

**Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA**  
**Coordenação de Silvicultura Tropical – CPST**  
**Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais - CFT**

**SECAGEM E EXTRAÇÃO DO ÓLEO DAS SEMENTES DE ANDIROBA**  
**(*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.)**

**ANDREZA PEREIRA MENDONÇA**

**Manaus-Amazonas**  
**Setembro de 2015**

**Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA**  
**Coordenação de Silvicultura Tropical – CPST**  
**Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais - CFT**

**ANDREZA PEREIRA MENDONÇA**

**SECAGEM E EXTRAÇÃO DO ÓLEO DAS SEMENTES DE ANDIROBA**  
**(*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.)**

**Dr. Paulo de Tarso B. Sampaio**  
Orientador

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências de Florestas Tropicais

**Manaus-Amazonas**  
**Setembro de 2015**

**SECAGEM E EXTRAÇÃO DO ÓLEO DAS SEMENTES DE ANDIROBA**  
**(*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.)**

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências de Florestas Tropicais

**APROVADA: 09 Setembro de 2015**

**BANCA EXAMINADORA**

**Dra. Isolde Dorothea Kossmann Ferraz**  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

**Dr. Francisco Gonçalves**  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

**Dra. Patricia Melchionna Albuquerque**  
Universidade do Estado do Amazonas - UEA

**Dr. Antenor Pereira Barbosa**  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

**Dr. Diego Pereira de Souza**  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

M539s Mendonça, Andreza Pereira  
Secagem e extração do óleo das sementes de andiroba (*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.) / Andreza Pereira Mendonça. --- Manaus: [s.n.], 2015.  
Xi, 88p. : il., color.

Tese\_ (Doutorado) --- INPA, Manaus, 2015.  
Orientador: Paulo de Tarso Barbosa Sampaio.  
Área de concentração : Ciências de Florestas Tropicais.

1.Andiroba - secagem. 2. Andiroba – extração de óleo. 3. *Carapa surinamensis*. 4.*Carapa guianensis*. I.Título

CDD 665.35

**Sinopse:**

Estudou-se a cinética de secagem das sementes de duas espécies de andiroba, os procedimentos de extração do óleo pelo método prensa utilizados pelas usinas no Amazonas e Rondônia. Além disso, comparou-se a quantidade e qualidade de óleo extraível das sementes das duas espécies de andiroba com diferentes teores de água e temperatura pelo método prensa.

**Palavras-chave:** sementes oleaginosas; cinética de secagem; qualidade do óleo vegetal; extração por prensa

Minha vó querida: Cacilda Silva  
(*in memoriam*)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio do edital nº 058-2010 para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas do Instituto Federal de Rondônia que facilitaram o cumprimento das disciplinas e a realização da tese por meio da adequação de horários.

Ao orientador Dr. Paulo de Tarso pela confiança no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Dr. Francisco de Assis da Universidade Federal de Campina Grande pelo apoio no desenvolvimento do experimento de secagem.

À Dra. Isolde Ferraz por todos os ensinamentos científicos adquiridos ao longo dos últimos anos.

À Ana Clycia por todo o apoio, atenção e auxílio no atendimento a burocracia do Programa.

À República Cearense por meio das representantes do Juazeiro Marcia Luzia e Francinalva por toda ajuda nos dias de secagem, na análise dos dados e por todo carinho e atenção.

Aos cooperados das usinas visitadas, pela ajuda ao apresentar todo o processo de extração do óleo de andiroba por prensa.

Gostaria de forma especial agradecer a minha “Família Busca” por todo o apoio, paciência, confiança e por sempre torcerem e impulsionarem minhas escolhas e conquistas. A amiga Elessandra Araújo pelo companheirismo e toda ajuda ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

As amigas Elisabete Nascimento, Kátia Patrícia, Raissa Ferreira e as pequenas Karol, Eloísa e Júlia, assim como o bendito ao fruto, João Paulo, por estarem presentes em todos os momentos, garantindo boas risadas e leveza.

Aos amigos Jhonatas Cortes, Fabiany Ferraz, Angélica Oliveira, famosa Sauro, Geisna Gomes, Ana Lúcia, Deilton Nogueira, Francilene Tartaglia e ao grande amigo Itamar Machado pela confiança, dedicação e apoio.

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi descrever a cinética de secagem das sementes das duas espécies de andiroba e os procedimentos de extração do óleo pelo método prensa nos estados do Amazonas e Rondônia e ainda comparar a quantidade e qualidade de óleo extraível sob diferentes condições de manejo das sementes. Foram utilizadas sementes das duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) coletadas em plantios em Rondônia. A cinética de secagem das duas espécies foi realizada pelos métodos em estufa de ventilação forçada e secador solar usando sementes inteiras com cascas. Os procedimentos de extração do óleo de andiroba foram levantados a partir da aplicação de um questionário as cooperativas nos estados do Amazonas e Rondônia. A comparação da quantidade e qualidade do óleo extraível para as duas espécies foi realizada a partir da extração usando amêndoas secas em estufa sob diferentes temperaturas (40, 60 e 80°C) e umidades (6, 8 e 10%) e prensadas. A qualidade do óleo foi determinada por meio das análises de acidez, peróxido, iodo e saponificação. As sementes da *C. surinamensis* secaram em menor tempo e alcançaram teor de água de equilíbrio menor do que a *C. guianensis* nos dois métodos de secagem. Os modelos matemáticos que melhor se ajustaram foram o Midilli e o Logaritmico. Os procedimentos de manejo e secagem das sementes de andiroba variaram entre as cooperativas entrevistadas, o que refletiu na quantidade e qualidade do óleo extraível. Os óleos obtidos nas usinas do Amazonas e Rondônia tiveram acidez variando de 36,19 a 98,58 mg KOH g<sup>-1</sup> e índice de peróxido de 0,76 a 1,86 meq kg<sup>-1</sup> de óleo. A *C. surinamensis* liberou maior quantidade de óleo em relação a *C. guianensis* nas diferentes temperaturas e teores de umidade testados, contudo tiveram índice de acidez (3,37 a 12,52 mg KOH g<sup>-1</sup>) maior em relação a *C. guianensis* (2,14 a 4,74 mg KOH g<sup>-1</sup>). A maior quantidade de óleo extraível das duas espécies de andiroba foi obtida com a secagem das amêndoas a 40°C a 10% de umidade comparado aos demais tratamentos e usinas avaliadas no Amazonas e Rondônia.

## ABSTRACT

The objective of this study was to describe the drying kinetics of the seeds of two species of andiroba and oil extraction procedures by the press method in the states of Amazonas and Rondônia and even compare the quality and quantity of extractable oil under different management conditions seeds. Seeds were used of the two species of andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) collected in plantations in Rondônia. The drying kinetics of the two species was carried out by the methods of forced ventilation oven and solar dryer using whole seeds with shells. The andiroba oil extraction procedures were raised from the application of a questionnaire cooperatives in the states of Amazonas and Rondônia. A comparison of the quantity and quality of extracting oil for both species was carried out by extracting using dried almonds in an oven at different temperatures (40, 60 and 80°C) and humidity (6, 8 and 10%) and pressed. Oil quality was determined by analysis of acidity, peroxide, iodine and saponification. The seeds of *C. surinamensis* dried in less time and reached equilibrium water content of less than *C. guianensis* on both drying methods. The mathematical models that best fit were the Midilli and logarithmic. Management procedures and drying of andiroba seeds varied among the surveyed cooperatives, which reflected in the quantity and quality of extracting oil. The plants of Amazonas and Rondônia had acidity ranging from 36,19 to 98,58 mg KOH g<sup>-1</sup> and peroxide value from 0,76 to 1,86 meq kg<sup>-1</sup> of oil. *C. surinamensis* released more oil to *C. guianensis* at different temperatures and moisture levels tested, but had acid value (3,37 to 12,52 mg KOH g<sup>-1</sup>) largest to *C. guianensis* (2,14 to 4,74 mg KOH g<sup>-1</sup>). The largest amount of extractable oil from two kinds of andiroba was obtained with the drying of the beans at 40°C to 10% moisture content compared to other treatments and plants evaluated in Amazonas and Rondônia.



## Sumário

Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xi
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1 Secagem das sementes .....	3
2.2 Métodos de secagem de sementes .....	3
2.3 Modelagem matemática de secagem .....	7
2.4 Métodos de extração do óleo de andiroba .....	10
2.4.1 Extração artesanal.....	10
2.4.2 Extração por prensa .....	11
2.4.3 Extração por solvente .....	13
2.5 Óleos vegetais.....	15
2.6 Qualidade dos óleos vegetais .....	16
3. Objetivos .....	20
3.1 Geral.....	20
3.2 Específicos.....	20
4. Material e Métodos .....	21
4.1 Secagem das duas sementes de andiroba .....	21
4.1.1 Teor de água.....	21
4.1.2 Cinética de secagem.....	22
4.1.2.1 Secagem em estufa .....	22
4.1.2.2 Secagem em secador solar .....	22
4.1.3 Modelos matemáticos .....	24

4.2 Levantamento dos procedimentos de extração do óleo de andiroba por meio de prensa pelas usinas nos estados do Amazonas e Rondônia.....	25
4.2.1 Qualidade dos óleos de andiroba extraídos nas usinas do Amazonas e Rondônia .....	26
4.3 Quantidade e qualidade do óleo extraível por meio de prensa das duas sementes de andiroba .....	27
4.3.1 Coleta e tratamento das sementes antes da extração do óleo de andiroba .....	27
4.3.2 Extração por prensa .....	27
4.3.3 Qualidade dos óleos de andiroba extraídos por prensa.....	28
4.3.4 Análise estatística.....	30
5. Resultados e Discussão.....	32
5.1 Secagem das sementes de duas espécies de andiroba .....	32
4.1.1 secagem em estufa de ventilação forçada.....	32
5.1.2 secagem em secador solar .....	39
5.2 Levantamento dos procedimentos de extração do óleo de andiroba por meio de prensa pelas usinas nos estados do Amazonas e Rondônia.....	44
5.3 Quantidade e qualidade do óleo extraível por meio de prensa das duas sementes de andiroba .....	57
6. Conclusão .....	67
7. Referências Bibliográficas .....	69

## Lista de Figuras

- Figura 1 – Localização dos plantios de andiroba nas propriedades rurais no Vale do Paraíso e Ouro Preto d'Oeste, região central de Rondônia.....21
- Figura 2 – Secador solar utilizado para secar sementes de andiroba (*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.).....23
- Figura 3 – Localização das cooperativas que extraem óleo de andiroba por meio de prensa no Amazonas e Rondônia .....26
- Figura 4 – Desenho da prensa hidráulica utilizada no experimento.....28
- Figura 5 – Curvas de secagem das sementes inteiras de duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) secas em estufa de ventilação forçada nas temperaturas de 40, 50 e 60°C.....34
- Figura 6 – Curvas de secagem das sementes inteiras de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) secas em secador de lona.....40
- Figura 7 – Coloração dos óleos de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) submetidos a diferentes temperaturas de secagem antes da extração por prensa .....62

## Lista das Tabelas

Tabela 1 – Modelos matemáticos utilizados para predizer o fenômeno de secagem de sementes inteiras e com casca da andiroba ( <i>C. surinamensis</i> Miq. e <i>C. guianensis</i> Aubl.) .....	24
Tabela 2 – Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvios percentuais médios (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e tendência de distribuição de resíduos para os modelos testados com sementes de duas espécies de andiroba ( <i>C. surinamensis</i> Miq e <i>C. guianensis</i> Aubl.) secas em estufa a 40, 50 e 60°C.....	36
Tabela 3 – Parâmetros dos modelos testados com sementes de duas espécies de andiroba ( <i>C. surinamensis</i> Miq e <i>C. guianensis</i> Aubl.) em estufa de ventilação forçada nas temperaturas de 40, 50 e 60°C .....	38
Tabela 4 – Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvios percentuais médios (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e tendência de distribuição de resíduos para os modelos testados com sementes inteiras de andiroba ( <i>C. surinamensis</i> Miq e <i>C. guianensis</i> Aubl.) em secador solar.....	42
Tabela 5 – Parâmetros dos modelos testados com sementes inteiras de andiroba ( <i>C. surinamensis</i> Miq e <i>C. guianensis</i> Aubl.) em secador solar.....	43
Tabela 6 – Coleta das sementes de andiroba utilizadas pelas usinas no Amazonas e Rondônia.....	45
Tabela 7 – Beneficiamento das sementes de andiroba utilizadas pelas usinas no Amazonas e Rondônia para extração do óleo por prensagem.....	46
Tabela 8 – Secagem das sementes de andiroba antes da extração de óleo por prensa pelas usinas no Amazonas e Rondônia.....	52
Tabela 9 - Extração, quantidade de óleo extraído e preço do óleo de andiroba pelas usinas no Amazonas e Rondônia.....	53
Tabela 10 – Qualidade dos óleos e uso da torta de andiroba extraídos pelas usinas do Amazonas e Rondônia.....	57
Tabela 11 - Análise de variância dos valores médios da quantidade de óleo extraível (ml) de 1kg de amêndoas por prensa de 15 toneladas em função dos fatores de temperatura e umidade para as duas espécies de andiroba ( <i>C. surinamensis</i> e <i>C. guianensis</i> ).....	58
Tabela 12 – Valores médios da quantidade de óleo extraível (ml) a partir de 1 kg de amêndoas de duas espécies de andiroba ( <i>C. surinamensis</i> e <i>C. guianensis</i> ) em prensa	

hidráulica de 15 toneladas em função da interação entre os fatores de temperatura e umidade).....59

Tabela 13 – Qualidade do óleo de andiroba extraível por meio de prensa hidráulica de 15 toneladas em função da temperatura e umidade das amêndoas das duas espécies.....63

Tabela 14 – Quantidade de óleo extraível, índices de acidez e peróxido dos óleos de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) extraídos por prensa hidráulica de 15 toneladas por 4 horas usando 1 kg de sementes com e sem casca secos a 40°C a 6% de umidade das amêndoas das sementes.....64

## **Lista de Anexos**

Anexo 1 - Avaliação dos procedimentos de extração do óleo de andiroba.....86

## 1. Introdução

A produção de óleos vegetais nas comunidades rurais da Amazônia é uma alternativa de conservação e diversificação dos produtos da floresta assim como de renda às famílias. Entre as espécies florestais com potencial de contribuir para o desenvolvimento econômico da região se encontra a andiroba.

O gênero *Carapa*, pertence à família das Meliaceae é uma das três espécies botânicas *Carapa surinamensis* Miq, *Carapa vasquezii* Kenfack e *Carapa guianensis* Aubl, com o mesmo nome vulgar andiroba. O óleo de andiroba é bastante utilizado na indústria de cosmético e fitoterápico podendo ainda ser utilizado para produção de biodiesel (Mendonça e Ferraz, 2007; Kenfack, 2011). A característica físico-química do óleo é o fator limitante para seu uso necessitando, portanto, de procedimentos adequados de secagem e extração do óleo que assegurem sua qualidade.

A secagem de sementes é um dos procedimentos mais importantes da extração do óleo. Neste processo, a temperatura pode afetar as propriedades físico-químicas do óleo (Nogueira, 1992). Dessa forma, a determinação do efeito da temperatura e obtenção de um modelo de secagem que represente satisfatoriamente os dados experimentais é de suma importância para minimizar as alterações promovidas pelo processo, obtendo-se consequentemente produtos de melhor qualidade.

Sabe-se que a quantidade de óleo extraível é afetada por parâmetros mecânicos da prensa e pelo tratamento prévio das sementes (Wiesenborn et al., 2001). É importante salientar que há poucos estudos que descrevem todo o processo de preparo das sementes e prensagens que assegurem maior quantidade e qualidade do óleo extraível da andiroba (Pinto, 1956; IDAM, 2009). Os estudos não descrevem com clareza sobre o pré-tratamento das sementes - secagem, moagem e cozimento – nem tão pouco indicam a pressão ou tempo de extração para que se obtenha óleo de qualidade. Portanto, faz-se necessário estudo sobre secagem e o manejo adequado das sementes das duas espécies de andiroba para extração do óleo por meio de prensa que garanta maior quantidade e qualidade do óleo extraível e menor volume de resíduo.

Diante deste cenário, o objetivo do trabalho foi descrever a cinética de secagem das sementes das duas espécies de andiroba, levantar os procedimentos de extração do óleo por meio de prensa e comparar a quantidade e qualidade de óleo extraível das sementes das duas espécies de andiroba secas sob diferentes temperaturas e teores de umidade.



## **2. Revisão de literatura**

### **2.1 Secagem das sementes**

A secagem é usada como um pré-tratamento da extração do óleo, pois auxilia na redução da umidade e no aumento da temperatura do material a ser prensado, facilitando sua extração. A redução da quantidade de água disponível até níveis seguros possibilita a diminuição da atividade de água, a velocidade das reações químicas na semente e o desenvolvimento de microrganismos. Desta forma, a secagem constitui uma operação fundamental entre as técnicas envolvidas na conservação das qualidades desejáveis de produtos vegetais colhidos com alto teor de água (Yazdani et al., 2006; Almeida et al., 2006; Resende et al., 2011).

O fenômeno de redução do teor de água das sementes envolve simultaneamente processos de transferência de calor e massa que podem alterar de forma substancial sua qualidade, dependendo do método e das condições de secagem (Yilbas et al., 2003). São vários os fatores que influenciam a secagem, velocidade do ar, umidade e tempo de secagem. A falta de controle destes fatores pode comprometer a qualidade do produto final.

A secagem demanda existência de gradientes de pressões parciais de vapor de água entre as sementes e o ar de secagem. De acordo com as propriedades higroscópicas, o fluxo de vapor de água ocorre no sentido da maior para menor pressão parcial de vapor, assim o aquecimento do ar de secagem determina a redução da umidade relativa e, conseqüentemente, o aumento do potencial de retenção de água. A secagem de sementes, mediante convecção forçada do ar aquecido, estabelece dois processos que ocorrem simultaneamente: transferência da água superficial das sementes para o ar e movimento de água do interior para a superfície das sementes, decorrente do gradiente hídrico entre essas duas regiões (Villela, 1991; Moraes, 2000).

