratos. In: \_\_\_\_\_. Tecnologia dos alimentos: componentes dos alimentos e processos. São Paulo: Artmed, 2005. v. 2, p. 63-79.

ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E.; RIASCOS, A. V. Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of nectar of pink guava (*Psidium guajava* L.). **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, v. 60, n. 3, p. 280-84, 2010.

PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brazilian guavas (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, v. 20, n. 1, p. 11-19, 1986.

PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Changes in individual carotenoids and vitamin C on processing and storage of guava juice. **Acta Alimentaria**, v. 16, n. 3, p. 209-216, 1987.

PAGE, G. E. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. West Lafayette: Purdue University, 1949.

PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thinlayer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 04, p. 349-357, 2002

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isotermas de sorção da pêra Bartlett (*Pyrus sp*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.1. p.73-77, jan./abr. 2001.

PARK, K. J.; TUBONI, C. T.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Estudo da secagem de Caqui giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.1, p.71-86, 2004.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. Disponível em <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>. Acessado em 18 de junho de 2013, 20h02min.

PAULINO, R. C; HENRIQUES, G. P. S. A.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.;  
Conhecimento sobre Plantas Medicinais entre Alunos da Universidade Federal do Semi Árido, Mossoró, RN. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n.4, p. 78-90, 2011.

PECHE, P. M. Produção de mudas de goiabeira em sistema hidropônico e convencional. Dissertação. 2012. 54f (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2012.

PEDRO, M.A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, M. R. N. M. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.4, p.993-1000, out.-dez., 2010.

PELEG, H. BODINE, K. K. NOBLE, A. C. The influence of acid on astringency of alum and phenolic compounds. *Chemical Senses*, v. 23, n. 3, p.371-8. 1998.

PEREIRA, F. M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1995. 47 p.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 15 – 24, jan./jun., 2004.

PERRY, H.R., GREEN, D.W. **Perry's Chemical Engineer's Handbook**, MacGraw-Hill, USA, 1997.

PFANDER, H. Key to Carotenoids, 2nd ed., Basel: Birkhäuser Verlag, 1987.

PINO, J. A.; QUERIS, O. Characterization of odor-active compounds in guava wine. **Journal of agricultural and food chemistry**. v. 59, p. 4885-4890, 2011.

PIRIZ, M. A.; MESQUITA, M. K.; VARGAS, N. R.; CAVADA, C. T.; HECK, R. M. A promoção da saúde através da utilização de plantas medicinais por uma comunidade rural de pelotas. In: XIX Congresso de Iniciação Científica, Pelotas 2010. Disponível em <http://www.ufpel.edu.br>. Acesso em agosto de 2012.

POMMER, C. V.; MURAKAMI, K. r. N.; WATLINGTON, F. O **Agrônomo**, n.58, 2006. Campinas.

PORCU, O. M. Pink-fleshed guava and guava products as rich sources of lycopene.

Effect of industrial processing. In: \_\_\_\_\_. Fatores que influenciam na composição de carotenóides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados. 2004. f.

135. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2004.

PORCU O.M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Variation in the carotenoid composition of the lycopene-rich Brazilian fruit *Eugenia uniflora* L. **Plant Foods of Human Nutrition**, v. 63, n. 4, p. 195-199. 2008.

PORTE, A.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, V. D. S.; SILVA, T. X.; PORTE, L. H. M.

Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*carica papaya*) e de abóbora (*cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p.91-96, 2011.

PRAKASH, S.; JHA, S.K.; DATTA, N. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. **Journal of Food Engineering**, v. 62, p. 305-313, 2004.

RAHMAN, M. S. Food stability determination by macro–micro region concept in the state diagram and by defining a critical temperature. **Journal of Food Engineering**, n.99, p.402-416, 2010.

RESENDE, O.; FERREIRA, U.L.; ALMEIDA, D. P. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.2, p.171-178, 2010.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.R. Os carotenóides como precursores de vitamina A.

**Boletim SBCTA**. Campinas, v. 19, n.4, p. 227-242, 1985.

- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. Carotenóides e valor nutritivo de vitamina A em cajá (*Spondias lutea*. L). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 9, n. 2, p. 148-162, 1999.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: *Shelf life studies of foods and beverages*, Charalambous, G. (Ed). Elsevier, p. 547-590, 1993.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenóides: propriedades e funções. In: *Ciência de Alimentos: Avanços e Perspectivas na América Latina*, Rodriguez-Amaya, D. B.; PASTORE, G. M. Fundação Cargill, 1997.
- RODRIGUEZ-AMAYA, B. B. *A Guide to Carotenoid Analysis in Foods*, ILST Press: Washington, 2001.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Effects of processing and storage on food carotenoids. In: *Sight and Life Newsletter*, Basel: Switzerland, v. 3, p. 25-35, 2002.
- RODRIGUES, A. C. C.; GUEDES, M. L. S. Utilização de plantas medicinais no povoado Sapucaia, Cruz das Almas - Bahia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n.2, p. 1-7. 2006.
- ROCHA, W. D.; LUZ, J. A. M.; LENA, J. C.; BRUÑA-ROMERO, O. Adsorção de cobre por carvões ativados de endocarpo de noz macadâmia e de semente de goiaba. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59, n. 4. 2006.
- SALIB, J. Y.; MICHAEL, H. N. Cytotoxic phenylethanol glycosides from *Psidium guajava* seeds. **Phytochemistry**, v. 65, p.2091–2093, 2004.
- SANCHES, N. R.; CORTEZ, D. A. G.; SCHIAVINI, M. S.; NAKAMURA, C. V.; DIAS FILHO, B. P. An Evaluation of Antibacterial activities of *Psidium guajava* (L). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.48, p.429-436. 2005.
- SANTOS, C. J. R. Secagem de sementes de girassol via radiação infravermelha e convecção forçada de ar aquecido. Dissertação. 2009.

