



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**RODRIGO HENRIQUE FIDELIX DA SILVA**

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DO RESÍDUO DE**  
**UMBU-CAJÁ (*SPONDIAS SPP.*)**

**GARANHUNS - PE**

**2019**

**RODRIGO HENRIQUE FIDELIX DA SILVA**

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DO RESÍDUO DE  
UMBU-CAJÁ (*SPONDIAS SPP.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte das exigências do curso de Engenharia de Alimentos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Silvana Nazareth de Oliveira

**GARANHUNS**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S586e Silva, Rodrigo Henrique Fidelix da  
Elaboração e caracterização de farinha do resíduo de umbu-cajá (spondias spp.) / Rodrigo Henrique Fidelix da Silva. -  
2019.  
57 f. : il.
- Orientadora: SILVANA NAZARETH DE OLIVEIRA.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em  
Engenharia de Alimentos, Garanhuns, 2019.
1. Umbu-cajá. 2. Aproveitamento de resíduos. 3. Cinética de secagem. I. OLIVEIRA, SILVANA NAZARETH  
DE, orient. II. Título

**RODRIGO HENRIQUE FIDELIX DA SILVA**

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DO RESÍDUO DE  
UMBU-CAJÁ (*SPONDIAS SPP.*)**

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Profa. Dra. Silvana Nazareth de Oliveira  
(Orientadora – UAG/UFRPE)

---

Profa. Dra. Andrea Galindo Carneiro Rosal  
(Coorientadora – UAG/UFRPE)

---

Prof. Dr. Marteson Cristiano dos Santos Camelo  
(Membro Titular Interno – UAG/UFRPE)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que me guiou para chegar até aqui.

Aos meus pais, Carlos Henrique e Maria Nazaré, por terem me dado apoio e investido em mim durante esses anos de graduação e contribuído na realização desse sonho. A meu irmão Carlos Júnior, pela ajuda e apoio.

A minha namorada, Fernanda Soares, por toda sua dedicação, paciência, ajuda, muitos ensinamentos, e principalmente o amor!

Agradeço aos amigos de sala, que por um maior período fizeram parte destes anos de curso, e estiveram presentes nas alegrias e nas dificuldades.

Agradeço à minha orientadora Silvana Nazareth de Oliveira, pelo apoio, compreensão e conhecimento compartilhados que contribuíram muito para o meu crescimento durante o curso e a elaboração deste trabalho.

Agradeço a Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns e aos professores, por todo conhecimento passado durante o período de curso.

## RESUMO

**DA SILVA, R. H. F.** ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DO RESÍDUO DE UMBU-CAJÁ (*SPONDIAS SPP.*). Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Garanhuns - PE, 2019.

O umbu-cajá (*Spondias spp.*) é uma fruta tropical típica do nordeste brasileiro que pertence à família *Anacardiaceae* e ao gênero *Spondias*, é considerado um híbrido natural entre o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) e a cajazeira (*Spondias lutea*). O resíduo do umbu-cajá proveniente do processamento da fruta nas indústrias pode ser um componente de grande importância para a agroindústria, uma vez que o seu aproveitamento pode reduzir o impacto da atividade econômica no meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi obter farinha do resíduo de umbu-cajá (*Spondias spp.*) pelo método de secagem em estufa com circulação forçada de ar em temperaturas de 60, 70 e 80°C. As frutas foram lavadas, sanitizadas e posteriormente cortadas, trituradas e submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C/3d; 70°C/2d e 80°C/2d. Os valores do rendimento 16,72%, 11,86% e 11,73% obtido para as farinhas desidratadas a temperatura de 60, 70 e 80°C respectivamente. Tanto o resíduo quanto as farinhas obtidas foram caracterizados com análises físico-químicas (Teor de água, Teor de cinzas, pH, SST, ATT e Ratio) e físicas (Atividade de água, Densidade aparente, Densidade compactada, Estabilidade, Cor, Solubilidade, Molhabilidade e Ângulo de repouso). Para as análises físico-químicas das farinhas do resíduo, apenas o teor de água e o teor de cinzas apresentaram diferença estatística significativa, mostrando assim que a temperatura bem como o tempo de secagem, influenciaram nesses parâmetros. Em relação as análises físicas todos os parâmetros apresentaram diferença estatística significativa. A farinha do resíduo apresentou redução no teor umidade, atividade de água, molhabilidade, solubilidade e luminosidade ( $L^*$ ) conforme o aumento da temperatura de secagem. Para os parâmetros de molhabilidade e solubilidade, observou-se que a farinha obtida à 80°C levou mais tempo para submergir que as farinhas obtidas à 60°C e 70°C. A farinha obtida a 80°C apresentou maior valor de  $a^*$ , sendo a mais vermelha e a farinha obtida a 60°C a mais amarela, pois apresentou maior valor de  $b^*$ . Durante a secagem foram realizadas pesagens das amostras contendo o resíduo de umbu-cajá, até peso constante, para construção das curvas de secagem. O comportamento das curvas de secagem foi avaliado e ajustado aos modelos de Page, Henderson & Pabis e Logarítmico. Os três modelos testados apresentaram bom ajuste aos dados experimentais da cinética de secagem do resíduo de umbu-cajá, tendo destaque para o modelo Page. O resíduo desidratado nas temperaturas de 60, 70 e 80°C apresentou tempos de cinética de secagem iguais a 960, 810 e 660 minutos respectivamente, evidenciando-se que com o aumento da temperatura de secagem há uma redução do tempo de processamento.

**PALAVRAS CHAVE:** umbu-cajá, aproveitamento de resíduos, cinética de secagem.

## ABSTRACT

**DA SILVA, R. H. F.** ELABORATION AND CHARACTERIZATION OF UMBU-CAJÁ WASTE (SPONDIAS SPP.). Course Conclusion Work - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Garanhuns - PE, 2019.

Umbu-cajá (*Spondias* spp.) is a typical tropical fruit from northeastern Brazil that belongs to the family Anacardiaceae and genus *Spondias*, and is considered a natural hybrid between umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) and cajazeira (*Spondias lutea*). The umbu-cajá residue from fruit processing in industries can be a very important component for agroindustry, as its use can reduce the impact of economic activity on the environment. The objective of this work was to obtain flour from the umbu-cajá (*Spondias* spp.) Residue by the forced-air oven drying method at temperatures of 60, 70 and 80°C. The fruits were washed, sanitized and then cut, crushed and subjected to oven drying with forced air circulation at 60 °C/3d; 70 °C/2d and 80 °C/2d. The yield values 16.72%, 11.86% and 11.73% obtained for the dehydrated flours at 60, 70 and 80°C respectively. Both the residue and the obtained flours were characterized with physical-chemical (Water content, Ash content, pH, SST, ATT and Ratio) and physical (Water activity, Bulk density, Compact density, Stability, Color, Solubility, Wettability and Rest Angle). For the physicochemical analysis of the flour of the residue, only the water content and the ash content presented significant statistical difference, thus showing that the temperature as well as the drying time influenced these parameters. Regarding the physical analyzes, all parameters presented statistically significant differences. The flour of the residue showed reduction in moisture content, water activity, wettability, solubility and luminosity ( $L^*$ ) as the drying temperature increased. For the parameters of wettability and solubility, it was observed that the flour obtained at 80°C took longer to submerge than the flour obtained at 60°C and 70°C. The flour obtained at 80°C presented the highest value of  $a^*$ , being the reddest and the flour obtained at 60°C the yellowest, as it presented the highest value of  $b^*$ . During drying, samples containing the umbu-cajá residue were weighed to constant weight to construct the drying curves. The behavior of the drying curves was evaluated and adjusted to the Henderson & Pabis, Page and Logarithmic models. The three models tested presented a good fit to the experimental data of the drying kinetics of the umbu-cajá residue, especially Page model. The dehydrated residue at temperatures of 60, 70 and 80°C presented drying kinetics times of 960, 810 and 660 minutes respectively, evidencing that with the increase of the drying temperature there is a reduction of the processing time.

**KEY WORDS:** umbu-cajá, waste utilization, drying kinetics.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Detalhe dos frutos Umbu-cajá .....	16
<b>Figura 2.</b>	Teor de água do alimento durante o processo de secagem .....	20
<b>Figura 3.</b>	Sanitização das frutas de umbu-cajá <i>in natura</i> selecionadas .....	22
<b>Figura 4.</b>	Fluxograma de produção da farinha do resíduo de umbu-cajá .....	23
<b>Figura 5.</b>	Análise de atividade de água para farinha do resíduo de umbu-cajá .	38
<b>Figura 6.</b>	Análise de cor para farinha do resíduo de umbu-cajá .....	39
<b>Figura 7.</b>	Farinhas do resíduo de umbu-cajá obtidas.....	39
<b>Figura 8.</b>	Análises de densidade compactada para farinha .....	42
<b>Figura 9.</b>	Ângulos de repouso das farinhas do resíduo de umbu-cajá.....	43
<b>Figura10.</b>	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page.....	44
<b>Figura11.</b>	Dados experimentais e calculados pelo modelo de Henderson & Pabis.....	45
<b>Figura12.</b>	Dados experimentais e calculados pelo modelo Logarítmico.....	45



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Modelos matemáticos utilizados no ajuste das curvas de secagem .....	29
<b>Tabela 2.</b>	Rendimento das farinhas elaboradas com o resíduo de umbu-cajá .....	31
<b>Tabela 3.</b>	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos do resíduo de umbu-cajá .....	32
<b>Tabela 4.</b>	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos das farinhas do resíduo de umbu-cajá .....	33
<b>Tabela 5.</b>	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos do resíduo de umbu-cajá .....	36
<b>Tabela 6.</b>	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos das farinhas do resíduo de umbu-cajá .....	37
<b>Tabela 7.</b>	Parâmetros, $R^2$ , P, SE e DQM dos modelos matemáticos ajustados às curvas de secagem do resíduo de umbu-cajá, para as diferentes temperaturas avaliadas .....	47

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
<b>2.1. Geral</b> .....	14
<b>2.2. Específicos</b> .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
<b>3.1 Frutas Nativas</b> .....	15
<b>3.2 Umbu-cajá (<i>Spondias spp.</i>)</b> .....	16
<b>3.3 Agroindústria e Aproveitamento de Resíduos</b> .....	17
<b>3.4 Secagem</b> .....	18
<b>3.5 Cinética de Secagem</b> .....	20
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	22
<b>4.1 Obtenção de Farinha do Resíduo de Umbu-cajá</b> .....	22
<b>4.2 Caracterização Físico-química do Resíduo e da Farinha do Resíduo de Umbu-Cajá</b> .....	24
4.2.1 Teor de água .....	24
4.2.2 Teor de cinzas.....	24
4.2.3 pH .....	24
4.2.4 Sólidos solúveis totais (SST) .....	25
4.2.5 Acidez total titulável (ATT) .....	25
4.2.6 Ratio (Relação SST/ATT).....	25
<b>4.3 Caracterização Física da Farinha do Resíduo de Umbu-Cajá</b> .....	26
4.3.1 Atividade de água .....	26
4.3.2 Cor.....	26
4.3.3 Solubilidade .....	27
4.3.4 Molhabilidade .....	27
4.3.5 Densidade aparente .....	28
4.3.6 Densidade compactada.....	28
4.3.7 Ângulo de repouso .....	28
<b>4.4 Cinética de Secagem e Modelagem Matemática</b> .....	29
<b>4.5 Análise Estatística</b> .....	30
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>5.1 Rendimento da Farinha do Resíduo de Umbu-cajá</b> .....	31
<b>5.2 Caracterização Físico-química do Resíduo e da Farinha do Resíduo de Umbu-Cajá</b> .....	32
<b>5.3 Caracterização Física do Resíduo e da Farinha do Resíduo de Umbu-cajá</b> .....	36

<b>5.4 Cinética de Secagem e Modelagem Matemática.....</b>	<b>44</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o 5º maior país do mundo em extensão territorial (IBGE, 2018), este vasto território aliado a existência de diversos biomas naturais, propicia uma grande diversidade de frutas nativas. Contudo muitas frutas ainda são desconhecidas e em sua maioria pouco aproveitadas. A fruticultura no Nordeste brasileiro constitui-se em atividade econômica bastante promissora, devido ao sabor e aroma exótico de seus frutos e à sua enorme diversidade. Apesar de muitos desses frutos apresentarem amplas perspectivas de aproveitamento econômico, poucas, como mangabeira, cajazeira, umbuzeiro e umbu-cajazeira, têm sido exploradas, na maioria das vezes de forma extrativista, dada a falta de informações que possibilitem sua exploração comercial (MACEDO et al., 1995).

O aproveitamento socioeconômico e a demanda de pesquisas de espécies frutíferas nativas, como o umbu-cajá (*Spondias* spp.), têm sido inibidos tanto pela forte pressão do mercado consumidor de frutas tradicionais de clima tropical e subtropical, já adaptadas, como também pelo mercado de frutas de clima temperado, aclimatadas. Porém, a oferta de novas alternativas de frutas frescas para o consumo *in natura* e matéria-prima para as agroindústrias constituem uma valiosa fonte de alimentos e riqueza para o País (MORAES, et al., 1994; SOUZA, 2001).