### **2.2 Métodos de secagem de sementes**

Os métodos de secagem são classificados quanto ao uso de equipamentos (natural ou artificial), a periodicidade no fornecimento de calor (contínuo ou intermitente) e a movimentação da massa de sementes (estacionário ou contínuo) (Almeida et al., 2006; Garcia et al., 2004; Biagi et al.,

2002). Na secagem, devem ser evitadas fermentações durante o processo, assim como o excesso de temperatura. A secagem de um produto deve ser feita até a obtenção da umidade conveniente e uniforme (Elias et al., 2007).

A **secagem com ventilação natural** é entendida como aquela em que o ar promove a secagem do produto, provém da ação dos ventos e a energia utilizada nesta secagem emana da incidência direta da energia solar. Essa secagem é utilizada em países em desenvolvimento, devido à baixa tecnologia a ser empregada e ao baixo custo de instalação, entretanto tem como desvantagem ser um processo lento, demanda áreas extensas e mão-de-obra, além de gerar baixo rendimento quando comparado a secagem com ventilação artificial (Cavalcanti Mata et al., 2006; Carvalho, 1994; Resende et al., 2009).

Entre os métodos de secagem com ventilação natural encontra-se a *secagem natural* também denominada de secagem na própria planta – consiste em fazer com que a planta-mãe não tenha mais vínculo com as sementes formadas. Este procedimento permite acelerar o processo de secagem, mas depende exclusivamente das condições ambientais (Cavalcanti Mata et al., 2006).

A *secagem em terreiro* consiste em fazer com que as sementes coletadas sejam depositadas em um pátio previamente preparado, denominado terreiro, e a radiação solar seja a energia utilizada para remoção do teor de água. A secagem em terreiros é possível quando da ocorrência da baixa umidade relativa do ar e pouca nebulosidade existente em diversas regiões do Brasil durante o período de colheita. A principal vantagem do método é a economia de energia, porém apresenta o inconveniente de exigir extensas áreas e depender dos fatores climáticos, que sendo desfavoráveis, retardam o processo e favorece a ocorrência de fermentações indesejáveis, contaminação por microrganismos, ataque de insetos e/ou fungos, comprometendo a qualidade do produto (Silva e Berbert, 1999; Cavalcanti Mata et al., 2006; Lacerda Filho et al., 2006; Borém et al., 2008; Resende et al., 2009).

Na secagem em terreiro, a camada deve ser revolvida periodicamente, uma vez que neste processo de secagem as trocas de energia se dão, em sua maioria, na superfície da camada do produto. No geral, a secagem é executada em camadas finas, com espessura em torno de 5 cm (Cavalcanti Mata et al.;

2006). Nesta secagem não só a temperatura do ar, a umidade relativa do ar são importantes, como também a velocidade e a direção dos ventos bem como o material que recobre o terreiro (Cavalcanti Mata, 2006; Andrade et al., 2003; Lacerda Filho et al., 2006). O terreiro pode ser construído de concreto, asfalto, tijolos, chão batido, leito suspenso ou ainda lama asfáltica (Andrade et al., 2003; Lacerda Filho et al., 2006).

*Secagem em barcaça* consiste em expor uma camada do produto a uma espessura de 8 a 10 cm a energia solar direta em tablados de madeira, ou em lajes de cimento, removendo essa massa de tempo em tempo. O tablado, em duas de suas extremidades laterais, contém trilhos onde corre uma cobertura para proteger o produto de uma reabsorção de água, durante o período de chuva ou orvalho (Cavalcanti Mata et al., 2006).

A **secagem artificial** é baseada em fonte de calor que pode ser variável. O que caracteriza um método como artificial é o fato de que o processo é executado com o auxílio de alternativas mecânicas, elétricas e o ar, que atravessa a massa das sementes, é forçado (Cavariani, 1996; Cavalcanti Mata et al., 2006). A vantagem desse método é o controle da temperatura, do fluxo de ar de secagem e do tempo de exposição das sementes ao ar aquecido, fatores fundamentais na eficiência do processo (Cavalcanti Mata et al., 2006).

A secagem em baixas temperaturas é um processo lento, pois utiliza baixas vazões de ar por unidade de massa de grão e temperatura até 10°C acima da temperatura ambiente, enquanto a secagem em altas temperaturas, recomendada para sementes com baixo teor de água, o ar aquecido a uma temperatura superior a 10°C acima da temperatura ambiente (Silva, 2008). Neste processo a taxa de secagem pode ser acelerada com o aumento da temperatura do ar e/ou com o aumento da quantidade de ar utilizado para secar as sementes. Porém, este depende da umidade inicial e da espessura da camada de sementes (Almeida et al., 2006; Garcia et al., 2004). Quanto ao fluxo de sementes no interior do equipamento de secagem, os métodos podem ser classificados em contínuo ou estacionário.

A secagem em *fluxo contínuo* implica manter as sementes em constante movimento no interior do secador. Na secagem contínua, as sementes passam pelo secador apenas uma vez, ficando expostas a um determinado período ao

ar aquecido e outro na câmara de resfriamento. Nessas condições, a massa de sementes atinge temperatura elevadas, ficando expostas aos danos térmicos (Aguirre e Peske, 1992; Villela e Silva, 1992; Carvalho, 1994; Garcia et al., 2004).

A secagem *intermitente* é caracterizada pela permanência das sementes em contato com o ar aquecido por períodos curtos, intercalados com períodos sem exposição ao fluxo de ar aquecido na câmara equalização. O período de equalização permite a redistribuição da umidade no interior das sementes, reduzindo os gradientes hídrico e térmico (Villela e Peske, 1997). Na secagem intermitente, o período de equalização permite aumentar a quantidade de água removida por unidade de tempo em relação à secagem contínua. Isso decorre do fato da velocidade de secagem, após a remoção da água superficial, ser determinada pela velocidade de transporte da água, do interior para a superfície das sementes. De acordo com razão entre o período de exposição das sementes ao ar aquecido e o período de equalização, o processo pode ser classificado em intermitente rápido ou lento (Baud et al., 1999).

No processo intermitente rápido, a relação de intermitência, em geral, é de 1:6 a 1:15, ou seja, para cada período de exposição ao ar aquecido é necessário um período de equalização de 6 a 15 vezes maior. No processo lento, a razão de intermitência pode ser de 1:1 a 1:3, dependendo do modelo do secador (Luz e Peske, 1988; Villela e Peske, 1997).

A secagem *estacionária* consiste em forçar o fluxo de ar através de uma camada de semente, que permanece estática no interior do secador, normalmente um silo com fundo falso perfurado. Esse processo ocorre em camadas, em função da formação da frente de secagem, que correspondem as regiões de intercâmbio de água entre as sementes e o ar. Nesse método de secagem, a pressão estática ou, perda de pressão, refere-se a resistência imposta ao deslocamento do ar forçado ao atravessar a massa de sementes, como consequência de perdas de energia por fricção ou turbulência. Dependendo da arquitetura dos dutos, do fluxo de ar, das características físicas da cobertura protetora das sementes, do volume e arquitetura dos espaços porosos e da uniformidade da massa de sementes. O fluxo de ar deve ser de 4

a 20 m<sup>3</sup>/min/t, a umidade relativa não deve ser inferior a 40% e a temperatura do ar não deve ultrapassar 43°C (Aguirre & Peske, 1992).

É de fundamental importância a simulação e a obtenção de informações teóricas a respeito do comportamento de cada produto durante a remoção da água. A simulação, cujo princípio se fundamenta na secagem de sucessivas camadas delgadas do produto, utiliza-se um modelo matemático que represente satisfatoriamente a perda de água do produto durante o processo de secagem (Berbert et al., 1995; Cavalcanti Mata et al., 2006). A secagem em camada delgada é definida como aquela com a espessura de apenas uma unidade do produto, enquanto camada espessa é considerada uma sucessão de camadas delgadas superpostas (Kashaninejad et al., 2007).

### **2.3 Modelagem matemática de secagem**

Os modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever a cinética de secagem em camada fina. Os modelos são utilizados para estimar o tempo de secagem de diferentes produtos e na geração das curvas de secagem. Os modelos de secagem descrevem o teor de água do produto a cada instante de tempo, após terem sido submetidos a uma temperatura e umidade relativa constantes em todo o período, é medido e correlacionado com parâmetros de secagem (Midilli et al., 2002).

As informações contidas nas curvas de secagem são de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos. Com elas pode-se estimar o tempo de secagem de certa quantidade de sementes e com isso ser feito o planejamento da produção. Com o tempo necessário para a produção é possível estimar os gastos energéticos os quais refletirão no custo de processamento, que por sua vez influenciará no preço final do produto (Villela e Artur, 2008).

Deve-se ressaltar que as curvas de secagem, em camada delgada, variam com a espécie, variedade, condições ambientais, métodos de preparo pós-colheita, entre outros. Neste sentido, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem (Resende et al., 2008). No geral, esses modelos baseiam-se em variáveis externas como umidade e temperatura não fornecendo indicações detalhadas sobre os fenômenos de

transporte de energia e de água no interior dos grãos e consideram que todo o processo de secagem ocorre somente no período de taxa decrescente.

Existem três tipos de modelos de secagem em camada delgada usadas para descrever a cinética de secagem. O modelo teórico que considera apenas a resistência interna a transferência de calor e água entre o produto e o ar quente, os modelos semi-teóricos e os empíricos, que consideram somente a resistência externa a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem (Midilli et al., 2002; Panchariya et al., 2002).

Os modelos semi-teóricos se baseiam na Lei de Newton para resfriamento aplicada a transferência de massa, presumindo-se que as condições sejam isotérmicas e que a resistência à transferência de água se restrinja apenas a superfície do produto. Tais equações oferecem facilidade de uso, sendo válidos somente para faixa de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e teor de água em que eles foram obtidos, não possibilitando indicações sobre fenômenos de transportes de energia e de água no interior das sementes, considera ainda que todo processo de secagem ocorre no período de taxa decrescente (Panchariya et al., 2002; Ozdemir & Devres, 1999; Resende, 2006). Entre os modelos semi-teóricos, pode-se citar: modelo de Dois Termos (Henderson, 1974), Henderson e Padis (1961) e o de Page (1949) (Panchariya et al., 2002).

Os modelos empíricos de secagem apresentam uma relação direta entre o teor de água do produto e o tempo de secagem. Tais modelos não levam em consideração os fundamentos termodinâmicos dos processos de secagem. Os modelos empíricos não fornecem uma perspectiva dos importantes processos que ocorrem durante a secagem. Entretanto, são equações com maior sucesso nas práticas de secagem de sementes, sendo que sua validade está restrita as condições sob as quais os dados experimentais foram obtidos (Keey, 1972;; Cavalcanti Mata et al., 2006). Dentre os modelos, pode-se citar: Thompson, Peart e Foster (1968), Wang e Sing (1978) e Noomhorm e Verma (1986), tradicionalmente usados nos estudos de produtos agrícolas e de alimentos (Martinazzo et al., 2007). Outras equações empíricas foram propostas por diversos autores, pois na maioria dos casos elas representam melhor os dados experimentais, no entanto, essas equações dificilmente podem representar a

diversidade de produtos, de modo que cada equação empírica é utilizada para representar um determinado produto sob determinadas condições de secagem (Cavalcanti Mata et al., 2006).

Dentre os modelos teóricos que são aplicados ao processo de secagem, o modelo de difusão é o mais intensamente estudado. Este modelo é aplicado em processos de secagem de um sólido a taxa decrescente, considerando, como mecanismo principal, a difusão baseada na segunda lei de Fick, que descreve que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água (Park et al., 2002; Oliveira et al., 2006).

A teoria de difusão líquida assume que não há influência da capilaridade e despreza os efeitos da transferência de energia e massa de um corpo para outro, dada a dificuldade de quantificar esses múltiplos efeitos na massa do produto, também considera que os corpos entram em equilíbrio térmico com o ar instantaneamente, o que pode induzir discrepâncias entre os resultados encontrados. A difusão ocorre nos sólidos de estrutura fina nos capilares, poros e nos pequenos orifícios cheios de vapor. Entretanto, a teoria de difusão não considera o encolhimento, o endurecimento da casca e a as isotermas de sorção (Barbosa-Cánovas & Veja-Mercado, 2000; Oliveira et al., 2006; Goneli et al., 2009).

A difusão de sementes durante a secagem é um processo complexo que pode envolver diferentes mecanismos como fluxo hidrodinâmico e as difusões: líquida, capilar, superficial, de vapor e térmica (Brooker et al., 1992). Deve-se salientar que os modelos baseados na segunda Lei de Fick não são rigorosamente representativos dos diversos mecanismos que prevalecem no transporte de água em sementes, o coeficiente de difusão determinado é considerado aparente ou efetivo (Roca et al., 2008). Outro fator que contribui para a complexidade do mecanismo de difusão é a diversidade da composição química e a estrutura física do produto. Logo, as literaturas disponíveis apresentam elevada variação nos seus valores, não só devido à complexidade dos produtos, como também em função dos diferentes métodos de estimação, tipo de material, teor de água, processo de secagem e metodologia (Zogzas et al., 1996; Park et al., 2002).

## 2.4 Métodos de extração do óleo de andiroba

As características de um óleo podem mudar conforme o método empregado, visto que as suas propriedades físico-químicas poderão ser alteradas dependendo das condições ao qual é submetido quando determinada técnica é utilizada (Silva, 2006). Dentre as técnicas usadas na extração do óleo de andiroba, destacam-se os seguintes métodos:

### 2.4.1 Extração artesanal

A extração artesanal do óleo de andiroba é um processo longo e complexo que pode ser dividida em três etapas: *coleta e seleção das sementes* – começa com a coleta das sementes no período de frutificação. As sementes boas são separadas das estragadas, leves, brocadas, furadas, ruídas por mamíferos ou insetos e cor muito escura. *Preparo da massa* – inicia com o cozimento das sementes até o amolecimento da amêndoa. O tempo de cozimento está relacionado ao teor de umidade das sementes, podendo ser até três horas. As sementes após resfriadas são armazenadas em local seco e arejado por um período de até 15 dias, ponto ideal para fazer a massa para extrair o óleo. *Extração do óleo* – último passo da extração do óleo pode ser realizado de várias formas: ao sol, a sombra ou ainda com tipiti (prensa típica da Amazônia feita de palha de forma cilíndrica, confeccionada para suportar extensão, possui uma abertura na parte superior com uma alça e está fechada na parte inferior com duas alças, ao ser estendida, a prensa diminui o seu volume e comprime o seu conteúdo) (Mendonça e Ferraz, 2007).

Nos métodos ao sol ou a sombra, a massa é colocada sobre uma superfície inclinada (pedaço de alumínio ou bacias de alumínio), a fim de recolher o óleo liberado. A massa deve ser amassada com as mãos, no geral, duas vezes ao dia. A massa no início do processo de extração tem cor bege e ao final apresenta coloração marron que esfarela na mão ao ser amassada. O óleo extraído à sombra é considerado de melhor qualidade em relação ao sol. O óleo deve ser acondicionado em garrafa de vidro âmbar (Mendonça e Ferraz, 2007).

A descrição do processo de extração artesanal utilizando semente da *C. guianensis* também foi descrita por Aublet (1977) em duas tribos indígenas da Guiana Francesa; Pesce (1941) no Pará; Grenand et al (1987) na Guiana



Francesa com os índios Wayãpi; Shanley et al (1998) no baixo rio Tocantins; Menezes (2005) no Pará e Tonini e Kaminski (2009) em Roraima. Apenas Mendonça e Ferraz (2007) no Amazonas descrevem o processo de extração utilizando duas espécies de andiroba (*C. guianensis* e *C. procera* identificada como *C. surinamensis* por Kenfack (2011)).

Em escala experimental a *C. surinamensis* mostrou maior rendimento de óleo (cerca de 8 kg de sementes/litro de óleo) do que a *C. guianensis* (cerca de 11 kg/l) (Mendonça e Ferraz, 2007), diferindo do rendimento descrito por Salgado apud Silva (2004) indicou que são necessários 30 kg de sementes para produzir um litro de óleo, Gonçalves (2001) de 27kg l<sup>-1</sup>, Plowden (2004) de 14,4 kg l<sup>-1</sup>; Menezes (2005) de 20 kg l<sup>-1</sup> e similar ao relato de Tonini e Kaminski (2009) de 11 a 22 kg l<sup>-1</sup> de óleo da *C. guianensis*. Os trabalhos não descrevem sobre a qualidade do óleo extraído artesanalmente.

As discrepâncias nos relatos de rendimento de óleo podem ocorrer devido às variações nos procedimentos de extração principalmente no armazenamento antes e após o cozimento das sementes e no volume de sementes processadas (Mendonça e Ferraz, 2007; Menezes, 2005). Evidenciando a influencia do manejo das sementes sobre a quantidade de óleo extraível.

#### **2.4.2 Extração por prensa**

##### ***Extração mecânica***

A extração mecânica é a operação de separação do óleo da massa das amêndoas pela aplicação de forças de compressão, e geralmente usada nas indústrias. A principal finalidade desta operação é a máxima separação de óleo, o que significa mínima matéria graxa no resíduo e perdas mínimas posteriores na purificação (Rittner, 1996).

O líquido extraído é o produto de maior valor, no entanto, em alguns casos, o resíduo sólido da operação é relevante para o uso em alimentação animal ou para a obtenção de proteína, que pode ser utilizada como suplemento nutritivo na alimentação humana. É importante evitar a desnaturação das proteínas e a presença de solventes no resíduo sólido, sendo a prensa hidráulica uma alternativa adequada (Ordóñez et al., 2005).

O processo mecânico é conduzido sem uso de produtos químicos. O subproduto da extração mecânica, torta rica em proteína e isenta de solvente tóxicos, pode ser usada como adubo ou ração animal (Singh & Bargale, 2000).