75f. (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Tiradentes. Aracajú, 2009.

SANTOS, C. X. Caracterização Físico-Química e Análise da Composição Química da Semente de Goiaba Oriunda de Resíduos Agroindustriais. Dissertação. 2011. 61f. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Itapetininga, 2011.

SCOTT, W. J. Water relations of *Staphylococcus aureus* at 30 °C. **Australian Journal of Biological Science**, n. 6, p.549-564, 1953.

SENTANINI, M. A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de carotenóides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.27, n.1,p. 13-19, jan.-mar. 2007.

SHARAF-ELDEEN, Y. I.; BLAISDELL, J. L.; HAMDY, M. Y. A model for ear corn drying. *Transactions of the ASAE*, v. 23, p. 1261-1265, 1980.

SHI, J.; Le MAGUER, M.; Lycopene in tomatoes: Chemical and Physical Proprieties affected by food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. v.40, n. 1, p.1-42. 2000.

SHI, J.; DAI, Y.; KAKUDA, Y.; MITTAL, G.; XUE, S.J. Effect of heating and exposure to light on the stability of lycopene in tomato puree. **Food Control**. v. 19, n.5, p. 514-520, 2008.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **Food Science and Technology**, v. 43, p. 232-237, 2010.

SILVA, E. P.; SILVA, D. A. T.; RABELLO, C. Böa-Viagem.; LIMA, R. B.; LIMA, M. B.; LUDKEZ, J. V. Composição físico-química e valores energéticos dos resíduos de goiaba e tomate para frangos de corte de crescimento lento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 6, p. 4051-58. 2009.

SILVA, T. S.; FREIRE, E. M. X. Abordagem etnobotânica sobre plantas medicinais citadas por populações do entorno de uma unidade de conservação da caatinga do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Botucatu*, v.12, n. 4, p. 427-435. 2010.

SILVA, D. S.; MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; COSTA, J. M. C.; FONSECA, A. V. V. Estabilidade de componentes bioativos do suco tropical de goiaba não adoçado obtido pelos processos de enchimento a quente e asséptico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 30, n.1, p. 237-243. 2010.

SILVA, L. L.; PAOLI, A. A. S. Morfologia e anatomia da semente de *Esenbeckia grandiflora* MART.(RUTACEAE). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 28, n. 2, p.01-06. 2006.

SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; RAMOS, A. M.; AFONSO, M. R. M.; FIGUEIREDO, R. W. Comportamento reológico de néctares mistos de caju, manga e acerola descritos pelo Modelo de Casson. *Brazilian Journal of Food Technology, Campinas*, v.15, n. 3, p. 237-243, 2012.

SILVA-SÁNCHEZ, C.; GONZÁLEZ-CASTANHEDA, J. ; DE LÉON-RODRÍGUEZ, A.; BARBA DE LA ROSA, A. P. Functional and rheological properties of amaranth albumins extracted from two mexican varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, v.59, p.169-174, 2004.

SILVA, A. G. Extração e estabilidade dos carotenóides obtidos de tomate processado (*Lycopersicon esculentum* Mill). 2001. 107F. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with hosphomolybdc-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 20, n. 2, p. 144-158, 1965.

SKERGET, M., KOTNIK, P., HADOLIN, M., HRAS, A. R., SIMONIC, M., KNEZ, Z. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. **Food Chemistry**, v.89, n.2, p.191-98. February, 2005.

SKIBOLAA, C. F.; SMITHA, M. T. Potential health impacts of excessive flavonoid intake. **Free Radical Biology and Medicine**, v.29, n. 3-4, p.375-383. August, 2000.

SLAVIN, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v.5, p. 1417-1453, 2013.

SITU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v.100, p.91-98, 2007.

SOONG, Y.Y.; BARLOW, P.J.; Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, Washington, v. 88, n.3, p.411-417, 2004.