Assim como cajá e o umbu, o umbu-cajazeira é uma frutífera tropical nativa do Nordeste brasileiro, de fácil propagação, que apresenta grandes perspectivas de inserção nos mercados interno e externo de frutas exóticas, especialmente na forma de polpa, sucos e sorvetes (RITZINGER et al., 2001). O fruto do umbu-cajá tem posição de destaque devido a suas características organolépticas serem agradáveis. O processamento dessa fruta apresenta-se como uma forma viável de conservação, trazendo como vantagem a possibilidade de aproveitamento dos excedentes de produção, contornando problemas de sazonalidade e possibilitando sua distribuição por maiores períodos do ano (VIANA, 2008).

As frutas desempenham um importante papel na alimentação humana, contribuindo para o fornecimento de calorias, sais minerais, vitaminas, fibras e água, constituindo-se, dessa forma, em fontes mantedoras da saúde. Segundo O'shea, Arendt e Gallagher (2012) no processamento de frutas e vegetais aproximadamente um terço do volume destes alimentos é descartado, ocasionando a geração de uma grande quantidade de resíduos, ao mesmo tempo que limita ao máximo a utilização do potencial nutricional do produto, que

apresenta ainda uma elevada quantidade de fibras alimentares, componente nutricional que mais se destaca em sua composição. Visando reduzir os desperdícios de frutas nativas, é relevante o desenvolvimento de produtos incorporados com estas fibras, por exemplo, a obtenção de farinhas através do processo de secagem.

A secagem tem como princípio remover água de um alimento, reduzindo assim, a deterioração microbiológica e as taxas de reações de degradação, e prolongar a disponibilização dos alimentos sazonais, impedindo a perda do valor comercial. Além da preservação, a desidratação reduz o peso e o volume do produto, aumentando a eficiência do transporte e do armazenamento, também objetiva agregar valor ao alimento, fornecendo produtos de sabor diferenciado, tendo-se como consequência a implantação de um novo produto no mercado. A obtenção de farinhas é uma alternativa interessante, pois além de agregar valor às frutas, podem ser acrescidas no desenvolvimento de novos alimentos. Além disso, através do conhecimento de suas propriedades nutricionais, a sua utilização se torna viável, pois com o processo de secagem mantendo os compostos presentes na fruta há uma possibilidade viável para as indústrias de alimentos e desenvolvimento da agricultura regional (CHITARRA & CHITARRA, 2005; CANUTO et al., 2010).

A elaboração de farinha através do processo de secagem, pode auxiliar na redução do desperdício de resíduos ricos em nutrientes e de baixo custo, além de promover melhorias na qualidade nutricional do produto, contribuindo assim para uma melhor ingestão destes nutrientes (BOLANHO, 2014).

Este trabalho visa estudar a secagem como processo tecnológico para o aproveitamento do resíduo de umbu-cajá, agregando valor nutricional da fruta nativa a farinha produzida.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

- Obter a farinha do resíduo de umbu-cajá (*Spondias* spp.) pelo método de secagem em temperaturas de 60, 70 e 80°C.

### 2.2. Específicos

- Secar o resíduo de umbu-cajá em estufa com circulação de ar forçada e calcular o rendimento do processo;
- Realizar a caracterização física (Atividade de água e cor) e físico-quimicamente (Teor de água, teor de cinzas, pH, SST, ATT, Ratio [SST/ATT], teor de cinzas) o resíduo de umbu-cajá;
- Caracterizar física e físico-quimicamente a farinha de umbu-cajá obtida após o processo de secagem;
- Avaliar a modelagem cinética do processo de secagem e definir o modelo mais adequado ao processo;

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Frutas Nativas

O Brasil é um país com uma vasta extensão territorial e uma das maiores biodiversidades do planeta, apresentando seis biomas principais (Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Pampas). Há uma grande variação do clima, relevo, precipitação, condições edáficas entre outros fatores, os quais propiciam um grande número de frutas nativas, sendo que muitas delas ainda não são comercializadas, e podem ter um bom potencial para utilização na alimentação (FETTER et al., 2010).

Embora todo território brasileiro apresente uma grande variedade de frutas nativas, poucas são comercializadas em larga escala, seja *in natura* ou na forma de produtos derivados. Um grande número de frutas ainda é pouco aproveitado devido ao clima e à regionalidade permanecendo desconhecidas (FETTER et al., 2010). Um dos motivos que inviabilizam o consumo das frutas nativas em diferentes regiões é a sua perecibilidade, devido ao fato de apresentarem altos valores de teor e atividade de água (ORDÓÑEZ, 2005).

Há carência de infraestrutura adequada em vários setores, não há uma cadeia de estocagem e armazenamento de frutas em larga escala, disseminada em todo o território nacional (CNI, 2016). Desta forma, a elaboração de produtos que contenham porções dessas frutas, é uma alternativa viável, a qual resulta em alimentos com características nutricionais interessantes que podem viabilizar a comercialização em larga escala durante todos os períodos do ano (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Neste contexto é importante destacar o valor das várias espécies frutíferas no país, tornando evidente que há necessidade de se explorar de forma mais efetiva as frutas nativas. Elas podem diversificar e enriquecer a alimentação humana, contudo mesmo sendo conhecidas pela comunidade científica, muitas ficam apenas restritas à pesquisa, sendo ainda pouco exploradas e o seu consumo limitado ao curto tempo de vida útil no pós-colheita (FRANZON et al., 2009).

Inúmeros benefícios aos consumidores e diversificação do mercado, podem ser obtidos com a agregação de farinha de frutas nativas aos alimentos. A partir do aproveitamento integral do fruto, há redução do desperdício de nutrientes, desta forma é importante ressaltar a utilização de cascas, talos e sementes, os quais reduzem os custos

de produção e podem contribuir para a descoberta de novas texturas, aromas e sabores, sob a forma alimentos processados como: sucos, doces, geleias, biscoitos e massas em geral. São observados diversos benefícios com a ingestão integral dos frutos (FRANZON et al., 2009; GONDIN et al., 2005).

A crescente demanda, gerada pelo aumento do consumo de produtos saudáveis, várias tentativas estão sendo feitas para se obter alimentos com alto valor nutricional. Dentre uma das diversas opções viáveis existentes atualmente, as farinhas de frutas nativas, são acessíveis, pois podem ser incorporadas a diversos tipos de alimentos, para que estes sejam enriquecidos com compostos bioativos.

### 3.2 Umbu-cajá (*Spondias spp.*)

O umbu-cajá (*Spondias spp.*) (Figura 1) pertence à família *Anacardiaceae* e ao gênero *Spondias*, o mesmo ao qual pertencem também outras importantes frutíferas como a cajaraneira (*S. cytherea*, Sonn.), a cirigueleira (*S. purpúrea*, L.) a cajazeira (*S. mombim*) e o umbuzeiro (*S. tuberosa*) (SANTOS et al., 2008). O umbu-cajá é considerado um híbrido natural entre o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) e a cajazeira (*Spondias lutea*) e é uma fruta tropical nativa do Nordeste Brasileiro, principalmente em ecossistemas de transição entre a Mata Atlântica e a Caatinga e de fácil propagação (GIACOMETTI, 1993).

**Figura 1.** Detalhes dos frutos Umbu-cajá.



Fonte: EMBRAPA, 2004.



Este fruto é botanicamente caracterizado como uma drupa, em formato oval ou arredondado, de coloração que vai do verde escuro quando imaturo ao amarelo claro ou ouro, quando maduro, casca fina e lisa, com endocarpo, chamado de “caroço”, grande, branco e enrugado localizado na parte central do fruto, no interior do qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente (SANTOS, 1996; LIMA *et al.*, 2002).

Segundo Lima *et al.* (2002) os frutos possuem excelente sabor e aroma, boa aparência e qualidade nutritiva, sendo muito consumido na forma "*in natura*", apresentando rendimento médio de 55 a 65% em polpa, com potencial para utilização na forma processada como polpa congelada, sucos, néctares, sorvetes e geleias.

Diversos fatores influenciam as características físicas e físico-químicas de frutos, dentre os quais se destacam a constituição genética, condições climáticas sazonais, mudas, variedades, tratos culturais e tratamento pós-colheita (SANTOS, 1996; LOPES, 1997). Porém é notadamente claro que o híbrido, umbu-cajá, tem um baixo valor de açúcares totais em torno de 3,13%, em comparação ao fruto de umbu, aproximadamente 3,89%, que são espécies ácidas, pois apresentam uma faixa de pH de 2,0 a 3,9, além de conter alto teor de fibra, de 0,2-2,2%; de cálcio, 6-35 mg/100g; de fósforo, 29-50 mg/100g; de vitamina C, 1,8-73 mg/100g e de caroteno que varia de 4 a 70 mg/100g (NORONHA *et al.*, 2000; GALVÃO, 2002; LIMA *et al.*, 2002; LIRA JÚNIOR *et al.*, 2005).

Por haver poucos trabalhos científicos com ênfase aos produtos obtidos dos resíduos de umbu-cajá, estudos são importantes para a obtenção de novos produtos, visto que o resíduo possui alto valor nutritivo pouco explorado.

### **3.3 Agroindústria e Aproveitamento de Resíduos**

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo e é líder na produção de frutas tropicais (FAO, 2009). Produtos que antes eram exportados *in natura*, hoje passam por diversos processos de industrialização. Em consequência, a agroindústria transformou-se em importante segmento da economia do país (SOUSA, 2009).

Estudos demonstram que na região Nordeste vem se desenvolvendo um importante setor da agroindústria, a fruticultura. Nos últimos anos vem-se observando, de uma maneira geral, um processo de profissionalização, caracterizado pela exploração de áreas mais extensas, pela utilização da irrigação e pelo incremento de novas tecnologias,

visando a elevadas e qualitativas produções de frutos. Em resposta a esse avanço, o número de agroindústrias instaladas por toda a região tem aumentado significativamente, gerando incremento na produção de resíduos agroindustriais (LOUSADA JÚNIOR *et al.*, 2006).

Por tanto, tem-se uma grande necessidade de se repensar a produção e a destinação de resíduos agroindustriais, pois estes podem ser novamente inseridos na cadeia produtiva, gerando grandes ganhos para a sociedade (SACHS, 2008). O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e a utilização de resíduos, visando à redução dos custos de produção e da poluição ambiental, é um grande desafio para a sociedade. Entretanto junto a este desafio existem inúmeras oportunidades de desenvolvimento socioeconômico para o país e de ampliação da sustentabilidade global (MENEZES, 2013).

O aproveitamento de resíduos como um insumo, para outro processo produtivo, evita a utilização de recursos cada vez mais escassos, como os alimentos, reduz os custos socioambientais e melhora os resultados em termos de eficiência econômica. No caso do aproveitamento de resíduos agroindustriais os resultados são benéficos em todas as demandas, pois economicamente, viabiliza-se a utilização de um resíduo que poderia gerar custos à empresa, ambientalmente reduz-se o impacto do descarte deste resíduo e socialmente reduz a utilização de alimentos na produção de insumos (MENEZES, 2013).

Na tentativa de elevar o consumo de nutrientes, algumas alternativas têm sido propostas, dentre elas a produção de novos alimentos que possuam valor nutricional superior ao alimento *in natura*, mas que sejam acessíveis às classes economicamente menos favorecidas. Outra alternativa para este problema é o aproveitamento integral dos alimentos, utilizando-se partes que seriam descartadas. Uma das opções, a elaboração de farinhas diferenciadas, já se mostra bem explorada pela indústria, uma vez que a alta nos preços dos produtos derivados do trigo compromete a alimentação das pessoas mais carentes e força a procura por alimentos alternativos (RIBEIRO, 2010).

### **3.4 Secagem**

A secagem é uma operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material. Esse conceito também se aplica a operação de evaporação, que é a concentração de soluções líquidas. A secagem de um alimento é a remoção da água do meio sólido através da vaporização, utilizando uma temperatura inferior à de ebulição da água (CELESTINO, 2010). As vantagens desse processo são: maior tempo de vida

útil, concentração dos nutrientes, manutenção da qualidade durante o transporte e a comercialização e proteção contra microrganismos (CELESTINO, 2010; MORAES e RODRIGUES, 2006).

O método de secagem mais utilizados em alimentos se dá pela utilização de estufas. Neste método há transferência de calor que é realizado por convecção, o alimento é desidratado devido ao aquecimento que ocorre de fora para dentro, contudo isso torna o processo lento, podendo levar várias horas ou até dias. Considera-se a secagem uma técnica simples, pois depende apenas de uma estufa (simples, simples com ventilador ou a vácuo) e de cadinhos ou placas (de porcelana, alumínio ou vidro), onde serão colocadas as amostras (CECCHI, 2003).

Contudo mesmo sendo um método simples e de baixo custo, a secagem por estufa apresenta fatores que podem influenciar na exatidão dos resultados, como: umidade relativa, temperatura, velocidade do ar ou vácuo na estufa; tamanho das partículas e espessura, número e posição das amostras; construção da estufa e pesagem incorreta das amostras (CECCHI, 2003; CELESTINO, 2010).

A secagem, geralmente, ocorre em duas fases. Na fase inicial, a água livre desloca-se para a superfície, e é facilmente removida por vaporização. Então, à medida que a secagem progride, a remoção de água torna-se difícil, pois a fase líquida, contida no material sólido, torna-se mais viscosa e a taxa de secagem diminui, pois maior tempo é requerido para que a água interna se mova para a superfície (ARGYROPOULOS *et al.*, 2011). Normalmente, cerca de dois terços do tempo de secagem podem ser gastos para remover o último um terço do teor de água, essencialmente correspondente a moléculas de água fracamente ligadas (ANDRES *et al.*, 2004).