Na produção de óleos vegetais, dois tipos de prensas são utilizados: prensa hidráulica e prensa de rosca (mecânica). Prensas hidráulicas podem ser encontradas na antiguidade, enquanto prensas de rosca foram inventados no início do século XX por Anderson em 1902 (Savoire; Lanoisellé; Vorobiev, 2013).

As prensas hidráulicas estão sendo substituídas pelas prensas mecânicas, que são mais eficientes na extração do óleo, com funcionamento simples e baixo custo de aquisição e manutenção, recomendado para pequenas cooperativas (Weiss, 1983; Pighnelli, 2007).

As prensas mecânicas, que utilizam o princípio da rosca sem fim, possuem capacidade de processamento entre 40 e 100 kg/h. As prensas de pequena capacidade, como as de 40 kg/h, são as mais viáveis para a realidade das pequenas propriedades rurais, agindo como fixadora de mão-de-obra e geradora de renda. A desvantagem é a ineficiência do sistema, que deixa em torno de 8 a 14% de óleo na torta (Singh & Bargale, 2000).

A eficiência das prensas de pequena capacidade podem ser melhoradas a partir de estudos de otimização das principais variáveis envolvidas no processo tais como: pressão aplicada sobre a massa das amêndoas e prévio preparo da matéria-prima a ser processada como: temperatura de prensagem e teor de umidade das amostras (Singh & Bargale, 2000). Deve-se ressaltar que o rendimento também é afetado em grande parte por parâmetros mecânicos da prensa (eixo e gaiola) e pelo preparo prévio da matéria-prima a ser processada (Wiesenborn et al., 2001; Savoire; Lanoisellé; Vorobiev, 2013).

Singht et al. (2002) relataram a importância de se definir uma faixa ótima para o teor de umidade, já que foi observado que valores muito altos reduzem a fricção da massa das amêndoas, causando um baixo rendimento, já valores muito baixos prejudicam o funcionamento da prensa. Concluíram que uma diminuição no teor de umidade e um aumento na temperatura melhoram o rendimento em óleo.

A prensagem mecânica é indicada para materiais oleaginosos com mais que 25% de teor de óleo (Parente, 2006), materiais com teores de óleo menores é indicado extração química por solvente. O método de extração pode provocar alterações nas propriedades físico-químicas dos óleos (Reda e Carneiro, 2007), alterações essas que podem tornar o óleo impróprio para o consumo humano, de acordo com os padrões de identidade e qualidade dos óleos (Brasil, 2005). Altas temperaturas, longo tempo de exposição a tratamentos térmicos, irradiações e alta concentração de oxigênio, levam a oxidação lipídica e afetam as propriedades físico-químicas dos óleos (Ramesh et al., 1995).

Os óleos brutos obtidos por prensagem ou solvente, apresentam quantidades variáveis de substâncias não glicéridicas. Na maioria dos óleos brutos, há uma quantidade significativa de substâncias de natureza diversas, tais como: ácidos graxos livres, fosfolípidos, tocoferóis, fragmentos de proteínas, pigmentos, esteróis, ceras, vitaminas e materiais resinosos e mucilaginosos (Oetterer et al., 2006). Estas substâncias são denominadas “substâncias acompanhantes” e podem ser classificadas em a) que afetam a cor: carotenoides, clorofila, gossipol; b) que afetam a estabilidade: tocoferóis, substâncias fenólicas; c) que afetam o aroma e o sabor: aldeídos, cetonas, lactonas e derivados por oxidação de ácidos graxos; d) inertes: esteróis, alcoóis graxos e hidrocarbonetos; e) arrastadas mecanicamente: goma e mucilagens, resinas, proteínas e ceras (Oetterer et al., 2006).

Os óleos brutos podem ser refinados por processos físicos ou químicos, a fim de eliminar completamente ou parcialmente substâncias que afetam a cor, estabilidade, aroma e o sabor do óleo (Medina-Juarez et al., 2000).

#### **2.4.3 Extração por solvente**

A extração por solvente é uma operação de transferência de massa utilizada na indústria para retirar o óleo de sementes oleaginosas. Após terem seu tamanho reduzido, as sementes são colocadas em contato com o solvente, de modo que ocorra a transferência do óleo da fase sólida para a fase líquida (Perry & Chilton, 1986; Geankoplis, 2003).

A otimização do processo de extração por solvente depende do teor de água e pré-tratamentos das sementes oleaginosas combinado a escolha do solvente com objetivo de aumentar a quantidade de óleo extraível (Aquino et al., 2009).

A eficiência no uso do solvente no processo de extração de óleos vegetais está em reduzir o conteúdo de óleo da matéria prima utilizada, permanecendo no farelo uma mínima quantidade de óleo, em média 0,5 a 0,6% (Custódio, 2003; Moretto e Fett, 1998).

A redução do tamanho das partículas e laminação está relacionada com a ruptura das células e a consequente exposição ao óleo (Aquino et al., 2009). Na secagem ocorre a ruptura das paredes celulares com a perda de umidade e a consequente liberação do soluto para a ação direta do solvente que deve, primeiramente, entrar nos poros para que o soluto seja dissolvido, antes que ocorra a difusão (Akinoso et al., 2008; O'Brien, 2004). Além disso, a secagem previne a contaminação microbiana das sementes e, consequente, perda da qualidade do extrato (Madhavan et al., 2003).

O teor de umidade das sementes interfere diretamente na quantidade de óleo extraível, visto que o rendimento do extrato do solvente é diferente do extrato solvente-água, pois o solvente extrai determinadas classes de substâncias em diferentes quantidades em relação ao solvente na presença de água, devido alteração no poder de solubilização e polaridade do solvente (Aquino et al., 2009).

O efeito negativo do alto teor de água sobre a quantidade de óleo tem sido confirmado por Silva e Turatti (1991) ao extraírem óleo de soja com etanol; por Tchiégang et al (2003) na extração do óleo das sementes de *Butirospermum parkii* com hexano, Aquino et al (2009) na extração de óleo de pequi usando acetona e por Tango et al (2004) ao identificarem alta correlação negativa (0,993) entre os conteúdos de óleo de diferentes variedades de abacate e umidade das polpas dos frutos por meio da extração usando hexano.

A alteração de polaridade por misturas de solventes tem sido pesquisada com objetivo de separação de compostos de diferente natureza química e utilização (Hojilla-Evagelista e Johnson, 2002). A exemplo, do trabalho realizado por Aquino (2007) que obteve os maiores rendimentos de

óleo de pequi na extração com acetona (61,07%) e hexano (60,17%), principalmente quando associados com álcool etílico, embora o extrato obtido a partir de álcool etílico apresente maior acidez do óleo.

Além do teor de água das amêndoas, a temperatura é outro fator que colabora na quantidade de óleo extraível, Sawada (2012) indicou que a extração do óleo do farelo de soja usando etanol a temperatura superior a 60°C possibilitou extrair mais de 80% do óleo.

## 2.5 Óleos vegetais

Os óleos vegetais são substâncias insolúveis em água, hidrofóbicas, de origem animal ou vegetal, formados predominantemente de ésteres de triacilgliceróis, produtos resultantes da esterificação entre o glicerol e ácidos graxos (Moretto e Fett, 1998; Nelson e Cox, 2011). Os óleos vegetais são líquidos a temperatura ambiente com densidade menor que a da água (Faria et al., 2002). Além dos triacilgliceróis, os óleos contêm vários componentes como: mono e diglicerídeos, ácidos graxos livres, tocoferol, proteínas, esteróis e vitaminas (Faria et al., 2002; Hidalgo et al., 2003; Oeterrer et al., 2006).

Os componentes dos óleos vegetais podem ser reunidos em duas categorias: *glicerídeos* e *não glicerídeos*. Os *glicerídeos* são definidos como produtos da esterificação de uma molécula de glicerol com até três moléculas de ácido graxo. Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos de cadeia longa, livres ou esterificados (Moretto et al., 2002). Os ácidos graxos contêm de 8 a 24 átomos de carbono com diferentes graus de insaturação, conforme a espécie oleaginosa, variações na composição química do óleo vegetal são expressas por variações na relação molar entre os diferentes ácidos graxos presentes na estrutura (Moretto e Fett, 1998).

Os ácidos graxos quando saturados possuem apenas ligações simples entre os carbonos e possuem pouca reatividade química, enquanto os insaturados contêm uma ou mais ligações duplas na sua estrutura, conseqüentemente, são mais reativos e suscetíveis a termoxidação. Deve-se ressaltar que os fatores ambientais e genéticos podem determinar a quantidade de ácidos graxos saturados e insaturados presentes nos óleos vegetais (Knothe, 2005, Moretto e Fett, 1998).

Nos óleos vegetais, os ácidos graxos mais comuns dentre os saturados são: láurico (C12:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0). Dentre os insaturados são: oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3) (Scrimgeour, 2005).

Os ácidos graxos insaturados são compostos alifáticos que apresentam dupla ligação em sua composição. Quando na sua estrutura apresentam somente uma dupla ligação são denominados monoinsaturados, e caso apresente mais de uma dupla ligação são denominados polinsaturados. Quanto à geometria, os ácidos graxos insaturados podem apresentar isomeria espacial cis ou trans. Na estrutura cis os ligantes se encontram no mesmo lado da dupla ligação, enquanto na trans em lados opostos. Os óleos que possuem ligação dupla em configuração cis possuem viscosidade inferior aos que possuem configuração trans (Chow, 2008).

Os compostos *não glicerídeos* são encontrados em pequenas quantidades nos óleos, a exemplo dos fosfatídeos (lecitinas, cefalinas, fosfatidilinositol), esteróis (estigmasterol), ceras (palmitato de cetila), hidrocarbonetos insolúveis (esqualeno), carotenoides, clorofila, tocoferóis (vitamina E), lactonas e metilcetonas. Os óleos brutos podem conter menos de 5% de componentes não glicerídeos e nos óleos refinados menos de 2%. Os não glicerídeos podem alterar as características dos óleos como sabor, odor ou cor (Moretto et al., 2002; Faria et al., 2002; Gunstone, 2005; Mertins et al., 2008).

## **2.6 Qualidade dos óleos vegetais**

Um dos principais fatores que determinam a estabilidade de um óleo vegetal é a sua estrutura molecular (Ramalho e Suarez, 2013; Araújo, 1999). Os ácidos graxos que apresentam poliinsaturações são mais propensos a ataque de agentes oxidantes como radicais livres, enzimas e metais que atuam como catalisadores de processos oxidativos e da foto-oxidação (Moretto e Fett, 1998; Reda e Carneiro, 2007). A velocidade das reações de oxidação para estas moléculas depende do número e da posição das duplas ligações (Knothe, 2005).

O processo de oxidação pode ser definido como adição de oxigênio ou remoção de hidrogênio ou elétrons, tal reação pode ser acelerada pelo calor, luz (fotoxidação), ionização, traços de metais (Cu e Fe), metaloproteínas e enzimas lipoxigenase. A fotoxidação é um mecanismo independente da formação de radicais livres e da pressão de oxigênio e depende da clorofila e a mioglobina. Não apresenta período de indução e na presença de luz e oxigênio, transferem energia para formação de peróxido. A fotoxidação pode mudar a configuração da insaturação de cis para trans dos óleos (Araújo, 1999; Schuchardt et al., 1998).

Compostos orgânicos quando na presença de energia (luz e/ou calor) podem gerar radicais em decorrência da quebra homolítica de ligações químicas. Estes podem reagir com outras moléculas, gerando novos radicais, e com oxigênio atmosférico, gerando peróxidos, hidroperóxidos, que são compostos instáveis capazes de serem quebrados em novos radicais ainda mais reativos (Solomons, 2001).

Os hidroperóxidos são formados em óleos que possuem alto teor de ácidos graxos poliinsaturados, durante o armazenamento, na presença de traços de oxigênio, o que resulta na alteração do sabor do óleo, devido a formação de produtos voláteis, resultado da degradação de hidroperóxidos termolábeis em radicais alcóxil (Brenes et al., 2002; Deiana et al., 2002; O'Brien, 2004).

Os radicais livres são compostos resultantes da quebra de peróxidos e hidroperóxidos, formados durante o processo de oxidação dos óleos e que dão origem a compostos de oxidação secundária como aldeídos e cetonas, responsáveis pelo odor desagradável (Espín et al., 2000).

Os óleos vegetais podem ter sua estrutura modificada por meio da *auto-oxidação* – oxidação que ocorre a temperatura abaixo de 100°C; *polimerização térmica* – oxidação que ocorre a temperaturas entre 200°C e 300°C, na ausência de oxigênio; *oxidação térmica* – oxidação que ocorre na presença de oxigênio a alta temperatura, oxipolimerização; *modificações físicas* – alterações que ocorrem nas propriedades físicas dos óleos; *modificações nutricionais* – modificações nos aspectos fisiológicos e nutricionais dos óleos e modificações químicas que podem ser classificadas em: hidrólise dos triacilgliceróis –

resultado da liberação de ácidos graxos, glicerina, mono e diglicerídeos; oxidação – ocorre nos ácidos graxos com ligações duplas e polimerização – extensa condensação de monômeros de ácidos graxos polinsaturados a altas temperaturas por períodos prolongados (Moretto et al., 2002; Oetterer et al., 2006; Garcia et al., 2007).

A Resolução N<sup>o</sup>. 270 de 2005 da Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa) estipula que os óleos prensados a frio e não refinados devem possuir no máximo 4,0 mg KOH/g de acidez e 15 meq/kg de índice de peróxido.

### **Índice de acidez**

A determinação da acidez pode fornecer um dado na avaliação do estado de conservação do óleo. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres, expresso em termos de índice de acidez, podendo sê-lo também em ml de solução normal por cento ou em g do componente ácido principal, geralmente o ácido oleico. O índice de acidez é definido como o número de mg de hidróxido de potássio necessário para neutralizar um grama da amostra de óleo (Ribeiro e Seravalli, 2004; Adolfo Lutz, 2008).

Um alto teor de ácidos graxos livres em óleos não só causa aumento das perdas da neutralização como também é um indicador de sua baixa qualidade, do manuseio e armazenamento impróprios ou de uma extração em condições inadequadas. O óleo bruto extraído de sementes pode apresentar alto potencial de ácidos graxos livres devido aos danos qualitativos ocorridos no campo ou durante o armazenamento (Angelucci et al., 1987; O'Brien, 2004).

### **Índice de peróxidos**

O índice de peróxido determina todas as substâncias, em termos de miliequivalentes de peróxidos por 1000 g de amostra, que oxidam o iodeto de potássio nas condições do teste. O índice de peróxido é um indicador do grau de oxidação do óleo. A sua presença é um indício de deterioração, o que



resulta na alteração do sabor e odor do óleo (Moretto et al., 2002; Adolfo Lutz, 2008; Reda 2004).

O índice de peróxido é um dos métodos mais utilizados para medir o estado de oxidação de óleos, gorduras. Sendo que a degradação oxidativa e a estabilidade à oxidação do óleo podem ser avaliadas com o aumento do índice de peróxido (Ferrari et al., 2005).

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Geral**

Descrever a cinética de secagem das sementes das duas espécies de andiroba e os procedimentos de extração do óleo pelo método prensa visando aumentar a quantidade e qualidade de óleo extraível por meio do manejo das sementes.

#### **3.2 Específicos**

Descrever a cinética de secagem das sementes das duas espécies de andiroba usando secador solar e estufa de ventilação forçada;

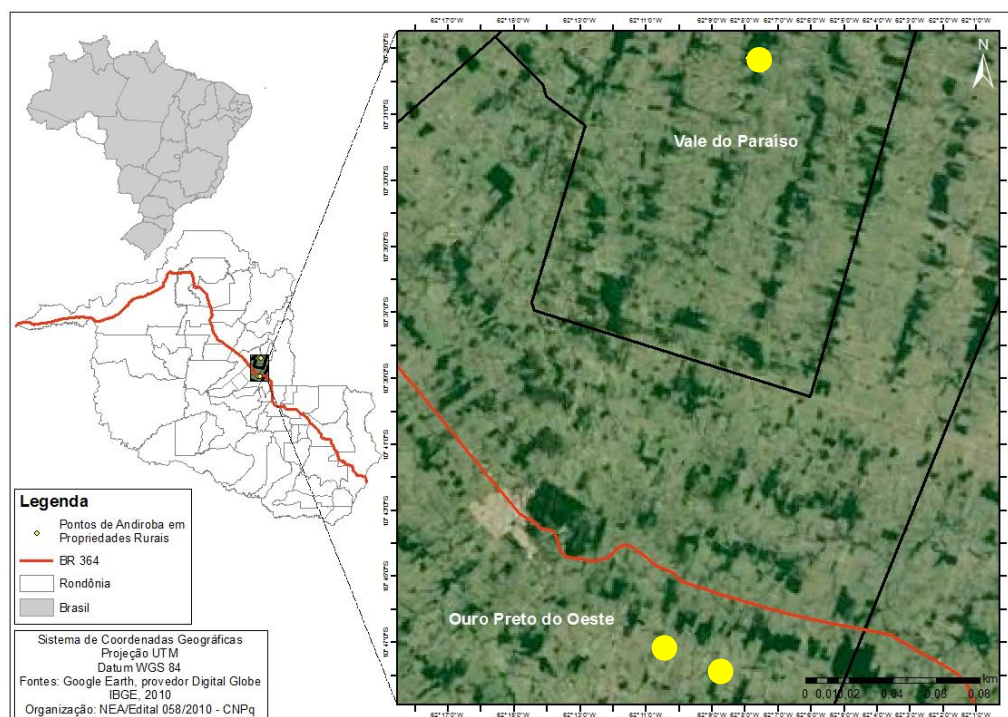
Levantar os procedimentos para extração do óleo de andiroba realizado por meio de prensa pelas cooperativas nos estados do Amazonas e Rondônia;

Comparar a quantidade e qualidade de óleo extraível das duas espécies de andiroba com diferentes teores de água e temperatura das sementes pelo método prensa.