SOUSA, L.H.C.D. Secagem de materiais têxteis. 2003.263f. Tese (Doutorado em Engenharia Química)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

SOUSA, L. H. C. D.; PERRI, V. R. S.; PEREIRA, N. C.; MOTTA LIMA, O. C.; MENDES, E. S. Isotermas de umidade de equilíbrio para tecidos de algodão – adsorção e dessorção. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 1, 2004, Anais... Curitiba: COBEQ, 2004. CD-Rom.

SOUZA, M. P.; MATOS, M.; MATOS, F. J. A.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A. **Constituintes Químicos de Plantas Medicinais Brasileiras**. Fortaleza: UFC, 1991. 416p.

SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F. R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca de maracujá. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 33-36, jan./mar. 2008.

SOUZA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559. 2011.

- SOUZA, K. A.; RESENDE, O.; CHAVES, T. O.; COSTA, L. M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 883-892, outubro, 2011.
- TASCA, A. P. W. Efeito do processamento industrial para obtenção de goiabada sobre os compostos antioxidantes e cor. 2007. 121f. Dissertação ( Mestrado em Ciência dos Alimentos)- Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, UNESP.
- THAIPONGA, K.; BOONPRAKOKA, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**. n.19, p. 669-75, 2006.
- THOMPSON, T.L.; PEART, R.M.; FOSTER, G.H. Mathematical Simulation of Corn Drying: a new model. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph. Michigan.582-586p.1968.
- TOMAZZONI, M. I.; NEGRELLE, R. R. B.; CENTA, M. L. Fitoterapia Popular: A Busca Instrumental Enquanto Prática Terapêutica. **Texto & Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v.15, n.1, p.115- 121, 2006.
- TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.444-450, 2009.
- TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. **Food Chemistry**, v. 94, n. 1, p. 90-97. Jan., 2006.
- TSAMI, E.; KROKIDA, M. K; DROUZAS, A. E. Effect of drying method on the sorption characteristics model fruit powders. **Journal of Food Engineering**, v.38, p.381-302, 1999.
- TURQUOIS, T.; RINAUDO, M.; TARAVEL, F.R.; HEYRAUD, A. Extraction of highly gelling pectic substances from sugar beet pulp and

potato pulp: influence of extrinsic parameters on their gelling properties. **Food Hydrocolloids**, v.13, p.255-262, 1999.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U. MEIRA, T. R. Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.15, n.2, p- 58-65. 2008.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Disponível em:<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>. Acesso em: 20 de agosto de 2015.

VEIGA JÚNIOR, V. F.; PINTO, A.C.; MACIEL, M. A.M. Plantas Medicinais: Cura Segura? **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p- 519-528. 2005.

VERMA, L. R. et al. Effects of drying air parameters on rice drying models. Transactions of the ASAE, v. 28, p. 296- 301, 1985.

VIEIRA, R. H. S. F.; RODRIGUES, D. P.; GONÇALVES, F. A. Microbicidal effect of medicinal plants extracts (*Psidium guajava* linn. and *Carica papaya* Linn.) upon bacteria isolated from fish muscle and known to induce diarrhea in children. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, São Paulo, v.43, n.3, p. 145-148, may./june., 2001.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p. 387-394, abr./jun., 2008.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Disponível em:<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>. Acesso em: 20 de agosto de 2015.

YADAV, A.K. (2006) **Guava**. Fort Valley State University Agricultural Research Station. Disponível em <http://www.ag.fvsu.edu/publicat/commoditysheets/> Acesso dia 22 de maio de 2014 às 06h00.

YAGCIOGLU, A.; DEGIRMENCIOGLU, A.; CAGATAY, F. Drying characteristics of laurel leaves under different conditions. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL MECHANIZATION AND ENERGY, 7th., 1999, Adana. Proceedings... Adana: Cukurova University, 1999. p. 565-569.

WANG, C. Y.; SINGH, R. P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v.11, ASAE Paper n.78-3001, 1978.

WATANABE, T.; ROZANE, D. E.; NATALE, W.; FURLAN, C. M. Avaliação da influência de substâncias fenólicas e carotenoides na anomalia do epicarpo da goiaba: “Analeamento”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 1, p. 8-12, 2011.

WEND, J.M.M.; OLIVEIRA, J.F.F.; NICOLETE, R. Plantas Medicinais com Potencial Atividade Anti-Inflamatória Utilizadas Pela População: Um Guia Prático e Ilustrativo. **Florence em Revista**, São Luiz, ano 1, n.1. 2011.

WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. HPLC. Quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. **Lebensmittel Winssinschaftund Technologie**, v. 28, n. 5, p. 474-480. 1995.

XU, G.; YE, X.; CHEN, J.; LIU, D. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** . v.55, n.2, p. 330-335, 2007.

YANO, M.; KATO, M.; IKOMA, Y.; KAWASAKI, A.; FUKAZAWA, Y.; SUGIURA, M.; MATSUMOTO, H.; OOHARA, Y.; NAGAO, A.; OGAWA, K. Quantitation of carotenoids in raw and processed fruits in Japan. **Food Science and Technology Research**, v.11, n. 11p. 13–18, 2005.