Microbiologicamente, os produtos submetidos à secagem não sofrem alterações prejudiciais. A redução da atividade da água, consequência da redução do teor de água livre, embora não resulte em um produto estéril, dificulta o crescimento microbiano (SILVA *et al.*, 2015). O valor nutricional, também, pode ser afetado pelo processamento térmico, visto que muitas vitaminas são sensíveis ao calor. Além disso, pode haver redução do conteúdo de compostos bioativos e da atividade antioxidante (PATRAS *et al.*, 2010; RAWSON *et al.*, 2011).

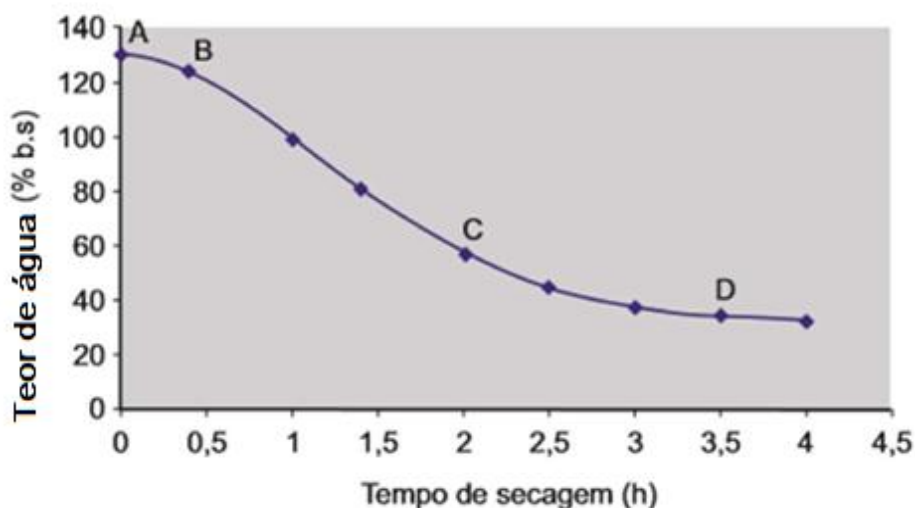
As frutas caracterizam-se pelo alto teor inicial de água, sendo considerados produtos perecíveis. Portanto, o processo de secagem implica em considerável redução de custo em transporte e manipulação do produto, além de proporcionar efetivo prolongamento de sua vida útil (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004). Por ser um processo

simples e que preserva o alimento, ela pode ser utilizada para otimizar o aproveitamento tecnológico de frutas nativas da região.

### 3.5 Cinética de Secagem

Para melhorar o aproveitamento tecnológico e a compreensão do comportamento das amostras de alimentos durante o processo de secagem, os estudos de cinética de secagem são conduzidos de forma a monitorar o tempo e a temperatura, em que se realiza a secagem. A cinética de secagem é a relação entre a perda de água por um período de tempo, assim obtém-se o tempo que o alimento leva para perder água até a estabilidade. O processo é interrompido quando o teor mínimo de água é atingido, sendo esse estado alcançado quando a pressão parcial de vapor da água na superfície do alimento for igual à pressão parcial do vapor de água incluso no ar (CELESTINO, 2010). O comportamento da cinética de secagem é descrito pela Figura 2.

**Figura 2.** Teor de água do alimento durante o processo de secagem (adaptado de CELESTINO,2010).



A curva observada na Figura 2 é dividida em três segmentos. O segmento AB é o de adaptação do alimento à temperatura de secagem, é o período mais curto da curva, enquanto a água livre na superfície do alimento estará sendo evaporada. O segundo segmento, BC, é normalmente o mais longo da curva, onde ocorre a maior remoção de água do interior do alimento em função do tempo. Este segmento se altera, conforme a

quantidade de líquido contida no interior do alimento, no caso das frutas como há muito teor de água, então, representa a seção mais longa da curva. A parte final do segmento BC, corresponde ao fim da secagem constante, onde o alimento aumenta a sua resistência, pois o líquido ainda presente no interior do alimento compete com a água que está sendo evaporada da sua superfície (CELESTINO, 1998; CELESTINO, 2010).

O segmento CD corresponde ao período de estabilização, no qual há cada vez menos água para ser retirada. Há uma pequena variação do teor de água em relação ao tempo. A partir do ponto D o teor de água do alimento diminui até alcançar o teor de água de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa do ar. Ao se atingir esse teor de água de equilíbrio, o processo de secagem acaba (CELESTINO, 1998; CELESTINO, 2010).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Tecnologia de Frutas e Hortaliças e Análise de Alimentos do LACTAL, na Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG).

### 4.1 Obtenção de Farinha do Resíduo de Umbu-cajá

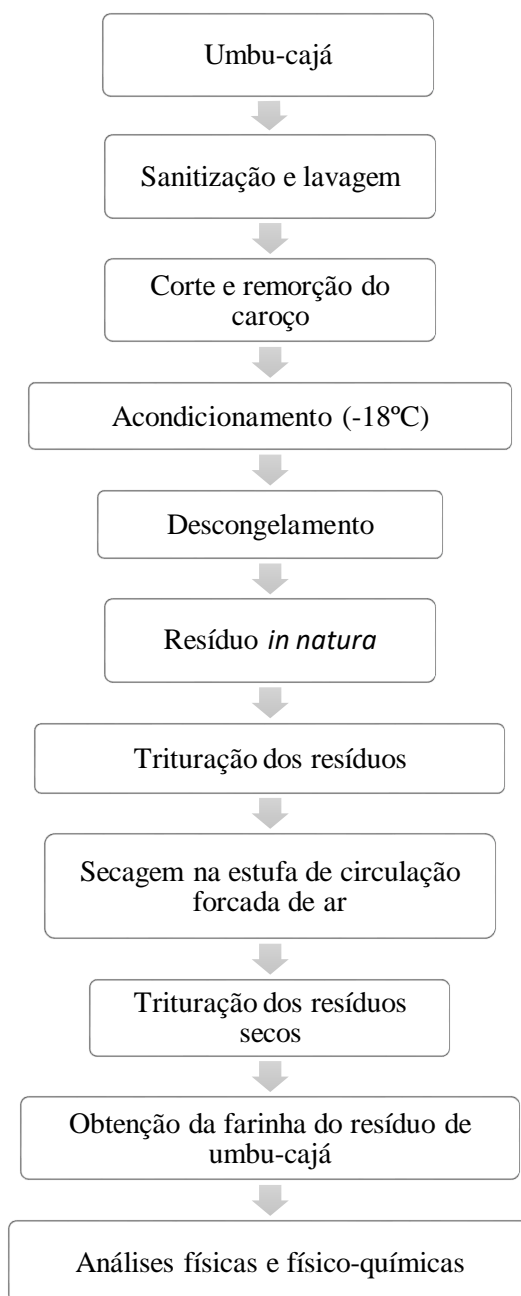
As frutas *in natura* de umbu-cajá foram coletadas em um sítio localizado na zona rural no município de São João, estado de Pernambuco, durante o mês de agosto de 2019. As frutas foram selecionadas pelo tamanho, aparência (frutas saudias), formato (uniforme) e grau de maturação apresentado como maduras a fim de obter amostras homogêneas e sem danos aparentes. A matéria-prima coletada foi transportada até o laboratório de tecnologia de frutas e hortaliças da UFRPE/UAG em isopor térmico, acondicionada a fim de preservar suas características. A sanitização das frutas foi realizada em água contendo hipoclorito de sódio (2,5%), e posteriormente a lavagem em água corrente, em seguida os caroços foram *retirados* das frutas com auxílio de uma faca e armazenadas em sacos de polietileno. O acondicionamento ocorreu em um freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$  até a o momento do descongelamento, obtendo assim o resíduo *in natura*, submetidos a trituração em um liquidificador. A Figura 3 mostra a etapa de sanitização das frutas *in natura*.

**Figura 3.** Sanitização das frutas de umbu-cajá *in natura* selecionadas.



A Figura 4 mostra o fluxograma de produção da farinha do resíduo de umbu-cajá. Os resíduos *in natura* foram triturados, pesados e distribuídos em bandejas e colocados em estufa com circulação de ar forçada nas respectivas temperaturas de 60, 70 e 80°C até massa constante. Após a secagem em estufa os resíduos foram novamente triturados, formando assim a farinha do resíduo de umbu-cajá.

**Figura 4.** Fluxograma de produção da farinha do resíduo de umbu-cajá.



O rendimento das farinhas do resíduo foi obtido através da Equação 1:

$$\text{Rendimento\%} = \frac{\text{Massa da farinha obtida (g)}}{\text{Massa do resíduo de umbu-cajá (g)}} \times 100 \quad (1)$$

## **4.2 Caracterização Físico-química do Resíduo e da Farinha do Resíduo de Umbu-Cajá**

O resíduo e a farinha produzida foram submetidos às análises físico-químicas descritas a seguir: Teor de água, Teor de cinzas, pH, Acidez total titulável (ATT), Sólidos solúveis totais (SST) e Ratio. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados apresentados correspondem a média  $\pm$  desvio padrão.

### *4.2.1 Teor de água*

Cecchi (1999) afirma que a determinação de teor de água é uma das medidas mais importantes e mais utilizadas na análise de alimentos. A quantidade de água é importante no processamento de vários produtos como por exemplo, a umidade do trigo na fabricação de biscoito e produtos de padaria.

O teor de água do resíduo e da farinha do resíduo de umbu-cajá foram determinados por secagem direta das amostras em estufa à 105°C por 24 horas, de acordo com técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), sendo o resultado expresso em porcentagem de base úmida (%b.u.).

### *4.2.2 Teor de cinzas*

As cinzas ou conteúdo mineral são os resíduos inorgânicos, os quais permanecem após a queima da matéria orgânica cuja composição depende da natureza de cada alimento analisado (CECCHI, 2003; IAL 2008). Contudo quando algum parâmetro excede os limites estipulados, a farinha passa a receber a classificação de “fora do tipo”. (MAPA, 2005).

O teor de cinzas do resíduo e da farinha do resíduo foram determinados pelo método gravimétrico em mufla a 550° C até massa constante, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### *4.2.3 pH*

O pH representa a acidez da fruta ou de qualquer alimento. Isto se deve ao fato de que os ácidos que estão presentes nos alimentos se encontram parcialmente na forma molecular e, parcialmente, na forma dissociada, que é a que apresenta as propriedades ácidas (SILVA & JALALI, 1998).



A leitura do pH (potencial hidrogeniônico) das amostras foi realizada através de um pHmetro digital, utilizando uma solução aquosa composta por 5 g do resíduo e 1g da farinha do resíduo de umbu-cajá e 50 mL de água destilada. Após a preparação da solução, a mesma foi agitada com auxílio de um bastão de vidro para evitar que a amostra sedimentasse durante as medidas. O pHmetro foi calibrado utilizando soluções tampão de pH 7,0 e 4,0. Os resultados foram expressos em unidades de pH, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

#### 4.2.4 Sólidos solúveis totais (SST)

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada através de leitura direta em um refratômetro, colocando-se três gotas da mesma solução utilizada para a análise do pH no prisma do refratômetro e fazendo-se a leitura direta em °Brix, conforme o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

#### 4.2.5 Acidez total titulável (ATT)

A acidez é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um determinado produto alimentício. Geralmente em um processo de decomposição de um determinado alimento, seja por oxidação, hidrólise ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio (OLIVEIRA, 1997).

A análise da acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução 0,1N de hidróxido de sódio, utilizando-se como indicador para verificação do ponto de viragem a solução alcoólica a 1% de fenolftaleína, cujos resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, de acordo com a metodologia descrita no Instituto Adolfo Lutz com algumas alterações (IAL, 2008).

#### 4.2.6 Ratio (Relação SST/ATT)

Segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), o parâmetro ratio é calculado através da razão entre os Sólidos solúveis totais (SST) e a Acidez total titulável (ATT) através da Equação 2:

$$\text{Ratio} = \frac{\text{SST}}{\text{ATT}} \quad (2)$$

### 4.3 Caracterização Física da Farinha do Resíduo de Umbu-Cajá

As farinhas produzidas foram submetidas às análises físicas descritas a seguir: Atividade de água, Cor, Solubilidade, Molhabilidade, Densidade aparente, Densidade compactada e Ângulo de repouso. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados apresentados correspondem a média  $\pm$  desvio padrão.

#### 4.3.1 Atividade de água

A água é importante para todos os seres humanos, e não é diferente para os alimentos, pois esta é o mais importante componente para os alimentos, sendo o agente controlador da deterioração dos mesmos. A atividade de água é uma função termodinâmica que pode ser definida pela razão entre a fugacidade da água pura no seu estado padrão e a fugacidade da água no produto, as duas à mesma temperatura. A mesma é uma função adimensional com valor entre 0 e 1 (ANDRADE, 2006).

As determinações das atividades de água para as farinhas foram realizadas por meio de medidas diretas com o auxílio do equipamento Aqualab, Decagon à 25°C, com precisão de  $\pm 0,003$  no valor final.

#### 4.3.2 Cor

Conforme Bobbio e Bobbio (2001) a aparência de um alimento concorre sobremaneira para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto dos naturais como dos processados. A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural.