## 4. Material e Métodos

### 4.1 Secagem das duas sementes de andiroba

As sementes de andiroba (*C. surinamensis* Miq e *C. guianensis* Aubl.) foram coletadas em plantios em propriedades particulares na zona rural no Vale do Paraíso e na linha 04 em Ouro Preto d'Oeste, Rondônia (latitude: 10°47'22"S e longitude: 62°10'22" W) (Figura 1) no período de março a maio. Após a coleta das sementes, as mesmas foram beneficiadas e mantidas imersas em água por cerca de 24 horas, a fim de matar por afogamento a *Hypsipyla* bem como homogeneizar o teor de água das sementes.



**Figura 1** – Localização dos plantios de andiroba nas propriedades rurais no Vale do Paraíso e Ouro Preto do Oeste, região central de Rondônia.

#### 4.1.1 Teor de água

O teor de água inicial e final foi determinado pelo método padrão de estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , por 24 horas, utilizando quatro repetições de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A percentagem do teor de água foi calculada em base úmida aplicando-se a Equação 1, sendo o resultado final expresso pela média aritmética das sub-amostras.

$$X_i = \frac{w_i - w_s}{w_i} \quad (1)$$

em que:

$X_i$  – teor de água

$w_i$  – massa umida

$w_s$  – massa seca

#### 4.1.2 Cinética de secagem

A cinética de secagem das duas espécies de andiroba foi realizada pelos métodos de estufa de ventilação forçada e secador solar usando sementes inteiras e com cascas.

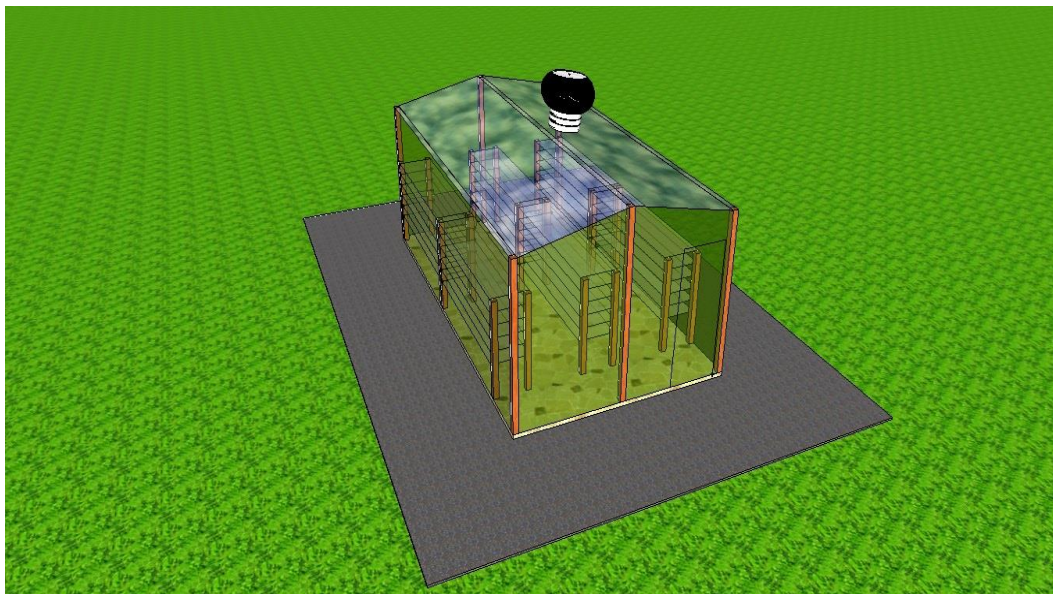
##### 4.1.2.1 Secagem em estufa

A secagem ocorreu em estufa de ventilação forçada nas temperaturas de 40, 50 e 60°C. As sementes foram colocadas em triplicatas em cesta de arame vazado formando uma amostra em monocamada. O acompanhamento da secagem ocorreu em quadruplicata. Foram realizadas pesagens de 0,16, 0,5 e 4 horas para as sementes submetidas à secagem a 60°C, 0,5, 4 e 6 horas para sementes a 50°C e 1, 4 e 12 horas a 40°C. As sementes foram pesadas em balança semi-analítica de 0,01g até se obter peso constante, equivale a determinar o teor de água de equilíbrio para as específicas condições termodinâmicas do ar de secagem.

##### 4.1.2.2 Secagem em secador solar

O secador solar possui as dimensões de 2,5 m de altura por 4 m de largura coberto por lona transparente de 150 mica, formado por 9 prateleiras com fundo vazado de arame galvanizado possibilitando a circulação de ar entre

as sementes. O piso do secador é de concreto. No interior do secador foi instalado um exaustor. O registro da temperatura e umidade no interior do secador foi realizado por meio de um termo-higrômetro digital (Figura 2).



**Figura 2** – Secador solar utilizado para secar sementes de andiroba (*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.).

As sementes foram colocadas em triplicatas em cesta de arame vazado formando uma amostra em monocamada. O acompanhamento da secagem ocorreu por meio de quatro repetições, sendo as pesagens das sementes realizadas diariamente em balança semi-analítica com precisão de 0,01g até se obter peso constante, equivale a determinar o teor de água de equilíbrio para as específicas condições termodinâmicas do ar de secagem.

As curvas de secagem foram obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água no parâmetro adimensional razão de teor de água (RX). A razão de teor de água é essencial para descrever diferentes modelos de secagem em camada delgada. A cada tempo de secagem, um teor de água é correlacionado com o teor de água inicial e o teor de água de equilíbrio, para condições específicas de secagem. Desta forma, em todos os modelos matemáticos testados, os valores de razão de umidade em função do tempo de secagem foram ajustados aos modelos, descrevendo a cinética de secagem.

### 4.1.3 Modelos matemáticos

Os ajustes matemáticos das curvas de cinética de secagem foram realizados por meio dos modelos de Aproximação da difusão, Dois Termos, Page, Logarítmico, Midilli et al (2002), Newton e Thompson (Tabela 1), utilizando o programa computacional Statistic, versão 7.0<sup>®</sup> por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton.

**Tabela 1** – Modelos matemáticos utilizados para predizer o fenômeno de secagem de sementes inteiras e com casca da andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.).

Modelos matemáticos	Equação
Aproximação da difusão	$RX = a \cdot \exp(-kt) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$
Dois Termos	$RX = a \cdot \exp(-kt) + b \cdot \exp(-q \cdot t)$
Logaritimico	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$
Midilli et al (2002)	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$
Newton	$RX = \exp(-k \cdot t)$
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$
Thompson	$RX = \exp((-a(a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0.5} / 2 \cdot b)$

k – constante de secagem; a, b, n - constante do modelo; t – tempo, min.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foi o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a magnitude do erro médio relativo (P) e do desvio-padrão da estimativa (SE). O erro médio relativo e o desvio-padrão da estimativa para cada um dos modelos foram calculados conforme as equações 2 e 3.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{pred})|}{X_{exp}} \quad (2)$$

em que:

- P – desvio percentual médio, %
- $X_{exp}$  -valores obtidos experimentalmente
- $X_{pred}$  – valores preditos pelo modelo
- n – número de dados experimentais

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{exp} - X_{pred})^2}{GLR}} \quad (3)$$

em que:

SE – desvio padrão da estimativa

$X_{exp}$  - valores obtidos experimentalmente

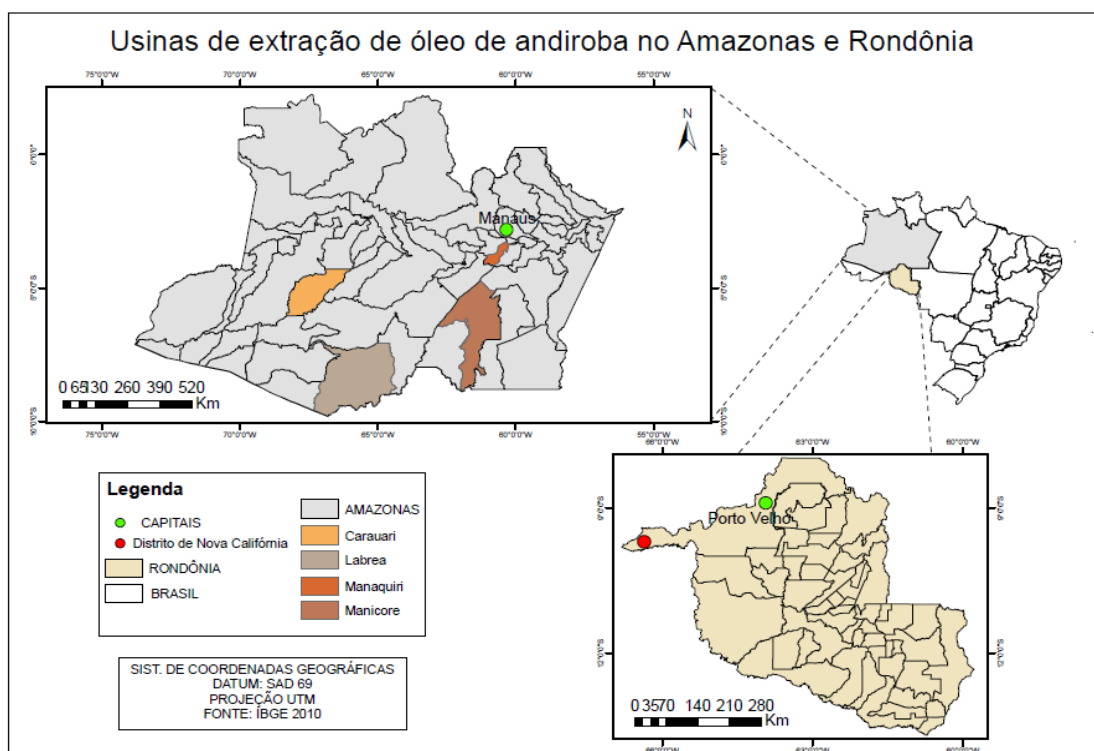
$X_{pred}$  – valores preditos pelo modelo

GLR– graus de liberdade do modelo (número de observações menos o número de parâmetros do modelo)

#### **4.2 Levantamento dos procedimentos de extração do óleo de andiroba por meio de prensa pelas usinas nos estados do Amazonas e Rondônia**

Os procedimentos de extração do óleo de andiroba foram levantados a partir da aplicação do questionário (em anexo) as cooperativas/usinas identificadas nos estados do Amazonas pelo Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas – IDAM e Rondônia pela Secretária Estadual do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. Foram identificadas quatro usinas extratoras do óleo de andiroba nos municípios de Manaquiri, Manicoré, Lábrea e Carauari no Amazonas e uma no distrito de Nova Califórnia em Rondônia (Figura 3).





**Figura 3** – Localização das cooperativas que extraem óleo de andiroba por meio de prensa no Amazonas e Rondônia.

O questionário avaliou a forma de transporte e armazenamento das sementes após a coleta, a seleção das sementes, o procedimento de extração, quantidade extraível, utilização da torta e custos da extração do óleo. O questionário foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Luterano do Brasil de Ji-Paraná, nº 056/2011.

#### **4.2.1 Qualidade dos óleos de andiroba extraídos nas usinas do Amazonas e Rondônia**

A qualidade dos óleos de andiroba prensados pelas usinas no Amazonas e Rondônia foi avaliada por meio das análises dos índices de acidez e peróxido em triplicata de acordo com a metodologia descrita por Adolfo Lutz (2008). Os índices foram comparados com os valores descritos na Resolução 270 de 2005 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). As cooperativas foram identificadas por letra alfabética de A a E.



### 4.3 Quantidade e qualidade do óleo extraível por meio de prensa das duas sementes de andiroba

#### 4.3.1 Coleta e tratamento das sementes antes da extração do óleo de andiroba

As sementes de andiroba foram coletadas em plantios em propriedades particulares na zona rural no Vale do Paraíso e na linha 04 em Ouro Preto d'Oeste, Rondônia (latitude: 10°47'22"S e longitude: 62°10'22" W) no período de março-maio. Após a coleta das sementes, as mesmas foram beneficiadas e mantidas em água por cerca de 24 horas, a fim de matar por afogamento a *Hypsipyla* bem como homogeneizar o teor de água das sementes. Em seguida, as sementes inteiras foram separadas em lotes de 1 kg em redes de nylon. O teor de água inicial das sementes foi determinado pelo método da estufa a temperatura de 105°C por 24 horas de acordo com Brasil (2009).

As sementes foram secas em estufa de ventilação forçada nas temperaturas de 40, 60 e 80°C até alcançarem os teores de água 10, 8 e 6%, antes da extração do óleo. Os tratamentos foram determinados por meio do acompanhamento da perda de massa das sementes durante a secagem.

A massa das amostras, correspondentes a cada um dos graus de umidade desejados, foi previamente determinado por meio da Equação 4 (Almeida et al., 2006).

$$mf = \frac{mi \cdot (100 - U_i)}{(100 - U_f)} \quad (4)$$

Em que:

$mf$  – massa final

$mi$  – massa inicial

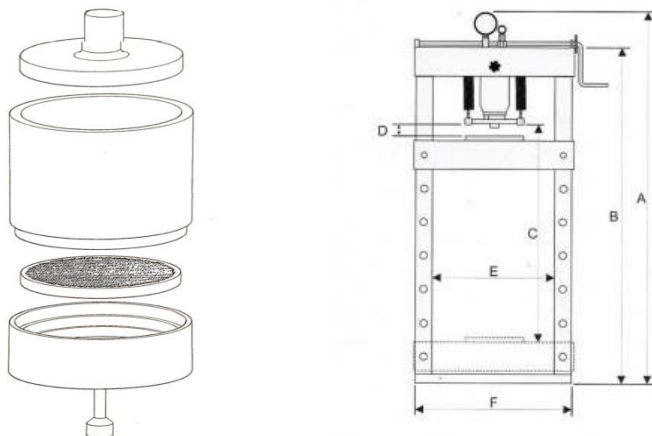
$U_i$  - Teor de água inicial

$U_f$  - Teor de água desejado

#### 4.3.2 Extração por prensa

As sementes após atingirem o teor de água desejado, tiveram as cascas retiradas com auxílio de um martelo e as amêndoas foram trituradas e

prensadas em uma prensa hidráulica sob pressão de 15 toneladas por um período de 4 horas (Figura 4). Foram usados dois quilos de sementes por amostra para extração do óleo. Cada tratamento teve quatro repetições por espécie. Ao final da extração, o óleo extraído foi transferido para uma proveta graduada em ml.



**Figura 4** – Desenho da prensa hidráulica utilizada no experimento.

#### 4.3.3 Qualidade dos óleos de andiroba extraídos por prensa

A qualidade dos óleos de andiroba brutos prensados a frio foi determinada a partir da análise dos índices de acidez, peróxido, iodo e saponificação de acordo com a metodologia descrita por Adolfo Lutz (2008):

**Índice de acidez** – Utilizou-se 2 g da amostra de óleo. Adicionou-se 25 ml de solução de éter-álcool (2:1) neutra e duas gotas do indicador fenolftaleína. Em seguida, usou-se hidróxido de sódio 0,1 M para titular a solução até o completo desaparecimento da cor rósea.

A acidez foi calculada a partir da equação 5.

$$\text{Índice acidez} = \frac{v \times f \times 5,81}{p} \quad (5)$$

Em que:

$v$  – nº de ml de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação

$f$  – fator da solução de hidróxido de sódio

$p$  - nº de g da amostra

**Índice de peróxido** – Utilizou-se 5 g da amostra de óleo. Adicionou-se 30 ml da solução ácido acético-clorofórmio 3:2 e agitou até a dissolução da amostra. Em seguida, adicionou-se 0,5 ml da solução saturada de iodeto de potássio e deixou ao abrigo da luz por um minuto. Acrescentou-se 30 ml de água e titulou com tiosulfato de sódio 0,1 N, agitação constante. Continuou a titulação até que a coloração amarela desaparecesse. Adicionou-se 0,5 ml de solução de amido indicadora e continuou a titulação até o completo desaparecimento da coloração azul. Foi preparada uma prova em branco nas mesmas condições e realizada a titulação.

O índice de peróxido foi calculado a partir da equação 6.

$$\text{Índice peróxido} = \frac{(A-B) \times N \times f \times 1000}{p} \quad (6)$$

Em que:

*A* - nº de ml de solução de tiosulfato de sódio 0,1 N gasto na titulação da amostra

*B* - nº de ml de solução de tiosulfato de sódio 0,1 N gasto na titulação do branco

*N* – normalidade da solução de tiosulfato de sódio

*f* – fator da solução de tiosulfato de sódio

*p* – g da amostra

**Índice de iodo**– está relacionado ao grau de instauração dos ácidos graxos que constituem o óleo. É determinado pela quantidade de halogênio que reage com amostra e é convencionalmente expressa em peso de iodo que reage com 100g de óleo. Neste trabalho foi usado o método de Wijs descrito por Adolfo Lutz (2008). O índice de iodo foi calculado por meio da equação 7.

$$II = \frac{((B - A) * f * 1,27)}{M} \quad (7)$$

Em que:

II – índice de iodo

B – volume (ml) de solução de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,1N gasto na titulação do branco

A – volume (ml) de solução de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,1N gasto na titulação da amostra

f – fator de correção da solução de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

M – massa da amostra (g)

**Índice de saponificação** - é a quantidade de hidróxido de sódio necessária para saponificar 1g de óleo. É indicativo do comprimento de cadeia de ácido graxo. O índice de saponificação é inversamente proporcional ao peso molecular médio dos resíduos dos ácidos graxos dos glicerídeos presentes.

O índice de saponificação foi determinado pelo método descrito por Adolfo Lutz (2008). O índice de saponificação foi calculado por meio da equação 8.

Cálculo:

$$IS = \frac{(56,1 * N * (B - A))}{M} \quad (8)$$

Em que:

IS – índice de saponificação (mgKOH/g amostra)

N – normalidade da solução de HCl devidamente padronizada

B – volume de HCl gasto na titulação do branco (ml)

A – volume de HCl gasto na titulação da amostra (ml)

M – peso da amostra (g)

A qualidade dos óleos extraídos foram avaliados por meio dos valores médios obtidos nas análises por tratamento e comparado com os índices determinados pela Resolução N°. 270 de 2005 da ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária) para óleos brutos prensados a frio.

#### 4.3.4 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial de 3 x 3, sendo três temperaturas (40, 60 e 80°C), três teores de umidade (6, 8 e 10%) para as duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*). Avaliou-se a quantidade de óleo extraível. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, a

5% de probabilidade, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O software usado foi o Assistat, versão 7.7.

## 5. Resultados e Discussão

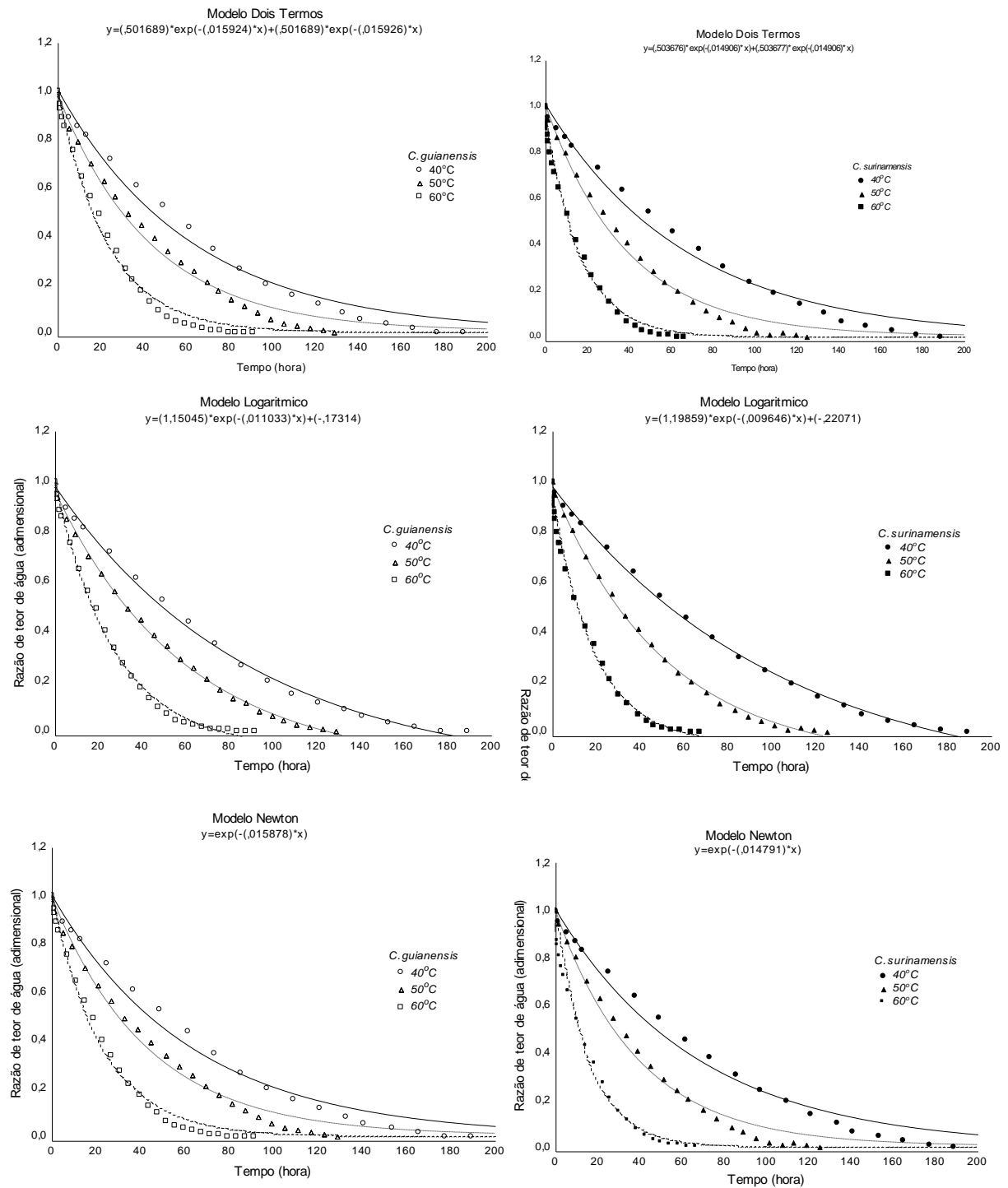
### 5.1 Secagem das sementes de duas espécies de andiroba

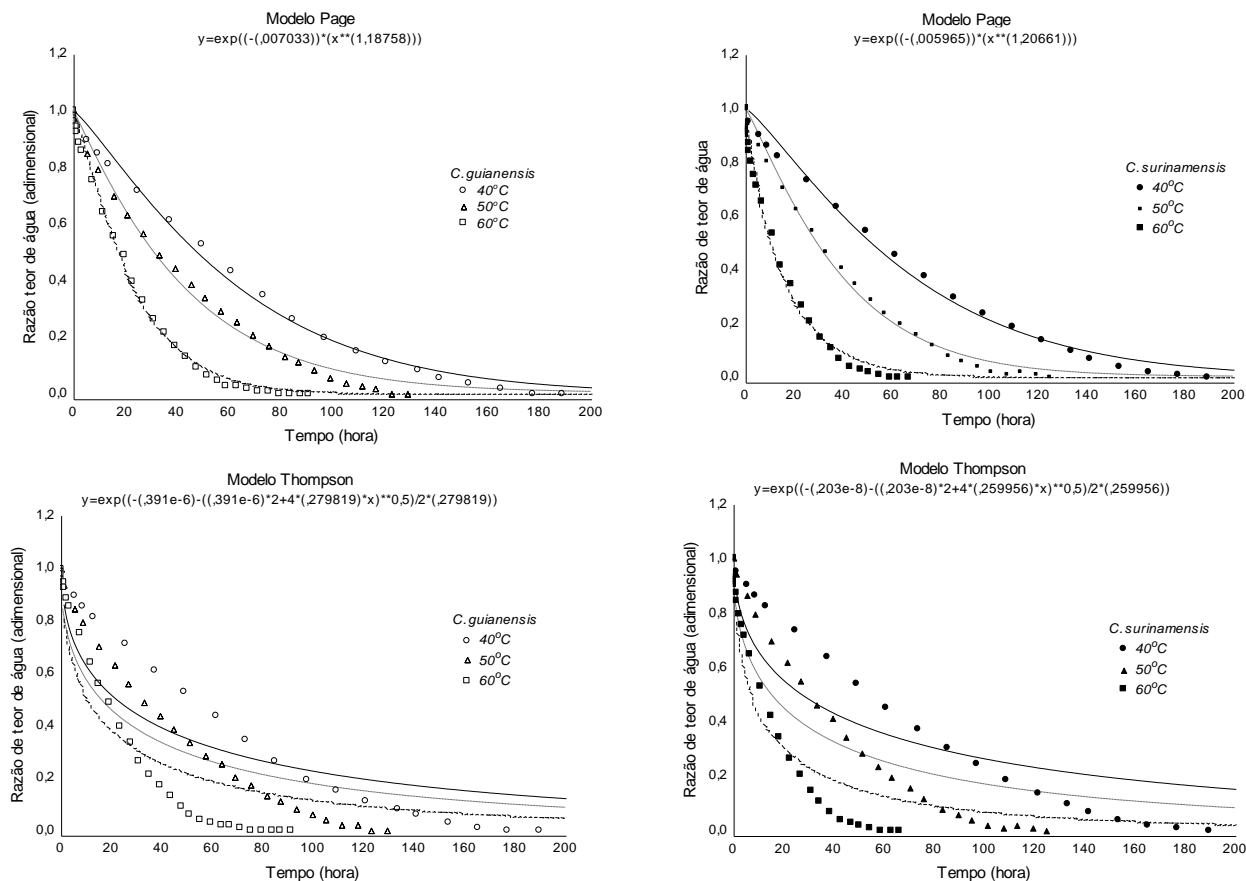
#### 5.1.1 secagem em estufa de ventilação forçada

As sementes da *C. surinamensis* submetidas à secagem a 40°C tinham teor de água inicial (b.u) de 41,67%, após 189 horas atingiram teor de água de equilíbrio de 5,32%, a 50°C teor de água inicial de 41,58% (b.u), após 125 horas alcançaram equilíbrio de 3,63% e a 60°C teor de água 38,29% (b.u) e após 66,5 horas tinham 2,70%. Enquanto, as sementes da *C. guianensis* a 40°C tinham teor de água inicial (b.u) de 43,99% e após 189 horas tinham 5,35%, a 50°C teor de água inicial de 41,90% e após 129 horas tiveram equilíbrio de 3,73% e a 60°C teor de água inicial de 41,81% e após 91,16 horas atingiram teor de água de equilíbrio de 2,84%. Os dados mostram que a umidade de equilíbrio é inversamente proporcional à temperatura de secagem (Figura 5).

O aumento da temperatura de secagem faz com que haja uma maior taxa de remoção de água das sementes devido a um maior gradiente de umidade entre a semente e o ar, decrescendo o tempo necessário para atingir o teor de água de equilíbrio (Figura 5), fato observado por outros pesquisadores em produtos oleaginosos como pinhão manso (Sousa et al.; 2011; Ulmann et al.; 2010), canola (Côrrea et al.; 1999), soja (Barrozo et al.; 2006), girassol (Sacilik et al.; 2007), amendoim (Côrrea et al.; 2007) e mamona (Goneli, 2008).

Verificou-se também que as sementes da *C. surinamensis* atingiram o teor de água de equilíbrio em menor tempo e menor valor do que a *C. guianensis*, isso deve-se possivelmente ao menor tamanho das sementes e ainda a menor espessura do tegumento da *C. surinamensis* (Mendonça et al., 2015). Além disso, ressalta-se que a *C. surinamensis* tem maior quantidade de óleo comparado a *C. guianensis* (Mendonça e Ferraz, 2007).





**Figura 5** – Curvas de secagem das sementes inteiras de duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) secas em estufa de ventilação forçada nas temperaturas 40, 50 e 60°C.

Em relação aos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), observou-se que somente o modelo Thompson apresentou valores inferiores a 99% para as duas espécies em todas as temperaturas de secagem. Deve-se ressaltar que apenas o coeficiente de determinação não constitui um bom critério para a seleção de modelos não lineares (Mamdamba et al.; 1996), tornando necessário avaliações de outros parâmetros. Todos os modelos testados apresentaram valores do erro médio relativo superior a 10% (Tabela 2). Os valores do erro médio relativo (P) indicam o desvio dos valores observados em relação à curva estimada pelo modelo (Kashaninejad et al.; 2007) e segundo Mohapatra & Rao (2005) valores menores que 10%, são recomendados para a seleção de modelos, indicando desta forma uma representação adequada do fenômeno.



Notou-se também que os modelos Logarítmico e Midilli apresentaram os menores valores do erro médio relativo (P) e ainda obtiveram as menores magnitudes do desvio-padrão da estimativa (SE). Deve-se salientar que a capacidade de um modelo descrever com fidelidade um determinado processo físico é inversamente proporcional ao valor do desvio-padrão da estimativa (Draper e Smith, 1998).

O modelo matemático logarítmico foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das sementes de *C. surinamensis*, apresentando os maiores valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 e menores erro médio relativo (P) e desvio padrão da estimativa (SE) quando comparado aos demais modelos nas três temperaturas testadas. Ressalta-se ainda que o modelo Logarítmico apresenta um menor número de parâmetros de avaliação, o que facilita o uso (Tabela 2). Os dados experimentais da *C. guianensis* foram melhores ajustados pelos modelos Logarítmico e Midilli em relação aos demais modelos testados (Tabela 2, Figura 5).

Os resíduos são a diferença entre os valores observados experimentalmente pelos valores estimados pelos modelos, foram plotados em função dos valores estimados de teor de água de equilíbrio. Um modelo é considerado aceitável se os valores residuais se encontrarem próximos à faixa horizontal em torno de zero, não indicando tendenciosidade dos resultados. Se o modelo apresentar distribuição tendenciosa dos seus resíduos, o modelo é considerado como inadequado para representar a cinética de secagem (Almeida et al., 2006). Apenas o modelo Logarítmico apresentou distribuição dos resíduos aleatórias para todas as temperaturas testadas (Tabela 2), confirmando a adequação do modelo a secagem das duas sementes de andiroba. Dado semelhante foi observado por Sousa et al (2011) ao secar nabo forrageiro de 30 a 70°C, o modelo Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

Costa et al (2011) secaram sementes de crambe com teor de água inicial de 0,26 (decimal b.s.) nas temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70°C, até teor de 0,09 (decimal b.s.) e verificaram que os modelos de Aproximação da difusão, Dois termos, Midilli, Page e Thompson produziram ajustes com  $R^2$  superiores a 0,99. Sousa et al (2011) também observaram coeficientes de

determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 para os modelos Page, Midilli e Logarítmico na secagem de nabo forrageiro.

**Tabela 2** – Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvios percentuais médios (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e tendência de distribuição de resíduos para os modelos testados com sementes de duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) secas em estufa a 40, 50 e 60°C.

Modelo	Carapa	Temp.(°C)	$R^2$	P	SE	Resíduos
Dois termos	<i>surinamensis</i>	40	0,99257	75,9153	0,002158	tendenciosa
		50	0,99464	92,9506	0,00137	tendenciosa
		60	0,99818	99,78345	0,000617	aleatório
	<i>guianensis</i>	40	0,99314	216,6830	0,002091	tendenciosa
		50	0,99435	98,0097	0,001273	tendenciosa
		60	0,99696	321,2024	0,001071	tendenciosa
Logaritmico	<i>surinamensis</i>	40	0,99916	13,3190	0,000209	aleatória
		50	0,99922	28,0010	0,000172	aleatória
		60	0,99903	37,0545	0,000309	aleatória
	<i>guianensis</i>	40	0,99873	41,7304	0,000335	aleatória
		50	0,99920	11,9215	0,000180	aleatória
		60	0,99891	252,8122	0,000340	aleatória
Midilli	<i>surinamensis</i>	40	0,99898	15,0214	0,000268	aleatória
		50	0,99903	32,0394	0,000224	aleatória
		60	0,93895	565,2473	0,017833	tendenciosa
	<i>guianensis</i>	40	0,99850	46,4059	0,000418	aleatória
		50	0,99916	15,3517	0,000190	aleatória
		60	0,99867	259,4475	0,000433	aleatória
Newton	<i>surinamensis</i>	40	0,99253	20,0610	0,001805	tendenciosa
		50	0,99456	95,2074	0,00119	tendenciosa
		60	0,99498	78,1333	0,001513	tendenciosa
	<i>guianensis</i>	40	0,99312	22,4650	0,001744	tendenciosa
		50	0,99428	95,8684	0,001119	tendenciosa
		60	0,99692	314,7940	0,000970	tendenciosa
Page	<i>surinamensis</i>	40	0,99604	16,2414	0,001122	tendenciosa
		50	0,99707	56,9303	0,000689	tendenciosa
		60	0,99579	121,1960	0,001309	tendenciosa
	<i>guianensis</i>	40	0,99599	18,0183	0,001185	tendenciosa
		50	0,99520	74,2481	0,001010	tendenciosa
		60	0,99802	167,0933	0,000650	tendenciosa
Thompson	<i>surinamensis</i>	40	0,91870	37,8161	0,020782	tendenciosa
		50	0,92084	283,5522	0,017747	tendenciosa
		60	0,95599	522,7175	0,011996	tendenciosa
	<i>guianensis</i>	40	0,91814	41,8430	0,21819	tendenciosa
		50	0,92531	266,1402	0,15319	tendenciosa
		60	0,94553	1753,4875	0,016931	tendenciosa

A constante de secagem (k) pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada à difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente e a difusão líquida que controla o processo (Babalís e Belessiotis, 2004), ou seja, o parâmetro “k”

tende a aumentar visto que maiores temperatura acarretam maiores taxas de secagem chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de submissão do produto ao ar de secagem (Côrrea et al.; 2010). A magnitude da constante de secagem ( $k$ ) aumentou linearmente com a elevação da temperatura do ar de secagem para os modelos testados (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados para outras espécies como mamona (Goneli, 2008) e nabo forrageiro (Sousa et al.; 2011).

O parâmetro “ $n$ ” possui um efeito de moderação do tempo e corrige os prováveis erros resultantes da negligencia da resistência interna para a transferência de água (Guedes e Faria, 2000). Nos modelos Midilli e Page notou-se uma diminuição do valor de “ $n$ ” com elevação da temperatura na secagem da *C. surinamensis* (Tabela 3). Enquanto, na *C. guianensis* o valor de “ $n$ ” diminui apenas de 40 para 50°C nos modelos Midilli e Page (Tabela 3).

Jittannit (2011) ajustou o modelo de Page aos dados experimentais das sementes de abobora em secador de bandeja nas temperaturas 60, 70 e 80°C e notou que “ $n$ ” diminuiu com elevação da temperatura. Santos et al (2013) secaram farinha de urucum nas temperaturas de 40 a 70°C e notaram que “ $n$ ” aumentou com a elevação da temperatura nos modelos de Midilli e Page.

O parâmetro “ $b$ ” no modelo Thompson aumentou com a elevação das temperaturas, enquanto nos modelos Dois Termos e Midilli não houve variação com aumento da temperatura para as duas espécies testadas (Tabela 3). Resultado semelhante foi observado por Santos et al (2013) na secagem de resíduos de urucum testando modelo de Aproximação da difusão nas temperaturas de 40 a 60°C. O parâmetro “ $a$ ” diminuiu com a elevação da temperatura de 40 a 60°C para as duas espécies de andiroba nos modelos de Dois Termos, Logaritimico e Midilli. O valor de “ $a$ ” foi constante para as duas espécies no modelo de Thompson (Tabela 3).