A avaliação da cor foi determinada através da leitura direta dos valores em um colorímetro manual, Color Reader CR-10 Konica Minolta. Os parâmetros colorimétricos avaliados foram  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da escala CIELAB. Onde no espaço de cores, o  $L^*$  indica a luminosidade, e o  $a^*$  e o  $b^*$  representam as coordenadas cromáticas. Os valores de  $L^*$  variam de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada de cromaticidade  $a^*$  varia do verde ao vermelho, e a coordenada de cromaticidade  $b^*$  varia do azul ao amarelo. A cromaticidade  $+a^*$  indica a direção vermelho enquanto que  $-a^*$  indica a direção verde. A cromaticidade  $+b^*$  indica a direção do amarelo e  $-b^*$ , a direção do azul. Obtendo-se os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , pode-se calcular a distância da coordenada ( $a^*$ ,  $b^*$ ) em relação a sua origem (0,0), cujo parâmetro é o Chroma ( $C^*$ ) e o ângulo de tonalidade (ângulo de tom:  $h^*$ ), sendo verificado em uma escala de 0 a 360°, determinando a

localização correta da amostra em questão no espaço de cor (Minolta, 1998). Os parâmetros  $C^*$  e  $h^*$  foram calculados de acordo com as Equações 3 e 4:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

$$h^* = \arctg \frac{(a^*)}{(b^*)} \quad (4)$$

#### 4.3.3 Solubilidade

A solubilidade da farinha de resíduo de umbu-cajá foi realizada colocando-se aproximadamente 2 g da amostra em 50 mL de água destilada à temperatura ambiente, em um béquer de 250 mL sob agitação constante, com o auxílio de um agitador magnético e verificando o tempo decorrido para a dissolução total da amostra com auxílio de um cronômetro, de acordo metodologia descrita por Goula e Adamopoulos (2005). O cálculo de solubilidade foi elaborado de acordo com a Equação 5:

$$S = \frac{m}{t} \quad (5)$$

Onde: S – Solubilidade; m – massa da amostra em (g); t – tempo (min).

#### 4.3.4 Molhabilidade

A molhabilidade da farinha de resíduo de umbu-cajá foi realizada com aproximadamente 1 g da amostra, onde posteriormente a mesma foi vertida em um béquer de 250 mL, contendo 100 mL de água destilada à temperatura ambiente, verificando-se com o auxílio cronômetro o tempo necessário para a completa imersão da farinha sem qualquer tipo de agitação, de acordo a metodologia proposta por Schubert (1993). O cálculo da molhabilidade foi elaborado de acordo com a Equação 6:

$$M = \frac{m}{t} \quad (6)$$

Onde: M – molhabilidade; m – massa da amostra em (g); t – tempo (min).

#### 4.3.5 Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada pesando-se a amostra da farinha em uma proveta graduada de 10 mL, até que a mesma atinja a marca do volume da proveta (USP, 2006), sendo posteriormente calculada a relação entre a massa da amostra e o volume da proveta segundo a Equação 7:

$$\rho_{\text{aparente}} = \frac{m}{v} \quad (7)$$

Onde:  $\rho_{\text{aparente}}$  - densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>); m - massa (g); V – volume da proveta (cm<sup>3</sup>).

#### 4.3.6 Densidade compactada

A análise de densidade compactada consiste em pesar a farinha em uma proveta graduada de 10 mL e aplicar 50 batimentos sobre uma superfície plana, empregando-se uma altura fixa de 2,5 cm, sendo posteriormente anotado o volume no qual a amostra foi compactada e calculada a relação entre a massa e o volume compactado através da Equação 8, segundo a metodologia de Tonon (2009).

$$\rho_{\text{compactada}} = \frac{m}{V_c} \quad (8)$$

Onde:  $\rho_{\text{compactada}}$  - densidade compactada (g/cm<sup>3</sup>); m - massa (g); V<sub>c</sub> – volume compactado (cm<sup>3</sup>).

#### 4.3.7 Ângulo de repouso

As medidas do ângulo de repouso estático são utilizadas como indicação da capacidade de escoamento ou fluidez do pó. Utilizou-se um tubo plástico com formato cilíndrico, onde o mesmo foi preenchido totalmente com a farinha do resíduo de umbucajá e em seguida foi vertido em uma superfície plana. Essa análise foi realizada em triplicata, porém visualmente foi escolhida a melhor repetição para que a mesma fosse analisada.

As farinhas obtidas foram classificadas em termos de propriedades de escoamento: ângulo de repouso de 25-30° fluxo excelente; de 31-35° fluxo bom; de 36-40° fluxo aceitável; de 41-45° fluxo passável; de 46-55° fluxo pobre; de 56-65° fluxo muito pobre; acima de 65° fluxo extremamente pobre (USP, 2006).

#### 4.4 Cinética de Secagem e Modelagem Matemática

A cinética de secagem foi determinada em triplicata para cada temperatura estudada, 60,70 e 80°C. Os cadinhos contendo as amostras (resíduo de umbu-cajá), foram colocados na estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas citadas e durante a secagem foram pesadas em intervalos de 15 minutos, nas duas primeiras horas, e posteriormente, de 30 minutos, até atingir massa constante. Adotou-se como critério para determinação do peso constante três pesagens consecutivas, sem alteração de gramatura das amostras.

Os dados experimentais obtidos durante a cinética de secagem foram expressos em gráficos de curvas de secagem RU (Razão do Teor de água em função do tempo), sendo utilizados 3 modelos matemáticos (Page; Henderson & Pabis e Logarítmico), que foram ajustados às curvas de secagem conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Modelos matemáticos utilizados no ajuste das curvas de secagem

Modelo	Equação
Page (1949)	$RU = \exp(-Kt^n)$
Henderson & Pabis (1968)	$RU = a \cdot \exp(-Kt)$
Cavalcante Mata (2006)	$RU = a_1 \cdot \exp(-bt^{a_2}) + a_3 \cdot \exp(bt^{a_4}) + a_5$

RU - Razão do teor de água (adimensional); t - tempo de secagem; n, a, b, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub>, a<sub>5</sub> - coeficientes dos modelos de secagem; K - constantes dos modelos de secagem.

Para avaliar o modelo que se ajusta melhor aos dados experimentais, foram usados como parâmetros para determinação do melhor modelo: o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), a magnitude do erro médio relativo (P), desvio padrão da estimativa (SE) e o desvio quadrático médio (DQM) segundo as Equações 9, 10 e 11.

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|RU_{\text{exp}} - RU_{\text{pred}}|}{RU_{\text{pred}}} \quad (9)$$

$$SE = \sqrt{\frac{(\sum (RU_{\text{exp}} - RU_{\text{pred}})^2)}{GLR}} \quad (10)$$

$$DQM = \sqrt{\frac{(\sum RU_{\text{exp}} - \sum RU_{\text{pred}})^2}{n}} \quad (11)$$

Onde: DQM – desvio quadrático médio; RU<sub>pred</sub> – razão de umidade predito pelo modelo; RU<sub>exp</sub> – razão de umidade experimental; n – número de observações; GLR – Grau de liberdade do resíduo.

Os valores do desvio quadrático médio (DQM) e desvio-padrão da estimativa (SE) representam a habilidade do modelo de se ajustar aos pontos, sendo frequentemente empregado para medir a diferença entre os valores preditos pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente. O melhor modelo, aquele que melhor se ajusta, deve apresentar menores valores de DQM e SE. Já para a escolha do modelo mais adequado para descrever a cinética de secagem, deve-se escolher aquele com valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais próximo de 1.

#### **4.5 Análise Estatística**

Os dados experimentais obtidos através de três repetições das análises físico-químicas e físicas das farinhas de resíduo de umbu-cajá obtidas foram avaliados estatisticamente através do programa computacional ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2009). Aplicou-se posteriormente o teste de comparação entre as médias através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Já os modelos matemáticos foram ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem, utilizando-se o programa computacional STATISTICA, versão 7.0.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Rendimento da Farinha do Resíduo de Umbu-cajá

O produto obtido foi classificado como farinha do resíduo de umbu-cajá, pois a moagem foi realizada a partir de uma parte vegetal geralmente descartada durante o processo de industrialização. A Tabela 2 mostra os valores dos rendimentos para as três farinhas do resíduo de umbu-cajá obtidas.

**Tabela 2.** Rendimento das farinhas elaboradas com o resíduo de umbu-cajá

	<b>Massa do Resíduo(g)</b>	<b>Massa da Farinha(g)</b>	<b>Rendimento (%)</b>
<b>Farinha 60°C/3d</b>	763,55	127,71	16,72
<b>Farinha 70°C/2d</b>	763,51	90,55	11,86
<b>Farinha 80°C/2d</b>	763,47	89,55	11,73

Os valores encontrados foram de 16,72%, 11,86% e 11,73% para as farinhas do resíduo de umbu-cajá obtidas à 60°C/3d, 70°C/2d e 80°C/2d respectivamente.

Observa-se que o resíduo de umbu-cajá desidratado à temperatura de 60°C apresentou um maior rendimento do produto final (farinha) quando comparados aos desidratados à temperatura de 70 e 80°C. Isto ocorreu devido à maior perda de água apresentada a maiores temperaturas quanto à aderência do resíduo desidratado a 70 e a 80°C às bandejas. Silva et al. (2001) em secagens realizadas com frutas do cerrado, alcançaram rendimentos de 12,69% e 11,07% para farinhas de jatobá-do-cerrado e jatobá-da-mata. Pereira et al. (2016), obtiveram rendimento de 7,2% e 3,4% em farinha de casca de maracujá-amarelo e maracujá-do-cerrado. A secagem permite a melhor conservação do produto, reduz o seu peso e volume, dentre outras vantagens econômicas (ORDÓÑEZ, 2005).

## 5.2 Caracterização Físico-química do Resíduo e da Farinha do Resíduo de Umbu-Cajá

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios com respectivos desvios padrão dos parâmetros físico-químicos do resíduo de umbu-cajá.

**Tabela 3.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos do resíduo de umbu-cajá.

Parâmetros	Resíduo de umbu-cajá
Teor de água (%b.u.)	86,546 ± 0,150
Teor de cinzas	0,4376 ± 0,004
pH	2,900 ± 0,010
Sólidos Solúveis Totais (Brix°)	10,000 ± 0,000
Acidez total titulável (%ácido cítrico)	1,479 ± 0,017
Ratio (SST/ATT)	6,758 ± 0,079

O teor de água do resíduo de umbu-cajá encontrado foi de 86,55%, sendo semelhante ao obtido por Noronha et al. (2000) trabalhando com essa fruteira em dois estágios de maturação, cujos valores obtidos foram 86,02 e 86,20 %. De acordo com esse resultado, verifica-se que deve ter especial atenção ao fruto quanto ao seu manuseio, transporte e processamento por facilitar a sua perecibilidade, afetando assim a estabilidade, a qualidade e a composição do produto.

Quanto à análise de cinzas, a porcentagem encontrada no resíduo foi de 0,44%, resultado inferior ao reportado por Leon e Shaw (1990) cujos valores estiveram entre 0,6 e 0,7% em frutos de cajá e superior aos de Narain *et al.* (1992) de 0,30% em frutos de umbu. O conteúdo de cinzas varia de 0,4% a 2,1% em frutas frescas e representam os minerais contidos nos alimentos que podem estar em grandes quantidades como o K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e Ca<sup>+</sup> e pequenas, como o ferro, Mn e Zn. (CECCHI, 2003).

As médias obtidas para pH e a acidez total titulável para o resíduo foram 2,90 e 1,48%, respectivamente, e apresentaram resultados semelhantes aos reportados por Carvalho et al. (2008) 2,8 e 1,7%, respectivamente, com a mesma fruteira. Valores mais altos de pH (baixa acidez) são preferidos para o consumo *in natura*, porém constitui-se em problema para a indústria devido ao favorecimento das atividades enzimáticas e desenvolvimento de microrganismos.



O teor de sólidos solúveis totais foram de 10,00 °Brix, sendo semelhante aos de Lira Júnior (2005) com valor igual 10,14 °Brix e ligeiramente inferior aos resultados de Hansen et al. (2002) com valor de 11,3 °Brix, ambos trabalhando com a mesma fruteira. Martinsen e Schaare (1998), relatam que a concentração de sólidos solúveis do fruto em ponto de consumo pode variar entre frutos em função de fatores genéticos e ambientais, mesmo se os frutos forem colhidos com a mesma aparente maturidade.

O *ratio* é uma das melhores formas de avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares e de acidez. As análises realizadas mostraram uma média de 6,75 para o resíduo; sendo superior à descrita por Carvalho et al. (2008) de 6,1 e inferior à reportada por Bastos et al. (1999) em análise com polpas congeladas de cajá com média de 7,14. O valor encontrado está abaixo do mínimo exigido conforme os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para frutos de cajá, que é de 10,0. Essa relação é altamente dependente do mercado consumidor. Assim, para o consumo brasileiro, a preferência é por uma relação maior, que é verificada por altos teores de sólidos solúveis e baixa acidez (BRASIL,1999).

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios com respectivos desvios padrão dos parâmetros físico-químicos das farinhas do resíduo de umbu-cajá.