**Tabela 3** – Parâmetros dos modelos testados com sementes de duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) em estufa de ventilação forçada nas temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Modelo	Carapa	Temp. (°C)	Parâmetros					
			a	b	c	k	q	n
Dois termos	<i>surinamensis</i>	40	0,503676	0,503677		0,014906	0,014906	
		50	0,505380	0,505380		0,025813	0,025813	
		60	0,472543	0,472543		0,059564	0,059564	
	<i>guianensis</i>	40	0,501689	0,501689		0,015924	0,015926	
		50	0,495145	0,495145		0,023085	0,023076	
		60	0,496457	0,496457		0,043462	0,043461	
Logaritimico	<i>surinamensis</i>	40	1,198590		-0,220706	0,009646		
		50	1,102884		-0,119458	0,019515		
		60	0,983860		-0,046084	0,052416		
	<i>guianensis</i>	40	1,150453		-0,173135	0,011033		
		50	1,102140		-0,141549	0,016755		
		60	1,051025		-0,067759	0,036543		
Midilli	<i>surinamensis</i>	40	0,979948	-0,000768		0,059029		0,192366
		50	0,986134	-0,000736		0,191585		0,113264
		60	0,804979	-0,015701		0,000041		0,000041
	<i>guianensis</i>	40	0,979560	-0,000650		0,112611		0,112611
		50	0,963061	-0,000797		-0,139045		-0,135675
		60	0,984886	-0,000656		0,200764		0,196038
Newton	<i>surinamensis</i>	40				0,014791		
		50				0,025539		
		60				0,064287		
	<i>guianensis</i>	40				0,015878		
		50				0,023322		
		60				0,043780		
Page	<i>surinamensis</i>	40				0,005965		1,206607
		50				0,013816		1,158699
		60				0,084022		0,908006
	<i>guianensis</i>	40				0,007033		1,187577
		50				0,016357		1,089443
		60				0,026987		1,143500
Thompson	<i>surinamensis</i>	40	0,000000	0,259956				
		50	0,000000	0,315866				
		60	0,000000	0,413240				
	<i>guianensis</i>	40	0,000000	0,279819				
		50	0,000001	0,311548				
		60	0,000000	0,358937				

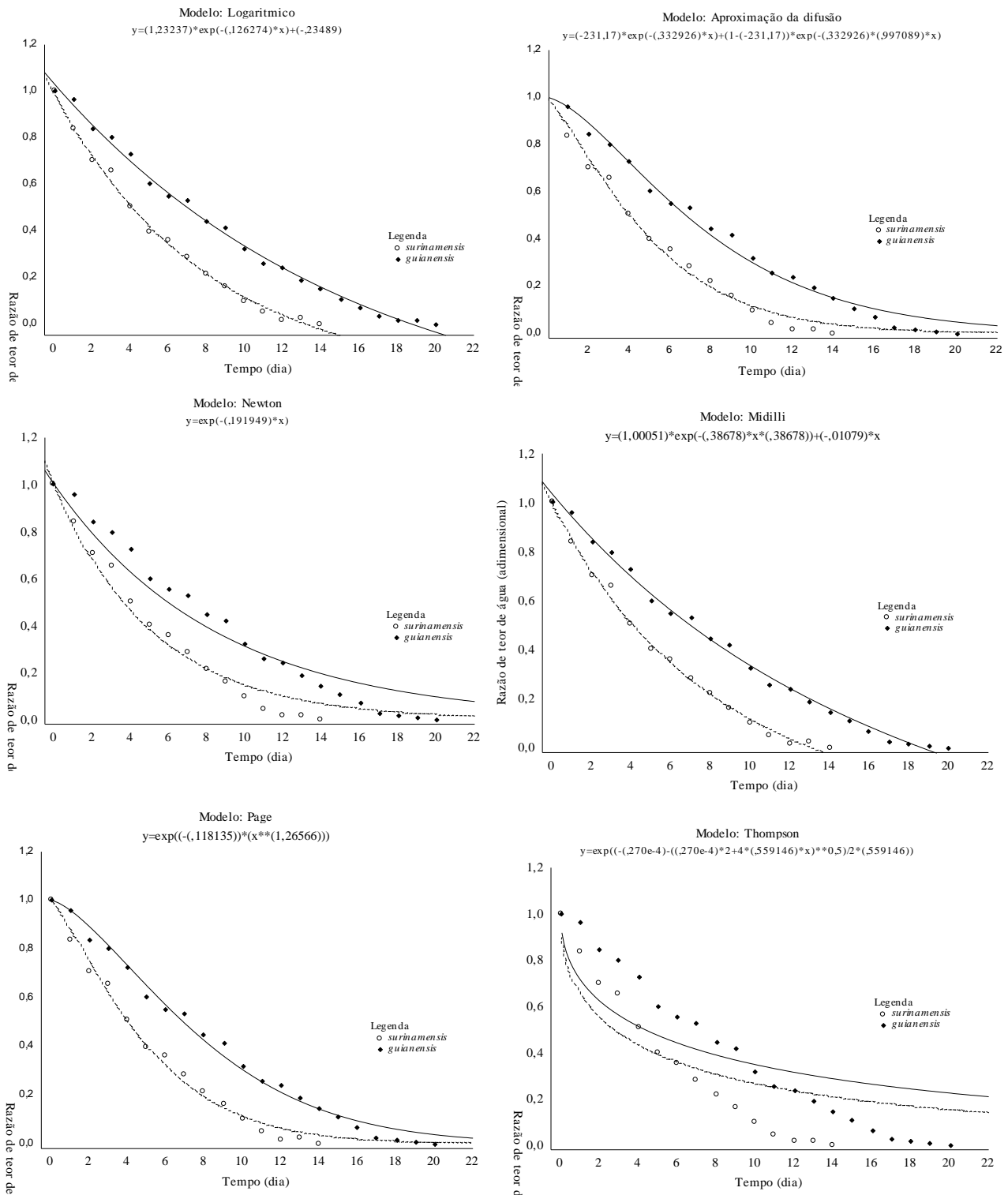
### 5.1.2 secagem em secador solar

As sementes da *C. surinamensis* submetidas à secagem em secador solar, tinham teor de água inicial de 30,53% (b.u); após 14 dias atingiram teor de água de equilíbrio 12,28%, enquanto as sementes da *C. guianensis* tinham teor de água inicial de 43,99% e após 20 dias atingiram 13,92% (b.u) (Figura 6).

No interior do secador a temperatura média foi de 33,59°C e a umidade relativa média de 51,31%. A secagem das sementes do gênero *Carapa* ocorreu em taxa decrescente, as maiores taxas de redução de água ocorreram no início da secagem, sendo o maior valor observado para a *C. guianensis* 0,43 g g<sup>-1</sup> por dia. No final da secagem a água se encontra fortemente ligada necessitando de maior energia para sua evaporação, resultando em menores valores da taxa de redução de água (Figura 6).

A secagem em menor tempo da *C. surinamensis* deve possivelmente, ao menor tamanho das sementes e maior quantidade de óleo em relação a *C. guianensis* (Mendonça e Ferraz, 2007). Constatou-se que as sementes da *C. surinamensis* atingiram o equilíbrio no mesmo período relatado pelos extratores de óleo nos estados do Amazonas e Rondônia. Nas usinas as sementes das duas espécies são colocadas para secar em terreiros de concreto com ventilação natural, o ponto ideal de secagem é indicado de modo empírico ao apertar a semente com casca e quebrá-la com facilidade.

O período de produção de sementes de andiroba coincide com o período chuvoso tornando o processo de secagem com ar natural lento. O uso do exaustor no secador solar permitiu que a umidade relativa tivesse pouca variação no período de secagem.



**Figura 6-** Curvas de secagem das sementes inteiras de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) secas em secador de lona usando cinco modelos matemáticos.

Um dos problemas comumente relatados durante a secagem com ar natural é o elevado teor de umidade final da semente em equilíbrio com a

umidade relativa e temperatura durante o período de secagem (Resende et al., 2009). É importante ressaltar o cuidado para evitar fermentação durante o processo visto que o fenômeno de redução do teor de água das sementes envolve simultaneamente a transferência de massa, que pode alterar de forma substancial a qualidade e as propriedades físicas do produto, dependendo do método e das condições de secagem (Medeiros e Eira, 2006; Elias et al., 2007; Monte et al., 2008).

Estudos semelhantes de secagem natural com espécies oleaginosas apontaram uma redução lenta e demorada do teor de água das sementes, independente do ambiente de secagem em relação à secagem artificial. A exemplo das sementes de crambe secas na planta que reduziu o teor de água de 19,9 para 11,6% após 144 h, mas à sombra sofreram uma redução de 15,8 a 5,6% após 113 h e em terreiro a redução foi de 15,3 a 7,6% em 98 h (Oliva, 2010). Sementes de sorgo secas em terreiro tiveram o conteúdo de água reduzido de 18,9 para 12,58% após 56 h (Franke et al., 2008).

Em relação aos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) observou-se que somente os modelos Newton e Thompson et al. (1968) apresentaram valores inferiores a 99% para as duas espécies de andiroba testadas (Tabela 4). Salienta-se que apenas o coeficiente de determinação não constitui um bom critério para a seleção de modelos não lineares tornando imprescindíveis avaliações de outros parâmetros (Mamdamba et al., 1996).

Analisando os valores do erro médio relativo (P) conclui-se que indicam o desvio dos valores observados em relação à curva estimada pelo modelo (Kashaninejad et al., 2007) e segundo Mohapatra & Rao (2005) valores menores que 10% são recomendados para a seleção de modelos indicando, desta forma, uma representação adequada do fenômeno; no entanto, nenhum modelo apresentou valor inferior a 10%. As sementes da *C. surinamensis* tiveram os menores valores do erro médio relativo (P) no modelo Page (1949) e para a *C. guianensis* apresentaram menor valor de P no modelo Logarítmico; já Midilli et al. (2002) apresentaram, em seu modelo, resultados semelhantes para as duas espécies de andiroba (Tabela 4).

**Tabela 4** - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvios percentuais médios (P), desvio-padrão da estimativa (SE) e tendência de distribuição de resíduos para os modelos testados com sementes inteiras de andiroba (*C. surinamensis* Miq e *C. guianensis* Aubl.) em secador solar.

Modelo	Carapa	$R^2$	P	SE	Resíduos
Aproximação da difusão	<i>surinamensis</i>	<b>0,9946</b>	28,9400	0,0012	aleatória
	<i>guianensis</i>	<b>0,9941</b>	61,6133	0,0013	aleatória
Logarítmico	<i>surinamensis</i>	<b>0,9980</b>	<b>24,0468</b>	<b>0,0004</b>	aleatória
	<i>guianensis</i>	<b>0,9978</b>	<b>19,8199</b>	<b>0,0004</b>	aleatória
Midilli	<i>surinamensis</i>	<b>0,9978</b>	<b>25,1919</b>	<b>0,0005</b>	aleatória
	<i>guianensis</i>	<b>0,9975</b>	<b>21,6467</b>	<b>0,0005</b>	aleatória
Newton	<i>surinamensis</i>	0,9870	29,9645	0,0025	tendenciosa
	<i>guianensis</i>	0,9755	122,7729	0,0050	tendenciosa
Page	<i>surinamensis</i>	<b>0,9946</b>	<b>18,5924</b>	0,0011	aleatória
	<i>guianensis</i>	<b>0,9955</b>	<b>48,4609</b>	0,0010	aleatória
Thompson	<i>surinamensis</i>	0,8847	37,4606	0,0228	tendenciosa
	<i>guianensis</i>	0,8586	268,3614	0,0289	tendenciosa

O modelo Logarítmico apresentou as menores magnitudes do desvio-padrão da estimativa (SE) para as duas espécies de andiroba seguido pelo Midilli et al. (2002) (Tabela 4). A capacidade de um modelo descrever com fidelidade determinado processo físico é inversamente proporcional ao valor do desvio-padrão da estimativa (Draper & Smith, 1998). Desta forma, os modelos matemáticos Logarítmico e Midilli et al. (2002) foram os que melhor se ajustaram aos dados experimentais das sementes de *C. surinamensis* e *C. guianensis* (Tabela 4).

Os resíduos constituem a diferença entre os valores observados experimentalmente pelos valores estimados pelos modelos, foram plotados em função dos valores estimados de teor de água de equilíbrio. Um modelo é considerado aceitável se os valores residuais se encontrarem próximos à faixa horizontal em torno de zero, não indicando tendenciosidade dos resultados. Se o modelo apresentar distribuição tendenciosa dos seus resíduos, o modelo será considerado inadequado para representar a cinética de secagem (Goneli, 2008). Apenas os modelos Newton e Thompson et al. (1968) apresentaram distribuição tendenciosa dos resíduos para as duas espécies testadas,



confirmando que os modelos não se adequam aos dados testados para as duas espécies de andiroba (Tabela 4).

Estudo semelhante realizado em Rondônia em terreiro de concreto para secar café (*Coffea canefora* Pierre) apontou o modelo Page (1949) como adequado para representação da secagem dos quatro clones testados (Resende et al., 2009).

A constante de secagem (k) pode ser utilizada como aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada à difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente e à difusão líquida que controla o processo (Babalís & Belessiotis, 2004). As sementes da *C. surinamensis* apresentaram os maiores valores da constante (k) e menores valores biométricos comparados a *C. guianensis*; torna-se possível que isto tenha contribuído para o alcance do teor de água de equilíbrio em menor tempo (Tabela 5).

**Tabela 5** - Parâmetros dos modelos testados com sementes inteiras de andiroba (*C. surinamensis* Miq. e *C. guianensis* Aubl.) em secador solar.

Modelos	Carapa	Parâmetros				
		a	b	c	k	n
Aproximação da difusão	<i>surinamensis</i>	-231,166	0,9970		0,3329	
	<i>guianensis</i>	-286,834	0,9968		0,2334	
Logarítmico	<i>surinamensis</i>	1,2323		-0,2348	0,1262	
	<i>guianensis</i>	1,4852		-0,4523	0,0636	
Midilli	<i>surinamensis</i>	1,0005	-0,0107		0,3867	0,3867
	<i>guianensis</i>	1,0355	-0,0119		0,2870	0,2870
Newton	<i>surinamensis</i>				0,1919	
	<i>guianensis</i>				0,1168	
Page	<i>surinamensis</i>				0,1181	1,2656
	<i>guianensis</i>				0,0408	1,4644
Thompson	<i>surinamensis</i>	0,0000	0,5591			
	<i>guianensis</i>	0,0000	0,4805			

O parâmetro “n” possui um efeito de moderação do tempo e corrige os prováveis erros resultantes da negligência da resistência interna para a transferência de água (Guedes e Faria, 2000). O valor de “n” foi maior para as duas espécies no modelo Page (1949) e menor em Midilli et al. (2002). Os parâmetros “a”, “b” e “c” tiveram valores semelhantes para as duas espécies de andiroba nos modelos testados (Tabela 5). A superioridade dos modelos

Logarítmico e Midilli et al. (2002) em relação aos demais testados pode ser explicada pelo maior número de parâmetros (Tabela 5).

## **5.2 Levantamento dos procedimentos de extração do óleo de andiroba por meio de prensa pelas usinas nos estados do Amazonas e Rondônia**

### **Coleta e seleção das sementes**

As cooperativas iniciam o processo de extração do óleo de andiroba a partir da compra das sementes coletadas, exceto a cooperativa C que está realizando testes de extração e não fixaram valor a ser pago pelo quilo das sementes. As sementes das duas espécies são coletadas embaixo da árvore matriz no período de janeiro a junho, período de frutificação das duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) (Tabela 6).

A *C. surinamensis* tem ocorrência natural em terra firme e plantada em ambiente de várzea e terra firme e a *C. guianensis* com ocorrência natural na várzea e terra firme e plantada na terra firme. Verificou-se que nenhuma área de coleta tem plano de manejo não madeireiro e a coleta baseia-se na máxima produção de óleo, sem a preocupação com a regeneração natural ou ainda manutenção da fauna. Os coletores distinguem as duas espécies pelo tamanho, principalmente, e pela coloração das sementes, contudo as sementes das duas espécies são misturadas durante a coleta.

As sementes coletadas são comercializadas em lata de 18 litros, equivale a 12 kg de sementes, ou saco de ráfia, corresponde a 4 latas, ou seja, 48 kg de sementes. O preço pago por uma lata de 18 litros cheia de sementes, varia de R\$ 6,00 a R\$ 10,00, o que corresponde a R\$ 0,50 a R\$ 0,83 o quilo da semente (Tabela 6). Os cooperados recebem do Governo a diferença do valor estabelecido pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) como mínimo pelo quilo da semente (R\$ 1,14).

Observou-se que as usinas não registram a produção por safra, exceto usina A que extrai óleo a partir de contratos pré-estabelecidos. Os cooperados relataram que o ano que há alta produção, o ano seguinte a produção é baixa.

**Tabela 6** – Coleta das sementes de andiroba utilizadas pelas usinas no Amazonas e Rondônia.

Usina	Coleta das sementes				Transporte das sementes		Preço (R\$ kg <sup>-1</sup> )
	Carapa	Ambiente	Plantada/ ocorrência natural	Época coleta	Veículo	Acondicionamento	
<b>A</b>	<i>guianensis</i> <i>surinamensis</i>	terra firme várzea	ocorrência natural	janeiro-maio	barco e carro	saco de rafi	0,58
<b>B</b>	<i>guianensis</i> <i>surinamensis</i>	terra firme várzea	Plantio (espaçamento não declarado), ocorrência natural	fevereiro-maio	barco e carro	saco de rafi	0,60
<b>C</b>	<i>guianensis</i> <i>surinamensis</i>	terra firme	Plantio (5 x 5 m; 15 x 20m e 20 x 25m)	fevereiro-abril	barco e carro	saco de rafi	***
<b>D</b>	<i>guianensis</i> <i>surinamensis</i>	várzea terra firme	ocorrência natural	dezembro-janeiro maio-junho	barco e carro	saco de rafi	0,50
<b>E</b>	<i>guianensis</i> <i>surinamensis</i>	terra firme	plantio	Janeiro-junho	carro	saco de rafi	0,83

Os cooperados são agricultores familiares ou extrativistas que durante o período de safra da andiroba trabalham como coletores de sementes. Vale ressaltar que alguns cooperados armazenam as sementes coletadas em sacos de rafi por até uma semana antes de transportá-las a usina e dependendo da distância e do meio de transporte, as sementes coletadas demoram de dois a sete dias para chegar à usina.