**Tabela 4.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos das farinhas do resíduo de umbu-cajá.

<b>Parâmetros</b>	<b>Farinha 60°C/3d</b>	<b>Farinha 70°C/2d</b>	<b>Farinha 80°C/2d</b>
<b>Teor de água (% b.u.)</b>	16,285± 0.070a	10,203± 0,096b	7,234± 0,130c
<b>Teor de cinzas</b>	5,740 ± 0.129a	4,540 ± 0.037c	4.996 ± 0.023b
<b>pH</b>	3,026 ± 0.045a	3,066 ± 0,005a	3,096 ± 0.021a
<b>Sólidos Solúveis Totais (Brix°)</b>	4,000 ± 0,000a	4,000 ± 0,000a	4,000 ± 0,000a
<b>Acidez total titulável (%ácido cítrico)</b>	11,148 ± 0,121a	10,991 ± 0,206a	10,816 ± 0,186a
<b>Ratio (SST/ATT)</b>	0,369 ± 0,006a	0,364 ± 0,007a	0,359 ± 0,004a

As médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando os valores médios para o teor de água das farinhas do resíduo de umbu-cajá apresentados na Tabela 4, percebe-se que houve uma tendência de redução do teor de água com o aumento da temperatura, sendo o menor 7,23%, obtido para a temperatura de 80°C e o maior 16,28% para temperatura de 60°C. Observa-se que houve diferença estatística significativa entre as amostras com relação a esse parâmetro. O limite

vigente preconizado para farinhas de origem vegetal, o qual estabelece o limite máximo de teor de água de 15% (ANVISA, 1996). Sabe-se as leveduras e bactérias podem crescer em alimentos com teor de água em torno de 30%. Portanto com os baixos índices de teor de água, as farinhas obtidas não se constituem um substrato ideal ao crescimento microbiano (ORDÓÑEZ, 2005; SILVA et al., 2010), desta forma elas não terão redução da sua estabilidade e da vida útil (BASSETO et al., 2013). Assim a farinha do resíduo de umbu-cajá para a temperatura de 60°C, não se encontra dentro dos valores preconizados pela legislação.

Os teores médios de cinzas obtidos para as farinhas do resíduo de umbu-cajá, situaram-se entre 5,74; 4,54 e 4,99%, para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente. Mayer (2015), descreve valores de 1,37% e 1,99% de cinzas em farinhas de sementes de araçá-amarelo e vermelho. Casarin et al. (2016) obteve 3,54% de cinzas em farinha de amora. Silva et al., (2001) obteve valores de cinzas de 4,60% e 5,48% para jatobá-do-cerrado e jatobá-da-mata. A legislação vigente estabelece o limite de 2,0% na base seca, para farinha de trigo integral (ANVISA, 1996). Com os dados obtidos, a farinha do resíduo de umbu-cajá para todas as temperaturas encontra-se acima do limite estipulado.

Em relação aos valores médios de pH obtidos para as farinhas do resíduo de umbu-cajá, foram 3,02; 3,06 e 3,09 para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, nota-se que houve uma tendência de aumento deste parâmetro com o aumento da temperatura de secagem. Sousa et al. 2014, encontraram valores de pH de 3,55 (farinha de acerola) e 4,56 (farinha de tangerina). Segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008), produtos alimentícios ácidos têm suas características conservadas mais facilmente, pois são de difícil ataque microbiano. Sendo o valor de pH abaixo de 4,5 (valor que delimita o desenvolvimento de microrganismos), considera-se a farinha do resíduo de umbu-cajá encontrada como ácida.

Os valores médios de sólidos solúveis totais das farinhas do resíduo de umbu-cajá obtidas foram de 4 °Brix para todas as temperaturas, não havendo diferença significativa entre as amostras com a variação da temperatura de secagem. Os valores de SST para as farinhas do presente trabalho foram próximos aos obtidos por Barbosa et al. (2016), que elaboraram farinhas de acerola, berinjela, goiaba e maracujá em estufa a 60°C durante 24 horas, obtendo valores de SST de 3,40, 5,40, 5,48, 2,64 °Brix, respectivamente. Araújo

(2011) estudando a casca de jabuticaba, onde estas foram submetidas à secagem (40°C/7d) em estufa com renovação e circulação de ar forçado para a obtenção de uma farinha obteve valores de sólidos solúveis para as mesmas de 8,74 °Brix, valor superior ao encontrado no presente trabalho.

A acidez é um parâmetro de grande importância, pois implica diretamente no estado de conservação de um produto alimentício. Os valores médios obtidos da acidez total titulável encontrados para as farinhas do resíduo de umbu-cajá foram 11,14; 10,99 e 10,81% para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, valores estes que não diferem estatisticamente. Observa-se que a acidez teve uma leve diminuição nas farinhas quando a temperatura variou de 60°C para 80°C. De acordo com Brasil (2005), o valor máximo para acidez em farinha é de 3%, valor muito inferior ao encontrado nesse estudo.

Com relação ao ratio os valores médios das amostras foram de 0,37; 0,36 e 0,35 para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente. Não houve diferença significativa entre as diferentes condições de temperatura, sendo observada uma diminuição do valor deste parâmetro com o aumento da temperatura. Quanto maior o ratio maior é a sensação de doçura de determinado componente (IENSENA *et al.* 2013), valores considerados baixos, porém coerentes com as características desejáveis em farinhas que têm uma reduzida sensação de doçura.

Comparando os resultados dos parâmetros físico-químicos do resíduo e das farinhas de umbu-cajá obtidos, houve uma concentração (aumento) nos valores de teor de cinzas, pH, acidez total titulável, devido à perda de água durante o processo de secagem. Quanto aos parâmetros teor umidade, sólidos solúveis totais e ratio houve uma redução nos valores a partir do efeito das altas temperaturas sob estes constituintes. Portanto, o processamento de alimentos pode alterar significativamente sua composição com relação aos parâmetros físico-químicos, contribuindo para o aumentando da sua vida de prateleira.

### 5.3 Caracterização Física do Resíduo e da Farinha do Resíduo de Umbu-cajá

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios com respectivos desvios padrão dos parâmetros físicos do resíduo de umbu-cajá.

**Tabela 5.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos do resíduo de umbu-cajá.

Parâmetros	Resíduo de umbu-cajá
Atividade de água	0,990 ± 0,005
Luminosidade (L*)	34,566 ± 0,680
Intensidade de vermelho/verde (±a*)	-2,566 ± 1,656
Intensidade de amarelo/azul (±b*)	19,500 ± 3,517
Croma (C*)	19,625 ± 3,795
Ângulo de tom (h*)	7,079 ± 3,462

A atividade de água é um parâmetro importante para a conservação de um alimento, uma vez que este valor tem efeito direto sobre as reações químicas, enzimáticas e microbiológicas, uma vez que influenciam a cor, textura, aroma, sabor, estabilidade e aceitação dos alimentos (CECCHI, 2003). A atividade de água pode alterar o crescimento dos microrganismos, em razão da influência da pressão osmótica sobre as trocas através das membranas celulares. Cada microrganismo possui um limite mínimo de atividade de água para realizar suas atividades metabólicas, que varia de 0,90 a 0,99 para bactérias, 0,89 a 0,94 para leveduras e 0,60 a 0,85 para fungos (SPOTO, 2006). O valor médio de atividade de água do resíduo de umbu-cajá foi de 0,990. Resultado semelhante foi encontrado por Araújo (2007) para albedo fresco no qual encontrou atividade de água de 0,940.

De acordo Chitarra e Chitarra (2005), as frutas devido aos pigmentos predominantes e sua distribuição, apresentam uma cor de fundo, que corresponde fundamentalmente às clorofilas e carotenoides, nos tons verde, amarelo e alaranjado. O teor de carotenoides dos frutos aumenta durante a maturação e amadurecimento, sendo que a intensificação da cor é definida pela degradação da clorofila (Silva et al.,2012). O valor médio da luminosidade (L\*) do resíduo de umbu-cajá foi de 34,56. A intensidade de vermelho/verde (±a\*) apresentou valores médios de -2,56 e a intensidade de amarelo/azul (±b\*) apresentou valores médios de +19,50; verifica-se que a partir dos parâmetros a\* e b\*, os valores expresso pelo parâmetro b\* (intensidade de amarelo), é o

de maior intensidade na coloração do resíduo de umbu-cajá. De acordo com Wills e Widjanarko (1995), a mudança da cor verde para amarelo deve-se à degradação da clorofila e a síntese e revelação de carotenoides e/ou flavonoides amarelos. O valor médio de croma (C\*) foi de 19,62 e o ângulo de tom (h\*) 7,09 para o resíduo de umbu-cajá obtido.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios com respectivos desvios padrão dos parâmetros físicos das farinhas do resíduo de umbu-cajá.

**Tabela 6.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos das farinhas do resíduo de umbu-cajá.

Parâmetros	Farinha 60°C/3d	Farinha 70°C/2d	Farinha 80°C/2d
Atividade de água	0,405± 0,004a	0,325± 0,010b	0,132± 0,008b
Luminosidade (L*)	29,100± 0,700a	24,933± 0,351b	20,766± 0,971c
Intensidade de vermelho/verde (±a*)	+17,200± 2,951b	+19,600± 0,755ab	+25,166± 2,858a
Intensidade de amarelo/azul (±b*)	+9,700± 3,551a	+0,400± 0,173b	-7,566± 1,550c
Croma (C*)	19,807± 4,206b	19,604± 0,755b	26,305± 2,915a
Ângulo de tom (h*)	61,260± 5,498c	89,031± 0,722a	73,261± 3,153b
Solubilidade (g/min)	0,888± 0,045a	0,606± 0,041b	0,453± 0,001c
Molhabilidade (g/min)	0,132± 0,008a	0,101± 0,006b	0,079± 0,003c
Densidade aparente (g/ml)	0,636± 0,004c	0,647± 0,004b	0,678± 0,002a
Densidade compactada (g/ml)	0,731± 0,005c	0,746± 0,002b	0,777± 0,005a

As médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Uma das consequências do processo de secagem é a redução da atividade de água. A redução do valor deste parâmetro consequentemente impede o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes, reações enzimáticas e químicas as quais alteram as suas características dos alimentos (FELLOW, 2006). Os valores médios de atividade de água das farinhas do resíduo de umbu-cajá foram de 0,310; 0,325 e 0,405 para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente. Verifica-se observando a Tabela 7 que com o aumento da temperatura de secagem ocasionou a diminuição dos valores médios da atividade de água, indicando que houve uma perda de água maior durante a secagem em maior temperatura. Comportamento semelhante foi encontrado por Sousa *et al.* (2014), no qual avaliaram a atividade de água de farinhas submetidas a secagem a 60°C e encontraram valores de atividade de água 0,41 (farinha de acerola), 0,35 (farinha de graviola) e 0,51 (farinha de tangerina). De acordo com Chisté *et al.* (2006), a atividade de água 0,60 é considerada um limite máximo para não permitir o desenvolvimento de microrganismos, assim as farinhas obtidas no presente trabalho se encontram na faixa do permitido para o

crescimento de microrganismos em farinhas. A Figura 5 mostra o equipamento Aqualab, Decagon com a amostra do resíduo utilizado para realização da análise de atividade de água.

**Figura 5.** Análise de atividade de água para farinha do resíduo de umbu-cajá.



As mudanças na cor têm grande influência na determinação da procedência de secagem para cada fruta. Os pigmentos da antocianina presentes nas frutas são geralmente alterados durante e após a secagem. Esses pigmentos, caso as frutas não sejam tratadas por meio de sulfuração ou sulfitação, geralmente tornam-se castanhos devido à oxidação durante a secagem. O escurecimento enzimático pela ação da peroxidase e outras enzimas oxidativas ocorre na fruta durante a secagem, principalmente nas superfícies cortadas onde ocorre com maiores velocidades (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013). Com relação a luminosidade ( $L^*$ ), as farinhas obtidas apresentaram valores médios de 29,10; 24,93 e 20,76 para as temperaturas de secagem de 60, 70 e 80°C respectivamente. Observa-se que com o aumento da temperatura de secagem o parâmetro de luminosidade apresentou um declínio em suas médias, ou seja, a temperatura interferiu diretamente nesse parâmetro de cor.

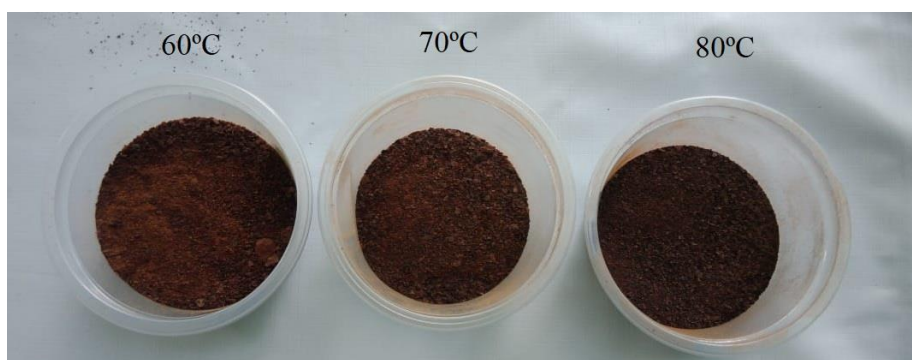
A Figura 6 mostra o colorímetro manual utilizado para realização da análise de cor para a amostra do resíduo de umbu-cajá.