O transporte das sementes no Amazonas é realizado por barcos e carros e, em Rondônia é usado apenas carros (Tabela 6). É importante salientar ainda que o armazenamento inadequado das sementes com alto teor de umidade propicia o desenvolvimento de fungos, a fermentação ou ainda a germinação das sementes, o que aumenta a perda das sementes.

Na usina, a primeira atividade realizada é a seleção das sementes, consideram inviáveis para extração do óleo: sementes furadas, leves, germinadas, fungadas e com a cor da casca muito escura. Nesse processo são descartadas até 50% das sementes coletadas (Tabela 7). Notou-se também que a predação das sementes boas pela *Hypsipyla* sp. pode ocorrer ao armazená-las no mesmo recipiente que as infestadas pelas larvas. Portanto, recomenda-se a seleção das sementes, independente da quantidade, logo após a coleta.

É importante destacar que não há separação das duas espécies de andiroba para extração do óleo. As sementes boas são lavadas em água corrente ou ainda colocadas em tanque com água por até 36 horas para matar a *Hypsipyla* por afogamento (Tabela 7). As sementes boas podem ficar armazenadas em galpões espalhadas sobre piso de madeira ou concreto por até 30 dias protegido da chuva (Tabela 7).

As espécies de andiroba apresentam três tipos de dispersão: barocórica, principal e as formas hidrocória e zoocórica secundária (Boufleuer, 2004; Maues, 2006; Santos et al., 2014). A *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae), ocorre em toda a bacia Amazônica (Kenfack, 2011), preferencialmente nas várzeas e áreas alagadas as margens dos rios e igarapés, porém também pode ser encontrada em áreas de floresta de terra firme (Kenfack, 2011; Klimas et al., 2007; Tonini et al., 2009).

**Tabela 7** – Beneficiamento das sementes de andiroba utilizadas pelas usinas no Amazonas e Rondônia para extração do óleo por prensagem.

Usina	Beneficiamento das sementes			
	Lavagem das sementes	Sementes excluídas para extração (% de perda)	armazenamento/local	Tempo (dia)
A	água corrente	furadas, fungadas (20)	espalhada sobre tablado de madeira	30
B	água corrente	furadas, germinadas, leves (20)	saco de rafi sobre tablado de madeira	15
C	lmersa em água por 24 horas	furadas, germinadas, leves (não tem controle)	***	***
D	lmersa em água por 36 horas	furadas, leves, muito escura (50)	espalhadas sobre o piso de concreto	15
E	lmersa em água por 48 horas	Furada (não tem controle)	espalhada sobre piso de concreto	20

\*\*\* está em teste o processo de extração

Estudo semelhante realizado por Mendonça e Ferraz (2007) identificaram a ocorrência natural da *C. surinamensis* (identificada por elas como *C. procera*) em terra firme e *Carapa guianensis* foi encontrada tanto na várzea como na terra firme. As autoras identificaram ambas espécies plantadas nos ambientes de terra firme e várzea próximo as habitações das extratoras artesanais do óleo nos municípios de Anamá, Manacapuru e Silves no Amazonas.

A frutificação com a dispersão das sementes ocorre nos meses de maior precipitação pluviométrica indiferente do ecossistema de ocorrência da espécie. Os dados corroboram com estudos realizados com a *C. guianensis* por Freitas et al (2013) registraram a frutificação nos ambientes de várzea e terra firme no Amapá, com pico da frutificação entre março e abril. Pena (2007) identificou o período de frutificação na época chuvosa com pico no mês de fevereiro no sudeste do Pará. Mellinger (2006) descreveu a frutificação e dispersão nos meses de maior precipitação nas várzeas no Amazonas. Pereira e Tonini (2012) também registraram frutificação e dispersão da *C. guianensis* no período de maior pluviosidade em áreas de terra firme no Sul de Roraima.

A produção de frutos e sementes pode variar entre indivíduos, ecossistemas e significativamente entre anos. Gomes (2010) constatou que a

*C. guianensis* em várzea do sul do Amapá apresenta maior produtividade (0,2kg a 12,5kg de sementes arv<sup>-1</sup>) do que em terra firme (0,05 kg a 4,9 kg de sementes arv<sup>-1</sup>).

Na revisão sobre produção de sementes da *C. guianensis*, Shanley (2005) descreve que as árvores, de modo geral, podem produzir de 50 kg a 200 kg de sementes, mas a média é de 45 kg de sementes por árvore no leste do Pará. No Amapá, Guedes et al. (2010) registraram uma produção média de 15,4 kg de semente por árvore. No Amazonas, Mellinger (2006) registrou produtividade média de 7 kg de sementes por árvore. Em Roraima, Tonini et al. (2009) verificaram uma média de 8,3 kg de sementes por árvore. Pena (2007) observou média de 3 kg de sementes por árvore no sudeste do Pará.

Verificou-se também que há poucas literaturas que quantificam as perdas das sementes das duas espécies de andiroba pelo ataque da *Hypsipyla* sp. nas áreas de coleta e o impacto sobre a produção de óleo. Os frutos e sementes de andiroba são predados principalmente por larvas de mariposas do gênero *Hypsipyla*. As larvas *H. ferrealis* Hampson e *H. grandella* Zeller alimentam-se dos cotilédones das sementes (Ferraz et al., 2002; Querino et al., 2008; Plowden, 2004; Pena, 2007; Pinto, 2007; Jesus-Barros et al., 2014).

A maioria dos trabalhos quantificam a predação das sementes da *C. guianensis* pela *Hypsipyla* nas florestas de várzeas da Amazônia. No Amapá, Guedes et al. (2008) registraram perda de 42% da *C. guianensis* em ambiente de várzea, sendo que Jesus-Barros et al. (2014) quantificaram uma perda maior na várzea (47%) em relação a terra firme (45%) no mesmo estado. Nas várzeas do Amazonas Mellinger (2006) quantificaram uma perda de 25% para *C. guianensis*. A maior perda pelo ataque das larvas foi quantificado em plantio em terra firme no Amazonas, 55,47% das sementes da *C. surinamensis* (identificada como *C. procera*) e de 49,61% para a *C. guianensis* (Pinto, 2007).

Silva et al.(2010) relataram perda de 50% das sementes coletadas por falta de seleção adequada combinado a ausência de planejamento na coleta da *C. guianensis* na Flona do Tapajós, Pará. Fica evidente que a alta predação das sementes de andiroba pela *Hypsipyla* pode ser um fator limitante à produção de sementes e, conseqüentemente, à produção de óleo, visto que as sementes predadas ficam inutilizadas (Jesus-Barros et al., 2014). A adoção de

algumas práticas como a coleta imediata das sementes nos picos de produção pode minimizar os efeitos negativos da larva sobre a semente (Jesus-Barros et al., 2014) assim como o beneficiamento e seleção logo após a coleta.

As variações na oferta de sementes tendem a aumentar os níveis de coleta no momento da frutificação, por conseguinte, a ausência de regulamentação do manejo de não madeireiros pode ameaçar a sustentabilidade da atividade (Almeida et al., 2012; Guerra, 2008). É importante que as cooperativas incentivem a formação de plantios das espécies, a fim de evitar uma sobreexploração de sementes nas áreas de ocorrência natural e ainda garanta a oferta de sementes no longo prazo. Além disso, é essencial que padrões de coleta assegurem também a saúde do trabalhador, tais como: obrigatoriedade de uso de EPIs (Equipamento de Proteção Individual) e cumprimento do limite de peso a ser carregado por coletor de acordo com a Norma Regulamentadora (NR) 17 do Ministério do Trabalho e Emprego.

O processo de seleção das sementes antes da extração do óleo por prensa neste trabalho foi o mesmo descrito no método artesanal por Mendonça e Ferraz, (2007); Tonini e Kaminski (2009); Menezes (2005) e Shanley (2005). Notou-se também que o manejo das sementes por meio da imersão em água, a fim de matar por afogamento as larvas da *Hypsyspila* sp teve registro tanto na descrição do método artesanal (Mendonça e Ferraz, 2007; Menezes, 2005) quanto por prensa (Guedes et al., 2008), diferindo apenas no tempo de imersão.

O uso de latas reutilizadas de 18 litros, sacos de ráfia ou ainda paneiro (cesto produzido de palha) foram relatados como instrumentos de medidas e de coleta de sementes de andiroba por diversos autores Mendonça e Ferraz (2007); Tonini e Kaminski (2009) e Shanley (2005). Contudo, apenas Mendonça e Ferraz (2007) descreveram que uma lata de 18 litros cheia de sementes da *C. surinamensis*, cabem em média de 700 a 800 sementes, enquanto da *C. guianensis* cabem, em média, 450 a 500 sementes. O peso para ambas foi o mesmo 11 kg.

As dificuldades de beneficiamento e de transporte das sementes também foram relatadas por Almeida et al (2012) ao levantarem o mercado de produtos não madeireiros de Santarém no Pará. Os autores identificaram a

população tradicional ou agricultores familiares como coletores. O beneficiamento, quando existente, é realizado nas casas dos comunitários ou nas sedes das associações comunitárias. Notaram também que as perdas são maximizadas pelo transporte, visto que as distâncias das fontes de PFNMs (Produtos Florestais Não Madeireiros) aos centros de comercialização nas áreas urbanas são grandes.

O valor pago por quilo de sementes declarado pelos cooperados entrevistados corrobora com o levantamento efetuado pela CONAB (2013), os preços pagos em média aos extrativistas no Amazonas foi de R\$ 0,56 kg<sup>-1</sup> e de R\$ 0,70 kg<sup>-1</sup> no Pará. Os valores estão a baixo do custo de produção levantado pela CONAB para sementes de andiroba, fixado em R\$ 1,14 kg<sup>-1</sup>, atingindo respectivamente 49% e 61% do custo de produção. Tal situação constituiu-se num dos principais argumentos para a inclusão deste produto na Política de Garantia de Preços Mínimos para a Sociobiodiversidade – PGPM Bio.

Em Salvaterra, na ilha de Marajó (PA), muitas famílias coletam os frutos da andiroba na beira da praia e os vendem para atravessadores por R\$ 0,20 kg<sup>-1</sup> e em Cametá (PA), as crianças vendem 4 kg de sementes por R\$ 0,25, ou seja, o quilo da semente é vendido por R\$ 0,06 (Shanley, 2005). A figura do atravessador também foi registrada em Anamá no Amazonas por Mendonça (2004) relatou que as extratoras do óleo de andiroba comercializavam sua produção aos atravessadores, devido as dificuldades em escoar a produção.

Observações semelhantes foram descritas por Almeida et al. (2012) ao levantarem o mercado de produtos não madeireiros em Santarém, PA. O aviamento é fortemente entranhado na cultura dos trabalhadores extrativistas, devido, principalmente, o isolamento geográfico da região. Os atravessadores compram os produtos a preços mínimos que subvalorizam o trabalho das populações locais (Almeida et al., 2012).

A organização da comunidade por meio da Cooperativa inibe a atuação dos atravessadores na região, conseqüentemente valoriza o trabalho dos coletores de sementes. Além disso, os cooperados declararam que a subvenção paga pela CONAB pelo quilo da semente estimula a atividade. Contudo, é necessário que haja padronização no processo de extração, garantindo assim um óleo de qualidade e, conseqüentemente, maior valor de



mercado com venda direta as indústrias, sem a necessidade de refino pelas indústrias beneficiadoras.

Outra forma seria trabalhar a cadeia produtiva desde a produção do óleo à fabricação de produtos como velas, sabão, repelentes, cosméticos. Assim, poderiam acessar um mercado local, com apelo do comércio justo, que considera também o valor social e ambiental do produto (Santos et al., 2014).

### **Secagem das sementes**

Após a seleção, as sementes são submetidas a secagem natural, exceto a usina C que utiliza secador portátil por cerca de 18 a 20 horas a temperatura de 45 a 60°C, sem controle do teor de água inicial e final das sementes (Tabela 8).

A secagem natural nas usinas do Amazonas ocorre por meio de secador solar, formado por piso de madeira suspenso do solo ou de concreto cobertos com lona de plástico transparente. A lona é suspensa nas laterais do secador em dias de sol, a fim de acelerar a secagem pelos ventos. Enquanto, em Rondônia a secagem das sementes é realizada por meio de barcaças de madeira (Tabela 8). A barcaça é formada de piso de madeira que expõem as sementes a luz solar direta em tablados de madeira. O tablado, em duas de suas extremidades laterais, contém trilhos onde corre uma cobertura de telha de zinco para proteger o produto de uma reabsorção de água, durante o período de chuva ou do orvalho da noite.

As sementes são expostas em camada de até 10 cm, sendo revolvidas até duas vezes ao dia para que haja uniformidade na secagem, consideram secas as sementes quando a casca quebra com facilidade ao ser comprimida com a mão, outro método é quebrar a semente e verificar se a coloração da amêndoa está rosa escuro. A secagem ocorre durante um período de 15 a 30 dias, dependendo da umidade e temperatura no período (Tabela 8). Notou-se que não há registro do teor de água das sementes antes e após a secagem, deve-se considerar que as sementes possivelmente tenham diferentes teores de umidade de equilíbrio, visto que são espécies diferentes e são provenientes de diferentes localidades. Salienta-se ainda que o período de produção de

sementes de andiroba coincide com o período chuvoso tornando o processo de secagem natural mais lento.

Ao final da secagem natural, observou-se que dependendo da demanda de óleo pelo mercado ou ainda da capacidade de processamento da prensa por dia, as sementes podem ser armazenadas ou submetidas diretamente à extração. Quando armazenadas as sementes secas são colocadas em sacos de ráfia e dispostas sobre tablados de madeira ou piso de concreto por até 60 dias protegido da chuva. Apenas a usina B armazena as sementes trituradas (Tabela 8).

As sementes submetidas diretamente à extração, após secagem natural são secas em secador rotativo por um tempo que varia de 10 a 20 horas, em seguida, são colocadas no cozinhador em fogo a lenha ou elétrico por até 20 minutos, o ponto ideal é quando as sementes começam a estalar, estimam a temperatura de cozimento de até 120°C, contudo não há controle da temperatura.

O processo de extração por prensagem para que seja sustentável e lucrativo depende de conhecimento sobre os pré-tratamentos, em especial, a secagem combinado ao manejo das sementes. Os estudos na literatura não descrevem com clareza sobre os pré-tratamentos das sementes de andiroba - secagem, moagem e cozimento – nem tão pouco indicam a pressão ou tempo de extração para que se obtenha óleo de qualidade. Alguns autores descrevem apenas a quantidade de óleo extraível sem detalhar o processamento (Pinto, 1956; IDAM, 2009; Calle et al., 2014; Guedes et al., 2008). Além disso, os autores, com exceção de Mendonça et al. (2015), não descrevem a variação no teor de água por espécie de andiroba submetidas ao processo de secagem.

**Tabela 8** – Secagem das sementes de andiroba antes da extração de óleo por prensa pelas usinas no Amazonas e Rondônia.

Usina	Secagem inicial (dia)	Armazenamento sementes seca (local/tempo)	Secador (horas)	Cozimento
A	secador solar por até 25 dias	saco de rafi sementes inteiras por 15 dias	***	forno de farinha
B	secador solar por até 25 dias	saco de rafi sementes trituradas por até 60 dias	***	forno de farinha a lenha de 20 a 30 minutos
C	***	não sabe	secador rotativo de 18 a 20 horas	***
D	secador solar até 30 dias	saco rafi sementes inteiras por até 15 dias	secador solar por até 72 horas	não
E	barcaça por 15 dias	saco de rafi sementes inteiras por até 60 dias	secador por 10 horas	forno de farinha a lenha por 10 minutos

\*\*\* não realiza atividade

O tempo de secagem declarado pelos cooperados entrevistado foi maior do que o relatado por Mendonça et al (2015) no estudo da cinética de secagem das duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) por meio de secador solar . Observaram que a *C. surinamensis* atingiram o teor de água de equilíbrio em menor tempo (14 dias) e valor (12,28% b.u) comparado a *C. guianensis* que após 20 dias atingiram 13,92% (b.u). No interior do secador solar foi instalado um exaustor que auxiliou na manutenção da temperatura (33,59°C) e da umidade relativa (51,31%).

Vale salientar que os processos de otimização da extração de óleos vegetais estão relacionados ao teor de água e ao manejo das sementes, influenciando diretamente na quantidade de óleo extraível.

Teores de umidade iniciais mais elevados nas sementes reduzem a eficiência de extração de óleo, pois elevam a capacidade de deformação do material, o que reduz a ruptura, além de aumentarem a emulsificação e plasticidade da massa, que reduzem a sua viscosidade e facilitam a passagem pela prensa (Beerens, 2007).

### Extração do óleo

Após todo processo de secagem, as sementes são trituradas com casca e colocadas na prensa do tipo expeller com capacidade de 100kg por hora. Somente na usina C as sementes são prensadas inteiras e a usina B que tritura as sementes após a secagem natural.

Os cooperados relacionam a eficiência da prensa ao aquecimento das sementes. Declararam que sementes úmidas travam a prensa e sementes aquecidas possibilitam maior extração de óleo, o que justifica o uso do cozinhador momento antes da extração do óleo. O rendimento declarado foi muito variável, sendo usado de 3 a 6 kg de sementes para extrair um litro de óleo (Tabela 9). O óleo extraído fica decantando por até 24 horas. Em seguida, é filtrado em filtro prensa e acondicionado em bambonas e armazenados sobre tabladros de madeira por até um ano (Tabela 9).