**Figura 6.** Análise de cor para farinha do resíduo de umbu-cajá.



A intensidade de vermelho/verde ( $\pm a^*$ ) nas amostras apresentou valores médios de +17,20; +19,60 e +25,16 para as temperaturas de 60, 70 e 80° respectivamente, onde os maiores valores foram para a temperatura de 80°C, ou seja, o aumento da temperatura se secagem contribuiu no aumento da intensidade vermelho. A intensidade de amarelo/azul ( $\pm b^*$ ) nas amostras apresentou valores médios de +9,70; +0,40 e -7,56 para as temperaturas de 60, 70 e 80° respectivamente. As médias apresentaram diferença estatística significativa, onde o maior valor foi para a farinha obtida a temperatura de 60°C, ou seja, foi a que se mostrou mais amarelo (coloração padrão do umbu-cajá maduro). Na Figura 7 observa-se as farinhas obtidas nas diferentes temperaturas, onde pode-se observar visualmente a coloração de cada amostra.

**Figura 7:** Farinhas do resíduo de umbu-cajá obtidas nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.



Os valores médios de croma ( $C^*$ ) foram de 19,8; 19,3 e 26,3 e os ângulos de tom ( $h^*$ ) 61,26; 89,06 e 73,26 para as farinhas obtidas nas temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, onde para o croma os resultados dos pós obtidos em 60 e 70°C não apresentaram diferença estatística significativa entre eles, mas diferiram do pó obtido na temperatura de 80°C. Para o ângulo de tom das farinhas obtidas, as médias apresentaram diferença estatística significativa entre si. O parâmetro croma ( $C^*$ ) indica a variação do grau de intensidade de  $a^*$  e  $b^*$ , ao contrário do ângulo de tom ( $h^*$ ) que indica a diferença de tonalidade, onde um valor de  $h^*$  igual a 0° representa o vermelho puro e um valor de 180° o verde puro (OLIVEIRA, 2016).

De acordo com Vissotto *et al.* (2006) a solubilidade é um dos parâmetros utilizados para verificar a capacidade do pó para manter-se em mistura homogênea com a água, ou seja, a estabilidade da mistura constituída pela dissolução das partículas através do líquido. No presente trabalho os valores médios de solubilidade foram de 0,888; 0,606 e 0,453 g/min respectivamente para as farinhas de 60, 70 e 80°C, valores que apresentaram diferença estatística significativa entre si. Salek *et al.* (2010) encontraram valores médios de solubilidade para farinhas de casca de manga, obtidos por meio da secagem em estufa à 50 e 60°C, acima de 0,80 g/min respectivamente, indicando uma boa solubilidade em água.

A taxa de molhabilidade é descrita como a capacidade que um pó apresenta para a adsorção de água. Pode ser descrita ainda, como o tempo necessário que partículas de um sólido, em quantidade determinada, gastam para serem completamente molhadas por um líquido (MATTOS, 2012). O molhamento ocorre em virtude das interações moleculares entre as fases sólido-líquida, que atuam como forças. As moléculas do líquido vencem a atração que existe entre as outras de seu meio e deslocam as moléculas de gás adsorvidas na superfície do material sólido, substituindo-as (LAZGHAB *et al.*, 2005). Para alimentos de textura em pó a molhabilidade atua como um parâmetro de qualidade, em que etapas de processamento (aglomeração, granulação, revestimento) e suas características finais são influenciadas por essa taxa (FORNY *et al.*, 2011). Os valores médios de molhabilidade para as farinhas do resíduo de umbu-cajá foram de 0,132; 0,101 e 0,079 g/min para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, valores que apresentaram diferença estatística significativa entre si. Observa-se que a farinha de 60°C é mais susceptível a dispersar-se e não formar grumos durante a adição de água em relação as farinhas de 70 e 80°C. Partículas grandes e de forma irregular apresentam espaço



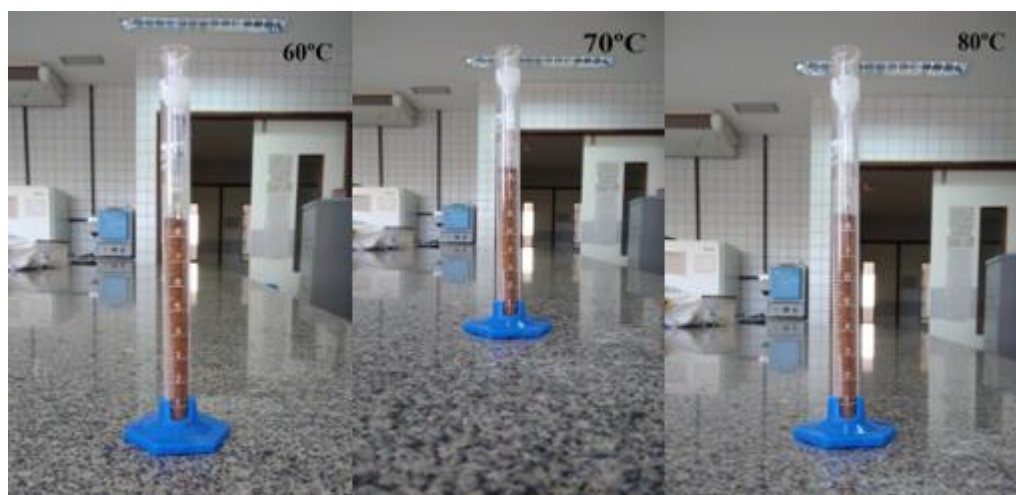
intersticial que favorecem à molhabilidade, enquanto que partículas pequenas acarretam numa redução dos interstícios, dificultando a penetração de água (VISSOTTO *et al.*, 2006), este pode ser um dos motivos para a farinha de 60°C ter apresentado maior molhabilidade.

Peleg (1983) definiu densidade aparente como a relação entre a massa e o volume do material particulado, no entanto, como esses materiais podem ser compressíveis, a densidade aparente pode ser apresentada como um especificador adicional a ser expressa como densidade aparente livre (pó acomodado livremente), densidade aparente acomodada (depois da vibração) ou densidade aparente compactada (depois da compressão). Os valores médios de densidades aparente para as farinhas do resíduo de umbu-cajá apresentaram diferença estatística significativa entre si e foram de 0,636; 0,647 e 0,678 g/ml para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, sendo observada uma tendência de aumento deste parâmetro em relação ao aumento da temperatura de secagem.

Martins (2006) afirma que o parâmetro físico densidade real (densidade absoluta dos materiais do qual o sólido é formado) é obtida quando o volume verificado desconsidera os poros abertos e fechados, assim como, demais espaços vazios. Os valores médios de densidade compactada para as farinhas do resíduo de umbu-cajá apresentaram diferença estatística significativa entre si e foram de 0,731; 0,746 e 0,777 g/ml para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, onde o comportamento foi de aumento deste parâmetro em relação ao aumento da temperatura de secagem.

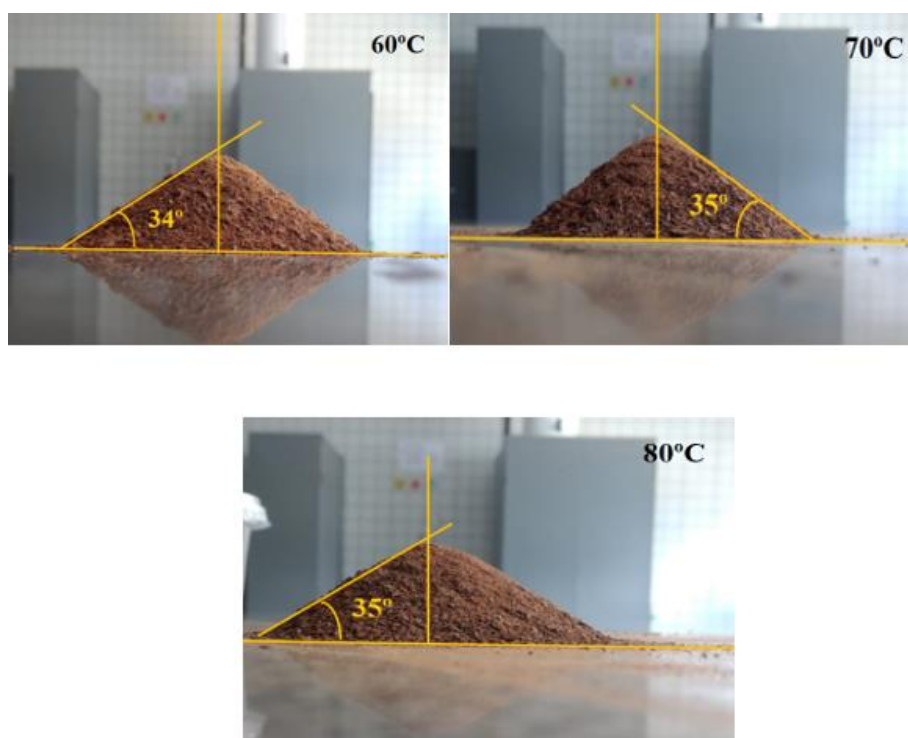
As propriedades físicas de materiais particulados afetam seu comportamento durante a estocagem ou armazenamento, a manipulação e o processamento. A densidade compactada é de grande importância para indústrias que utilizam esses materiais como as farinhas como matéria-prima ou mesmo como produto final na indústria de alimentos (FITZPATRICK et al., 2004). A Figura 8 mostra as provetas utilizadas para realização da análise de densidade compactada para a farinha do resíduo de umbu-cajá.

**Figura 8.** Análise de densidade compactada para farinha do resíduo de umbu-cajá.



Medeiros *et al.* (2007) dizem que o ângulo de repouso é o ângulo de talude formado com a horizontal e no qual o material permanecerá empilhado. Assume-se que quanto menor é o ângulo de repouso, maior é a fluidez do pó, ainda podendo-se afirmar que a fluidez de um material e o ângulo de repouso estão correlacionados (USP, 2006). Assim o ângulo de repouso para as farinhas do resíduo de umbu-cajá desidratado as temperaturas de 60, 70 e 80°C caracterizaram-se como sendo de fluxo bom (34~35°), segundo USP (2006). Na Figuras 9 estão apresentados os ângulos de repouso das farinhas do resíduo de umbu-cajá (60°C, 70°C e 80°C).

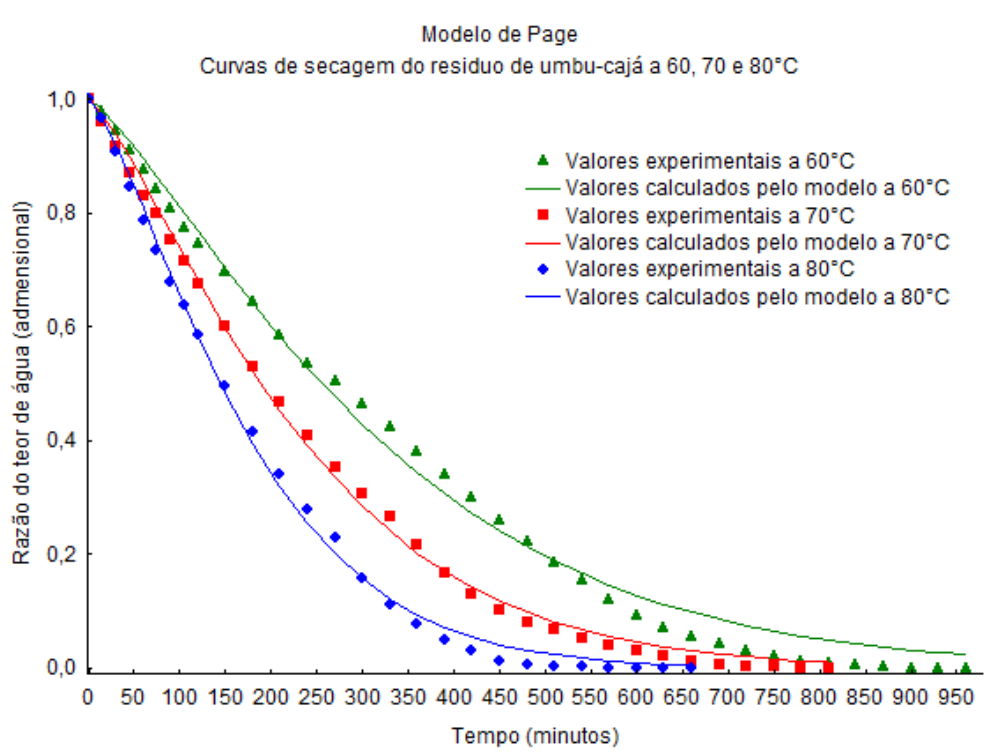
**Figura 9:** Ângulos de repouso das farinhas do resíduo de umbu-cajá obtidas à temperatura de 60, 70 e 80°C.



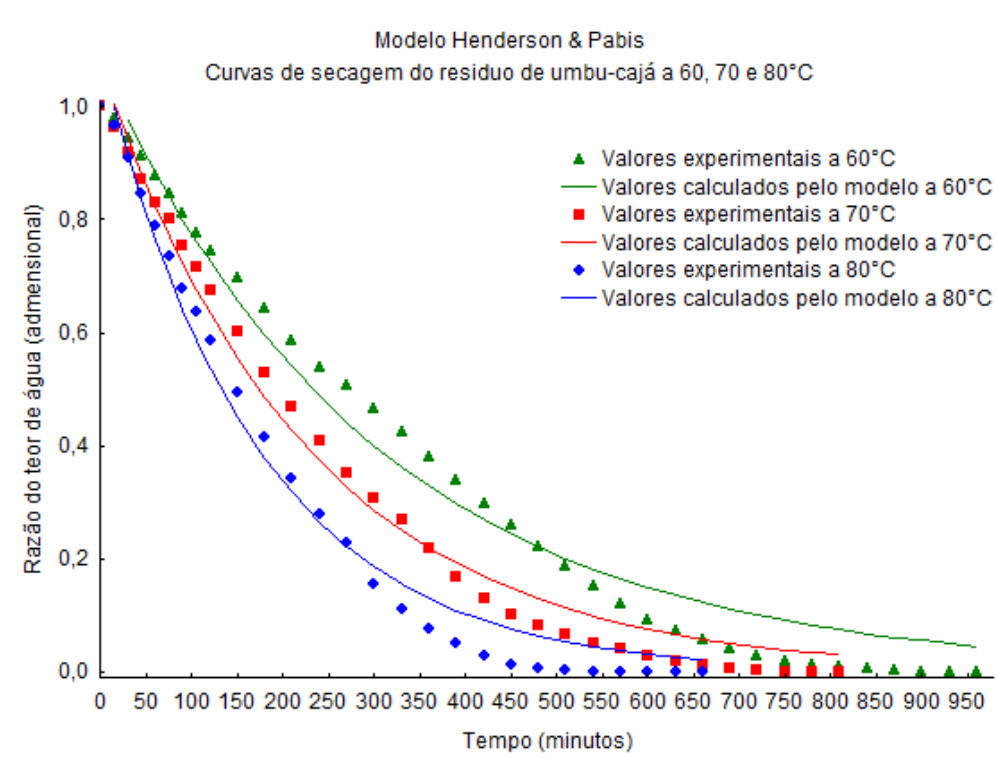
## 5.4 Cinética de Secagem e Modelagem Matemática

As Figuras 10, 11 e 12 apresentam as curvas da cinética de secagem do resíduo de umbu-cajá nas temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, com ajustes dos modelos matemáticos de Page, Henderson & Pabis e Logarítmico.

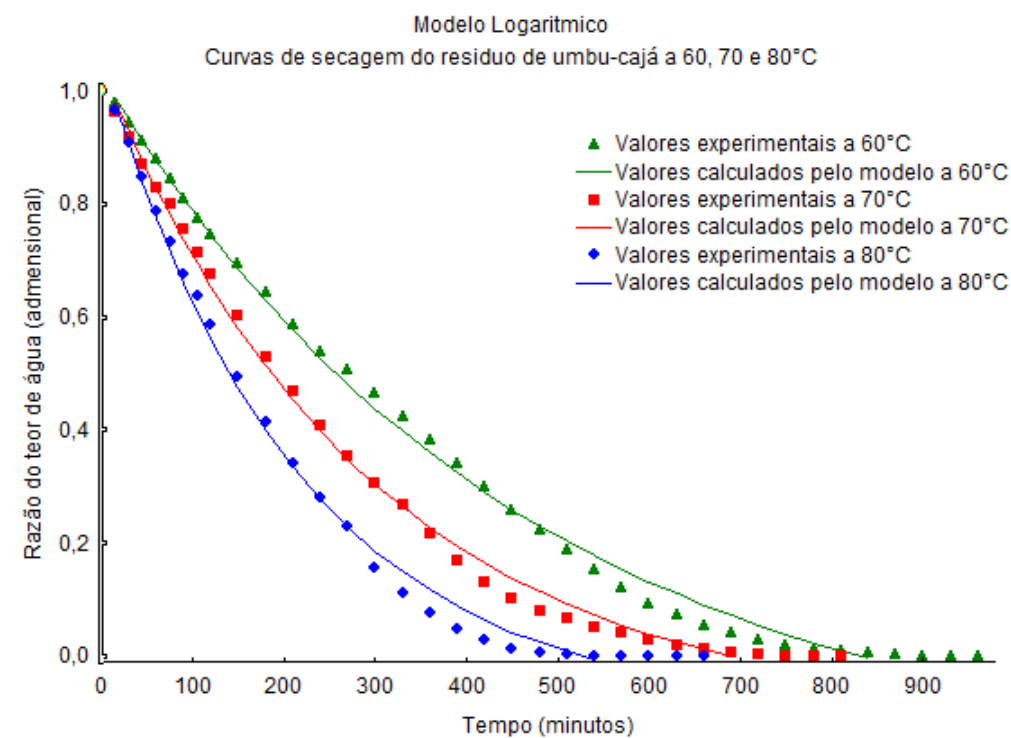
**Figura 10.** Dados experimentais e calculados pelo modelo de Page para a cinética de secagem do resíduo de umbu-cajá nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.



**Figura 11.** Dados experimentais e calculados pelo modelo de Henderson & Pabis para a cinética de secagem do resíduo de umbu-cajá nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.



**Figura 12.** Dados experimentais e calculados pelo modelo Logarítmico para a cinética de secagem do resíduo de umbu-cajá nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.



Analisando as figuras 10, 11 e 12, observa-se que o resíduo de umbu-cajá desidratado a 60°C apresentou menor remoção de água, quando comparadas com os resíduos desidratados a 70 e 80°C, verificando maior perda de água para a temperatura de 80°C. Os resíduos de umbu-cajá a 60, 70 e 80°C apresentaram tempos de cinética de secagem iguais a 960, 810 e 660 minutos respectivamente, verificando-se que com o aumento da temperatura de secagem há uma diminuição do tempo de processamento.

A curva de secagem apresenta três segmentos distintos, os quais explicam o comportamento do alimento durante o processo de secagem. No início da secagem há o período de adaptação da fruta com a temperatura, esse fato é observado em todas as curvas (60, 70 e 80°C) No segundo segmento, a água apresenta maior facilidade para sair da fruta, este é o período mais longo da curva. Devido ao fato de as frutas serem porosas, há facilidade da água interna em sair para a superfície, assim essa fase representa a maior quantidade de perda de água da fruta. Por fim o terceiro segmento há uma resistência, a qual impede a remoção da água do interior da fruta para a superfície, pois há mais líquido na superfície do que a capacidade de evaporação. No último segmento é possível observar que a fruta está cada vez mais seca. No final desta seção é alcançada o teor de água de equilíbrio, cessando o processo de secagem (CELESTINO, 2010).

As diferentes temperaturas têm relação direta no tempo de secagem, este binômio pode alterar algumas características das frutas, como por exemplo, o conteúdo de compostos fenólicos e o potencial antioxidante (CORNEJO, NOGUEIRA & WILBERG 2003). Considerando-se que, buscou-se reduzir a umidade dos frutos até se obter um alimento estável, sob o ponto de vista microbiológico, optou-se pela secagem dos frutos em estufa de circulação de ar forçado, por se tratar de um processo simples e barato, o qual mantivesse os componentes bioativos das frutas analisadas.

A Tabela 7 exhibe os parâmetros estimados dos modelos matemáticos de Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, ajustados às curvas de secagem dos resíduos de umbu-cajá nas temperaturas de 60, 70 e 80°C, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), a magnitude do erro médio relativo (P), os valores de desvios-padrão da estimativa (SE) e os desvios quadráticos médios (DQM).

**Tabela 7.** Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), magnitude do erro médio relativo (P), valores do desvio-padrão da estimativa (SE) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos matemáticos ajustados às curvas de secagem do resíduo de umbu-cajá, para as diferentes temperaturas avaliadas.

Formulação	Parâmetros para o Modelo Page										
	Temperatura (°C)	K	n					R <sup>2</sup> (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
	60°C	0,000587	1,275864	-	-	-	-	0,9930	0,7614	0,0125	0,0008
	70°C	0,000777	1,295936	-	-	-	-	0,9878	0,7327	0,0027	0,0003
	80°C	0,000861	1,345638	-	-	-	-	0,9976	0,9336	0,0027	0,0003
Parâmetros para o Henderson & Pabis											
Temperatura (°C)	a	K						R <sup>2</sup> (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
	60°C	1,075665	0,003298	-	-	-	-	0,9796	0,8845	0,0213	0,0024
	70°C	1,073599	0,004417	-	-	-	-	0,9871	1,0024	0,0066	0,0015
	80°C	1,089230	0,005904	-	-	-	-	0,9849	1,1469	0,0072	0,0019
Parâmetros para o Modelo Logarítmico											
Temperatura (°C)	a	K	c					R <sup>2</sup> (%)	P(%)	SE(%)	DQM(%)
	60°C	1,228013	0,002185	-0,200005	-	-	-	0,9959	0,7417	0,0030	0,0005
	70°C	1,148891	0,003408	-0,110152	-	-	-	0,9963	1,7547	0,0033	0,0004
	80°C	1,154026	0,004682	-0,097840	-	-	-	0,9943	1,0296	0,0040	0,0006

Todos os modelos podem ser utilizados para representar a cinética de secagem do resíduo de umbu-cajá, em razão de terem apresentado coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,9796; a magnitude do erro médio relativo (P) abaixo de 1,7547; os valores de desvio-padrão da estimativa (SE) abaixo de 0,0213 e desvios quadráticos médios (DQM) inferiores a 0,0024. Loureiro (2006) obteve valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 no ajuste das curvas de cinética de secagem do buriti em pó, ao modelo Page, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Foi constatado que os parâmetros **K** e **n** do modelo Page, aumentaram com o aumento da temperatura de secagem, para o modelo Henderson & Pabis os parâmetros **a** e **K** também aumentam com o aumento da temperatura de secagem. Em relação ao modelo Logarítmico, nota-se que o parâmetro **a** diminuiu, enquanto que os parâmetros **K** e **c** aumentam com o aumento da temperatura de secagem.

Dentre os modelos testados, o de Page apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais, com maior coeficientes de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,9976; menor magnitude do erro médio relativo (P) igual a 0,7327; menor desvio-padrão da estimativa (SE) igual a 0,0027 e o menor desvio quadrático médio (DQM) igual a 0,0003; valores esses que indicam um melhor ajuste a variação da razão do teor de água no decorrer do processo. Segundo Freitas (2011) quanto menor o desvio quadrático médio, melhor é a representação do modelo empregado.



## 6. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos neste trabalho com o resíduo e a farinha do resíduo de umbu-cajá, pode-se concluir que:

- A temperatura para obtenção da farinha do resíduo de umbu-cajá influenciou no valor do rendimento das farinhas, sendo o resíduo desidratado à menor temperatura (60°C) que apresentou maior rendimento do produto final;
- Para os parâmetros de teor e atividade de água, as farinhas do resíduo de umbu-cajá apresentaram redução em seus valores conforme o aumento da temperatura de secagem. As farinhas obtidas podem ser classificadas como alimentos microbiologicamente estáveis, tendo em vista que obtiveram atividade de água abaixo de 0,6;
- As farinhas do resíduo de umbu-cajá podem ser classificadas como alimentos ácidos, pois apresentaram valores de pH com variações de 3,02; 3,06 e 3,09 para as temperaturas de 60, 70 e 80°C respectivamente, inferior a 4,5 (valor que delimita o desenvolvimento de microrganismos). Os valores de acidez total titulável das farinhas diminuiu conforme aumentava-se a temperatura de secagem;
- A farinha destratada a 80°C é o mais vermelha, uma vez que apresentou maior valor de a\*, enquanto que a farinha destratada a 60°C é o mais amarela, pois apresentou maior valor de b\*.
- A farinha destratada a 60°C apresentou maior molhabilidade, solubilidade e luminosidade (L\*) enquanto que a farinha destratada a 80°C apresentou menor molhabilidade, solubilidade e luminosidade (L\*);
- Em relação a cinética de secagem o resíduo de umbu-cajá desidratado a 80°C teve maior perda de água, enquanto que o resíduo desidratado a 60°C teve menor perda de água. Os resíduos desidratados nas temperaturas de 60, 70 e 80°C apresentaram tempos de cinética de secagem iguais a 960, 810 e 660 minutos respectivamente, evidenciando-se que com o aumento da temperatura de secagem há uma diminuição do tempo de processamento;
- O modelo matemático Page ajustado aos dados experimentais foi o que descreveu de forma mais satisfatória os dados da cinética de secagem do resíduo de umbu-cajá, apresentando maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ); menor magnitude do erro médio relativo (P); menor desvio-padrão da estimativa (SE) e o menor desvio quadrático médio (DQM);

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, É. C. B. D. **Análise de Alimentos** – Uma Visão Química da Nutrição. São Paulo: Varela Editorae Livraria Ltda, p. 25-30, 2006.

ANDRES, A., BILBAO, C., FITO, P. Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air-microwave dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 1, 71-78, 2004.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Portaria n.º 354, **Norma Técnica referente a farinha de trigo**, 18 de junho de 1996.

ARAÚJO, C. R. R. **Composição química, potencial oxidante e hipolipidêmico da farinha da casca de *Myrciaria couliflora* (jaboticaba)**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. 2011.

ARAÚJO L. M. **Produção de alimentos funcionais formulados com xilitol a partir de cupuaçu (*Theobroma grandifl orum*) e maracujá (*Passifl ora edulis f. fl avicarpa*)**. 2007. 155f. Tese (Doutorado Multiinstitucional em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, 2007.

ARGYROPOULOS, D., HEINDL, A., MULLER, J. Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 2, p. 333-342, 2011.

BASSETO, R. Z.; SAMULAK, R., MISUGI, C.; BARANA, A.; ROSSO, N. **Produção de biscoitos com resíduo do processamento de beterraba (*Beta vulgaris L.*)**. Revista Verde, v.8, n.1, p.139-145, 2013.

BASTOS, M. do S. R.; FEITOSA, T.; OLIVEIRA, M. E. B. de. Análise qualitativa e tecnológica da agroindústria de polpa de fruta na região Nordeste. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 252-257, 1999.

BARBOSA, T. F.; SANTOS, S. L. A.; CORINGA, E. A. O. Propriedades físico-químicas e atividade antioxidante de farinhas de frutas. **In: XV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Alimentação: A árvore que sustenta a vida. FAURGS, Gramado- RS, 24-27 de outubro de 2016.

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

BOLANHO, B. C. **Caracterização de farinhas obtidas de subprodutos de palmito pupunha**. 2014. 86 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução–RDC n.º 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa no 122, de 10 de setembro de 1999. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, p. 72-76. 13 de set. de 1999.

CANO-CHAUCA, M. *et al.*, Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, p. 121-132, 2004.

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

CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. dos S.; LEDO, C. A. S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbucajazeira no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n 1, p .140-147, 2008.

CASARIN, F.; MENDES, C. E.; LOPES, T. J.; MOURA, N. F. **Planejamento experimental do processo de secagem da amora-preta (*Rubus sp.*) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos**, Brazilian Journal of Food Technology, v.19, p.2016025, 2016.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Unicamp: metha, 1999, 212 p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. 2ª edição, Editora Unicamp, São Paulo, 2003.

CELESTINO, S. M. C. **Transferência de Calor e Massa em Leito Deslizante e Escoamentos Concorrentes: Secagem de Sementes de Soja**, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1998.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. EMBRAPA. 1ºed., 51p, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutas e hortaliças**, 2ª edição, Editora UFLA, Lavras-MG, 783p., 2005.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOA JUNIOR, A. G. (2006). Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 26(4), 861-864.

CNI, Confederação Nacional da Indústria, **Estudo sobre o Financiamento do Investimento em infraestrutura no Brasil**, 2016.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. **Secagem como método de conservação de frutas**, Ministério da Agricultura – EMBPRAPA, Documento 54, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Instruções Técnicas da EMBRAPA Semi-árido**. 2004.

FAO - Organização de Alimentos e Agricultura. **Casos de êxito** - Brasil. 2009.

FELLOW, P. J. Tecnologia de processamento de alimentos - Princípios e práticas, Artmed, 2006.

FETTER, M. da R.; VIZOTTO, M.; CORBELINI, D. D.; GONZALEZ, T. N. **Propriedades funcionais de araçá-amarelo, araçá-vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) e araçá-pera (*P. acutangulum* D.C.) cultivados em Pelotas/RS**, Brazilian Journal of Food Technology, III SSA, 2010.

FITZPATRICK, J. J. Effect of powder properties and storage conditions on the flowability of milk powders with different fat contents. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 4, p. 435-444, 2004.

FITZPATRICK, J. J. Food powder flowability. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor e Francis, p.247-260, 2005.

FOOD INGREDIENTES BRASIL. **Alimentos desidratados**. 2013.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. **Powder Technology**, v. 206, n. 1-2, p. 72-78, 2011

FRANZON, R. C.; CAMPOS, L. Z. O.; PROENÇA, C. E. B.; SOUSA-SILVA, J. C. **Araçás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrências, descrição e usos**, EMBRAPA CERRADOS, Documento 266, 47p. ISSN online 2176-5081, 2009.

FREITAS, L. A. **Processo de secagem para produção de tomates secos aromatizados**. Campina Grande: UFCG, 2011, 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

GALVÃO, M. S. Estudo sobre a pós-colheita de umbu (*Spondias tuberosa*) e umbu-cajá (*Spondias* spp.) com ênfase em compostos voláteis. 2002. 160f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2002.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de frutíferas nativas do Brasil. **In:** Simpósio nacional de recursos genéticos de frutíferas nativas, 1, 1992, Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 13-27.1993.

GONDIN, J. A. M.; MOURA, M. de F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. **Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas**; Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 25(4), p.825-827, 2005.

GOULA, A. M; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air II- The effect on powder properties. **Journal of Engineering**, v.66, n.1, p.35-42, 2005.

HANSEN, D. S.; FONSECA, A. A. O.; SILVA, J. A.; CARVALHO, M. O.; CARVALHO, C. A. L. **Caracterização física e físico-química de frutos de seis genótipos de cajazeira (Spondias mombin L.) no Recôncavo Baiano.** In: CONGRESSO BRASI-LEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I: **Temperature effect on drying coefficient.** Journal of Agricultural Engineering Research, v. 6, p.169-174, 1968.

IENSENA, D.; SANTOSA, I. V.; QUASTB, E.; QUASTB, L. B.; RAUPP, D. S. Desenvolvimento de Geleia de Kiwi: Influência da Polpa, Pectina e Brix na Consistência. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde** 2013;15 (ESP):369-75.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4.ed., 1.ed. digital. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo - SP, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **ÁREA TERRITORIAL OFICIAL**, Resolução da Presidência do IBGE de no5 (R.PR-5/02). Rio de Janeiro, 2018.

LAZGHAB, M. et al. Wettability assessment of finely divided solids. **Powder Technology**, v. 157, n. 1-3, p. 79-91, 2005.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (Spondias spp.) em cinco estádios de maturação, da polpa e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura.** Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.

LEÓN, J. Y.; SHAW, P.E. Spondias the red Mombin and related fruits. NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDO-WSKY, W.F. (Ed.). **En Fruits of tropical and sub-tropical origin.** Lake Alfred: FSS, 1990. p.116-126.

LIRA JÚNIOR, J. S. de; MUSSER, R. dos S.; MELO, E.de A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F.dos. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (Spondias spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.757-761, 2005.

LOPES, W. F. Propagação Assexuada de Cajá (Spondias mombim L.) e Cajá-umbu (Spondias spp) através de Estacas. Areia: UFPB/CCA, 1997. 40 p. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

LOUREIRO, M. das N. **Desidratação da polpa de buriti e armazenamento do produto seco.** UFCG: 2006, 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Ciências e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

LOUSADA JÚNIOR, J. E., COSTA, J. M. C., NEIVA, J. N. M. et al. Caracterização Físico-química de Subprodutos Obtidos do Processamento de Frutas Tropicais Visando

seu Aproveitamento na Alimentação Animal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n.1, p.70-76, 2006.

MACEDO, B. A.; MAIA, G. A.; FIGUEREDO, R. W.; ORIÁ, H. F.; GUEDES, Z. B. L.; ARAÚJO FILHO, G. C. Características químicas e físico-químicas de quatro variedades de goiaba adaptadas às condições do Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.39-44, 1995.

MAYER, R. **Caracterização físico-química das sementes de araçá-amarelo e potencial antioxidante do óleo das sementes em óleo de girassol induzido à oxidação**, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – dissertação, UEPG, 2015.

MAPA- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Instrução Normativa 08/2005, **Regulamento Técnico de Identidade de Qualidade da Farinha de Trigo**, 2005.

MARTINS, P. C. **Estudo da influência de uma fase lipídica na aglomeração de pós alimentícios**. Tese de Doutorado. Campinas/SP. 2006.

MARTINSEN, P.; SCHAARE, P. Measuring soluble solids distribution in kiwifruit using near-infrared imaging spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.14, p.271-281, 1998.

MATTOS, A. C. H. **Determinação de molhabilidade de materiais particulados na indústria alimentícia**. Porto Alegre: UFRGS, 2012, 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MEDEIROS, J. **Secagem de polpa de mangaba em camada de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 2007.

MELO, K. S. **Secagem da Polpa do Fruto do Mandacaru**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 2008.

MENEZES, J. D. S. **Produção de goma xantana a partir da bioconversão de resíduos de malte de cervejaria por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* IBSBF 1866**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, SE. 2013. 119f.

MORAES, V. H. F.; MULER, C. H.; SOUZA, A. G. C.; ANTÔNIO, I. C. Native fruit species of economic potential from the Brazilian Amazon. **Angewandte Botanic**, Manaus, v.68, p.47-5, 1994.

MORAES, S. O; RODRIGUES, V. C. **Secagem de Alimentos**, Universidade de São Paulo. 2006.

MINOLTA. Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação. **Japão: Minolta Corporation**, p. 59, 1998.

NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, Barking, v.44, p.255-259, 1992.

NORONHA, M. A. S.; CARDOSO, E. A.; DIAS, N. S. Características físico-químicas de frutos de umbu-cajá (*Spondias* sp.) provenientes dos Pólos Baixo-jaguaribe (CE) e 113 Assumossoró (RN). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 2, p. 91-96, 2000.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**, v.1, Porto Alegre, Artmed, 2005.

OLIVEIRA, R. P. S. **Determinação das propriedades físicas e de transporte de suco da acerola**. 1997. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

OLIVEIRA, S. N. **Liofilização de polpa de maracujá do mato (*Passifora cincinnata* Mast.) para obtenção de produtos alimentícios**. Tese de doutorado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, 258p., 2016.

O'SHEA, N.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 16, p. 1-10, jun. 2012.

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

PATRAS, A., BRUNTON, N. P., O'DONNELL, C., TIWARI, B. K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 3-11, 2010.

PELEG, M. Physical characteristics of food powders. In: Peleg, M.; Bagley, E. B. Physical properties of foods. **Westport (USA): AVI – Publishing – Co. Inc.**, 1983. Cap. 10, p.293-323.

PEREIRA, M. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; ALMEIDA, F. L. C.; FEITOSA, R. M. **Processamento e caracterização físico-química de biscoitos amanteigados elaborados com farinha de jatobá**, *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.10, n.2, p.2137-2149, 2016.

RAWSON, A., PATRAS, A., TIWARI, B. K., NOCI, F., KOUTCHMA, T., BRUNTON, N. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: review of recent advances. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1875-1887, 2011.

RIBEIRO, R. D.; FINZER, J. R. D. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie com aproveitamento de farinha de sabugo de milho e casca de banana. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.7, p. 120- 124, 2010.

RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. dos S.; CARVALHO, P. C. L.; FOLEGATTI, M. I. da S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CERQUEIRA, E. Q.; KISARI, R. G.; SILVA NETO, C. N. da. **Caracterização e avaliação de germoplasma de umbu-cajazeira no Estado da Bahia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001. Goiânia.

SACHS, I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SALEK, P. F.; SILVA, M. G.; MORGANO, M. A.; GERMER, S. P. M.; FERRARI, C. C. **Aproveitamento dos resíduos industriais do processamento de manga: Estudo do processo de secagem e avaliação dos compostos bioativos**. 10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016 02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo.

SANTOS, A. P.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; SILVA, P. M.; SANTOS, L. C. B.; FONSECA, M. D. S. Características químicas de frutos de umbu-cajazeira provenientes da região do recôncavo da Bahia e adjacências: ANO I. **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura e 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Vitória, 2008.

SANTOS, G. M. Caracterização de Frutos de Cajá (*Spondias mombim* L.) e Cajá-umbu (*Spondias* spp.) e Teores de NPK em Folhas e Frutos. Areia: UFPB/CCA, 1996. 68 p. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba.

SCHUBERT, H. Instantization of powdered food products. **International Chemical Engineering**, v. 33(1), p. 28-44, 1993.

SILVA, E. S., OLIVEIRA, J., MACHADO, A. V., COSTA, R. O. Secagem de Grãos e Frutas: Revisão Bibliográfica. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v.5, n.1, p. 19-23, 2015.

SILVA, F. A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance**. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

SILVA, F. V. G.; SILVA, S.M.; SILVA, G.C.; MENDONÇA, R.M.N.; ALVES, R.E.; DANTAS, A.L. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and ungrafted genotypes of yellow mombin tree. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 4, p. 685-691, 2012.

SILVA, L. M. de M. et al. Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 7, n.4, p. 310-318, 2014.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. **Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais**, *Ciências Agrárias*, v.31, n.3, p.669–682, 2010.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K. A.; BORGES, S. **Utilização tecnológica**



**dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcar**, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.21, n.2, p.176-182, 2001.

SILVA, M. S. A. P. R.; JALALI, V. R. R. Influência dos ácidos cítrico, fosfórico e láctico no pH de polpas de goiaba e manga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, **Anais**. Rio de Janeiro: CBCTA, CD. 1998.

SOUSA, B. A. A. Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semi-sólido de resíduos de abacaxi (*Ananas comosus*L.) e goiaba (*Psidium guajava*L.). Natal, 2009. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Química**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

SOUSA, M. M. A.; SENA, D. N.; ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEREDO R. W.; FERNANDES, M. F. L. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos de farinhas de resíduos do processamento de frutas tropicais**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 19-22 de outubro de 2014. Florianópolis-SC.

SOUZA, V. A. B. Perspectivas do Melhoramento de Espécies Nativas do Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Resumo**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2001.

SPOTO, M. H. F. Desidratação de frutas e hortaliças. In: OETTERER, M.; REGITANOD'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006, cap. 12, p.565-604.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

UNITED STATES PHARMACOPEIA: **USP 29**. Rockville: United States Pharmacopoeial Convention, 2006.

VIANA, E. S. **Embrapa realiza curso sobre processamento de frutas**, 2008.

VISSOTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinização e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatados em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.667-671, 2006.

WILLS, R. B. H.; WIDJANARKO, S.B. Changes in physiology, composition and sensory characteristics of Australian papaya during ripening. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 35, p.11273-1176, 1995.