O litro do óleo é comercializado por até R\$ 30,00. Os óleos resultados da extração por prensa são comercializados para empresas beneficiadoras de óleos vegetais em Manaus, São Paulo e a empresa Natura (Tabela 9).

Ficou evidente que a quantidade e qualidade do óleo podem variar conforme os procedimentos de manejo e secagem das sementes adotadas na extração por prensa. Além disso, pouco se sabe se o manejo das duas espécies de andiroba tem exigências diferentes, visto que a quantidade de óleo extraível da *C. surinamensis* é superior a *C. guianensis*.

**Tabela 9** – Extração, rendimento e preço do óleo de andiroba pelas usinas no Amazonas e Rondônia.

Usina	Moagem	Prensa (kg/h)	Filtragem	Qtda óleo extraído (kg semente l <sup>-1</sup> de óleo)	Preço óleo (R\$)
A	sementes com casca	100	filtro prensa	3 kg l <sup>-1</sup>	27,00
B	sementes com casca	100	filtro prensa	3,3 kg l <sup>-1</sup>	30,00
C	não moe	100	filtro prensa	6 kg l <sup>-1</sup>	não definido
D	sementes com casca	100	filtro prensa	3 kg l <sup>-1</sup>	26,00
E	sementes com casca	100	filtro prensa	3,3 kg l <sup>-1</sup>	30,00

Deve-se considerar ainda que a alta variabilidade genética entre as andirobeiras e o microclima pode influenciar no teor de óleo das sementes (Pantoja et al., 2007).

Estudos que avaliaram a quantidade de óleo extraível por prensa foram realizados por Calle et al (2014) indicaram um aumento de 33% na quantidade de óleo de andiroba extraído por prensa, o valor foi superior aos 25 a 30% de óleo extraído por prensa hidráulica indicado por Pinto (1956), contudo os autores não detalharam o processo de extração. Mellinger (2006) relatou que na comunidade Boa Esperança, Amazonas são usados 293 kg de sementes *C. guianensis* para produzir 64,4 litros de óleo, ou seja, 4,55 kg de sementes para produzir 1 litro de óleo por meio de prensa expeller.

No Amapá, Gomes (2010) comparou a extração do óleo por meio de prensa mecânica de 9 toneladas usando 1000kg de sementes da *C. guianensis* secas a 70°C até peso constante provenientes da terra firme e várzea. A maior quantidade de óleo foi obtido das sementes de várzea (203,2kg para obter 215 l de óleo, ou seja, 4,9 kg de sementes para obter litro de óleo) em relação a terra firme (158,6kg sementes para 170 l de óleo, o que equivale a 5,8 kg de sementes para litro de óleo).

As fábricas instaladas na década de 1950, em Belém, passaram a efetuar a britagem das sementes de andiroba até a redução a pequenos pedaços do tamanho de uma polegada. Sem moagem posterior são conduzidas a uma estufa regulada a 60-70°C e após secagem conveniente são prensadas a temperatura de 90°C. O rendimento industrial com duas prensagens raramente excede 30% sobre as sementes com umidade de 8% e a torta resultante era aproveitada como combustível (Pinto, 1956).

As fábricas de óleo da Amazônia, onde as sementes de andiroba são quebradas em pedaços pequenos, que são aquecidos e prensados, é de 8 a 12 litros para 40 kg de sementes (Shanley, 2005), ou seja, de 3,3 a 5 kg de sementes por litro. Isso se deve possivelmente ao aquecimento das amêndoas que aumenta a fluidez do óleo. Os autores descrevem apenas a quantidade de óleo extraível sem detalhar o processamento e os efeitos do manejo sobre a qualidade dos óleos.

O preço do litro de óleo de andiroba extraído artesanalmente pelas comunitárias de São Domingos, PA é comercializado por R\$ 30,00 l<sup>-1</sup>, enquanto nas comunidades de Santarém e Belterra, PA, o preço do litro do óleo varia de R\$ 25,00 a R\$ 30,00 (Silva et al., 2010). As extratoras do óleo de andiroba nas comunidades de Roraima em 2008 declararam vender o litro do óleo de R\$ 40,00 a R\$ 80,00 (Tonini e Kaminski, 2009). As comunitárias da APA (Área de Proteção Ambiental) no Amapá comercializa o litro do óleo produzido artesanalmente por R\$ 10,00 a R\$ 25,00 (Santos, 2013). Desse modo, fica evidente que o preço do litro de óleo é praticamente o mesmo independente do método de extração, contudo os custos de produção de um litro de óleo por prensa é muito superior ao método artesanal.

É importante salientar que ausência do levantamento da produção tanto de sementes quanto do óleo de andiroba pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), dificulta o acompanhamento comercial da espécie, fortalecendo o mercado informal. Além disso, deve-se considerar que a produção de sementes é sazonal e há oscilações na produção, contribuindo com as oscilações no preço do produto final.

Os dados de produção do óleo de andiroba coletados pelo IBGE restringem-se apenas aos períodos de 1937 a 1939 e 1975 a 1985. Estima-se que o Brasil consuma cerca de 30 mil litros de óleo por ano e exporte anualmente, em média, 450 mil litros (Neves et al., 2004; Menezes, 2005).

O interesse das indústrias de cosméticos pelo óleo de andiroba tem sido crescente nos últimos anos. Já existem produtos industrializados, como os da linha de cosméticos Ekos, da Natura, Apuá, Reserva Folio, Palmolive Amazônia, Akakai e produtos de empresas como a Naturais da Amazônia, Amazon Ervas, Fitbel sendo comercializados (Guedes et al., 2008).

Além do uso medicinal, a andiroba também é conhecida por sua propriedade repelente de insetos (Freire et al., 2006; Miot et al., 2004), atividade inseticida (Prophiro et al., 2012), acaricida (Farias et al., 2009), antimalárica frente ao *Plasmodium falciparum* (Miranda Júnior, 2010) e vermífida (Farias et al., 2010) e tem potencial como biocombustível (Galdino, 2007). É evidente a busca pela diversificação do uso do óleo bem como desenvolvimento de tecnologias para tornar a aplicabilidade do óleo mais

eficiente, a exemplo do trabalho de Senhorini et al. (2012) com produção de micropartículas poliméricas contendo óleo de andiroba e o estudo de Ferreira et al. (2010) de emulsificação usando uma mistura de agentes tensioativos não iônicos.

Notou-se também interesse nos componentes químicos, especialmente na fração dos limonóides, substâncias presentes nas Meliaceas que tem sabor amargo, com muitas atividades biológica, aos quais se atribuem as principais propriedades medicinais do óleo de andiroba (Miranda Júnior, 2010; Silva et al., 2012; Miranda Júnior et al., 2012).

Na revisão de literatura observou-se que a comprovação dos usos do óleo de andiroba ocorre na maioria das vezes utilizando sementes da *C. guianensis* prensados e refinado. Alguns autores questionam sobre a presença de principio ativos diferenciada no óleo artesanal, influenciado pelo período de fermentação em relação aos óleos industrializados (Menezes, 2005; Shanley e Medina, 2005; Shanley, 2008).

Vasconcelos et al (2009) analisaram óleos de andiroba resultado de diferentes métodos de extração e os perfis cromatográficos obtidos não apresentaram variação na composição nem no percentual de ácidos graxos. Contudo, os autores não detalharam os métodos de extração usados. Fica evidente, a necessidade de estudos que avaliem a influencia do manejo das sementes, método de extração adotado em relação à qualidade e quantidade de óleo extraível das diferentes espécies do gênero *Carapa*.

### **Qualidade do óleo e uso da torta de andiroba**

Os óleos vegetais das usinas visitas, com exceção da usina C que não tinha mais óleo para realização das análises, tiveram o índice de acidez variando de 36,19 a 98,53 mg KOH g<sup>-1</sup> e o índice de peróxido de 0,76 a 1,86 meq kg<sup>-1</sup>. A torta é aproveitada em apenas duas usinas na produção de composto orgânico e na produção de velas (Tabela 10).

O índice de acidez foi superior ao estabelecido pela Resolução 270 de 2005 da ANVISA para óleos brutos prensados a frio (4 mg KOH g<sup>-1</sup>), enquanto o índice de peróxido está dentro do padrão estabelecido pela legislação de 15 meq kg<sup>-1</sup>.

O uso da torta produzida pelas indústrias é indicada na formação de ração animal (Pinto et al., 2010), extração de óleo usando CO<sub>2</sub> supercrítico (Sousa Filho, 2007), produção de velas (Queiroz, 2007) e na produção de briquetes (Cavalcanti et al., 2010).

Nas comunidades amazônicas o uso dos resíduos da extração artesanal do óleo recebe outras aplicações: confecção de sabão (Mendonça e Ferraz, 2007; Tonini e Kaminski, 2009; Shanley, 2005, Menezes, 2005), no combate a formigas cortadeiras (Tonini e Kaminski, 2009), indicado para alimentar gado (Mendonça e Ferraz, 2007). A queima das cascas das sementes e/ou resíduo da extração é usada como repelente de insetos (Menezes, 2005; Costa, 2008; Mendonça e Ferraz, 2007) ou ainda utilizado como adubo orgânico (Menezes, 2005), é importante ressaltar que os usos descritos acima são relatados por comunitárias em diferentes regiões da Amazônia.

**Tabela 10-** Qualidade dos óleos e uso da torta de andiroba extraídos pelas Usinas do Amazonas e Rondônia.

Usina	Índice de acidez mg KOH g <sup>-1</sup> óleo	Índice de peróxido meq 1000g <sup>-1</sup>	Uso da torta
A	47,77	1,11	não usa
B	36,19	1,86	produção velas
C	***	***	não usa
D	98,58	1,72	composto orgânico
E	60,53	0,76	não usa

\*\*\* não tinha amostra de óleo

### 5.3 Quantidade e qualidade do óleo extraível por meio de prensa de duas espécies de andiroba

#### Quantidade de óleo extraível

A quantidade de óleo extraível para as duas espécies de andiroba tiveram diferença significativa em relação a temperatura ( $p < 0,01$ ) e umidade ( $p < 0,01$ ). Verificou-se também interação significativa entre temperatura e umidade ( $p < 0,01$ ) para as duas espécies testadas (Tabela 11).



**Tabela 11** – Análise de variância dos valores médios da quantidade de óleo extraível (ml) de 1kg de amêndoas por prensa de 15 toneladas em função dos fatores de temperatura e umidade para as duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*).

<b>Carapa</b>	<b>Tratamento</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b><i>surinamensis</i></b>	Temperatura	2	37553,72576	18776,86288	32,5340 **
	Umidade	2	7366,38677	3683,19339	6,3817 **
	Temp. x Umid.	4	34669,42136	8667,35534	15,0176 **
	Tratamentos	8	79589,53389	9948,69174	17,2378 **
	Resíduos	27	15582,92150	577,14524	
	Total	35	95172,45539		
<b>Carapa</b>	<b>Tratamento</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b><i>guianensis</i></b>	Temperatura	2	104609,85949	52304,92974	109,9166 **
	Umidade	2	12057,56642	6028,78321	12,6692 **
	Temp. x Umid.	4	19136,13563	4784,03391	10,0534 **
	Tratamentos	8	135803,56154	16975,44519	35,6732 **
	Resíduos	27	12848,22215	475,86008	
	Total	35	148651,78369		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ )

ns não significativo ( $p \geq 0,05$ )

A quantidade de óleo extraível foi maior usando sementes da *C. surinamensis* em relação a *C. guianensis* independente da temperatura e umidade de secagem (Tabela 12).

Verificou-se também que a temperatura de secagem influenciou na quantidade de óleo extraível para as duas espécies, com maior liberação de óleo a 40°C ( $p < 0,01$ ) em relação as demais temperaturas testadas (Tabela 12).

A quantidade de óleo extraível também foi afetada pela umidade final das amêndoas. O aumento do teor de água das amêndoas submetidas a secagem a baixa temperatura contribui para maior liberação de óleo, contudo o comportamento foi inverso a 80°C para as duas espécies (Tabela 12).

Desse modo, pode-se verificar também que secando as sementes a 40°C até 10% de umidade seriam necessários 2,7 kg de amêndoas da *C. surinamensis* para extrair um litro de óleo e 3,0 kg da *C. guianensis* (Tabela 12). Deve-se salientar que no experimento foram utilizadas apenas amêndoas sem cascas e a extração ocorreu em prensa hidráulica, possivelmente o

manejo das sementes combinado a extração em prensa mecânica tipo expeller teria aumentado a quantidade de óleo extraível.

**Tabela 12** – Valores médios da quantidade de óleo extraível (ml) a partir de 1kg de amêndoas de duas espécies de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) em prensa hidráulica de 15 toneladas em função da interação entre os fatores de temperatura e umidade.

<i>C. surinamensis</i>	Temperatura (°C)	Teor de água (%)		
		6	8	10
	40	360,45 aA	367,93 aA	368,13 aA
	60	254,02 bB	302,84 bA	305,45 bA
	80	360,31 aA	346,52 aA	239,20 cB

CV%=7,44 dms para coluna = 42,0684 (letras minúsculas) dms para linha = 42,0684 (letras maiúsculas)

<i>C. guianensis</i>	Temperatura (°C)	Teor de água (%)		
		6	8	10
	40	282,27 aB	313,41 aAB	329,79 aA
	60	191,25 bC	236,15 bB	302,41 aA
	80	185,06 bA	183,70 cA	160,58 bA

CV%=8,99 dms para coluna = 38,1991 (letras minúsculas) dms para linha = 38,1991 (letras maiúsculas)

As sementes grandes ovais ou esféricas são geralmente sensíveis a dessecação, o fato de serem volumosas reduz a velocidade de perda de água (Tweddle et al., 2003), o que justifica serem secas sob baixas temperaturas (40 a 60°C) para que seja possível a difusão da umidade para a superfície, sem ocasionar o endurecimento superficial e o conseqüente impedimento da evaporação da umidade no interior (Biagi et al., 1992). Pighinelli et al (2008) ao estudarem otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa tipo expeller verificaram que o maior rendimento de óleo foi para temperaturas entre 50 e 65°C e teor de umidade entre 10 e 10,8% semelhante a este experimento.

No entanto, outros experimentos demonstram que com aumento da temperatura e diminuição do teor de água das sementes aumentam a quantidade de óleo extraível, por exemplo, trabalho realizado com sementes de cambre por Sigh et al (2002) e grãos de girassol (Pighinelli et al., 2009). É importante ressaltar que os trabalhos citados foram realizados com espécies agrícolas, ortodoxas e menores do que as sementes de andiroba.

Sementes ortodoxas a aquisição da tolerância a dessecação ocorre ao final do desenvolvimento, fase na qual há acúmulo de reservas e os mecanismos de proteção como a produção de osmoprotetores, carboidratos, antioxidantes, proteínas LEAs (*late embryogenesis abundant*) e proteínas de choque térmico (Kranner et al., 2010) são ativados, preparando a semente para a secagem de maturação e possibilitando sua sobrevivência em estado seco. Em sementes sensíveis, como as recalcitrantes, não passam pela fase de secagem, esses mecanismos podem não ser ativados ou, muitas vezes se manifestam de forma incompleta, gerando um acúmulo insuficiente de moléculas protetoras, dando origem a sementes suscetíveis as injúrias quando submetidas à secagem (Kermode e Finch-Savage, 2002; Pammenter e Berjak, 1999).

Além da combinação da temperatura e umidade das sementes antes da extração, o rendimento de óleo pode ser afetado ainda por parâmetros construtivos da prensa, como dimensionamento do eixo sem fim e pressão aplicada sobre a massa de grãos (Pighinelli et al., 2008). Owolarafe et al (2002) compararam a eficiência da extração de óleo de palma usando prensa do tipo expeller e prensa hidráulica. Os autores registraram maior extração de óleo usando prensa expeller (79,3%), enquanto a prensa hidráulica rendeu apenas 67,0% de óleo.

A quantidade de óleo extraível por quilo de semente para as duas espécies de andiroba (2,7kg de sementes da *C. surinamensis* e 3 kg da *C. guianensis* para obter 1litro de óleo) foram maiores nesse experimento do que no trabalho de Mellinger (2006) na comunidade Boa Esperança, Amazonas que são usados 4,55 kg de sementes *C. guianensis* para produzir 1 litro de óleo por meio de prensa expeller.

No Amapá, Gomes (2010) comparou a extração do óleo por meio de prensa mecânica de 9 toneladas usando sementes da *C. guianensis* secas a 70°C até peso constante provenientes da terra firme e várzea. A maior quantidade de óleo foi obtido das sementes de várzea (203,2kg para obter 215 l de óleo, ou seja, 4,9 kg de sementes para obter litro de óleo) em relação a terra firme (158,6kg sementes para 170 l de óleo, o que equivale a 5,8 kg de sementes para litro de óleo).

As fábricas de óleo da Amazônia, onde as sementes de andiroba são quebradas em pedaços pequenos, que são aquecidos e prensados, é de 8 a 12 litros para 40 kg de sementes (Shanley, 2005), ou seja, de 3,3 a 5 kg de sementes por litro. Isso se deve possivelmente ao aquecimento das amêndoas que aumenta a fluidez do óleo. Os autores descrevem apenas a quantidade de óleo extraível sem detalhar o processamento e os efeitos do manejo sobre a qualidade dos óleos.

A rentabilidade de óleo declarada pelos cooperados foi menor em três das cinco usinas avaliadas no Amazonas e Rondônia, utilizam de 3,3 a 6 kg de sementes para obter um litro de óleo. É importante ressaltar que as usinas processam as duas espécies de andiroba misturadas e a prensagem é realizada com as sementes trituradas com casca e não há controle do teor de umidade das sementes antes da prensagem.

A mistura das duas espécies de andiroba e o teor de água das sementes abaixo de 10% assim como a prensagem das sementes com casca, possivelmente explique porque mesmo após duas prensagens, raramente as indústrias na Amazônia exceda 30% de rendimento de óleo (Pinto, 1956).

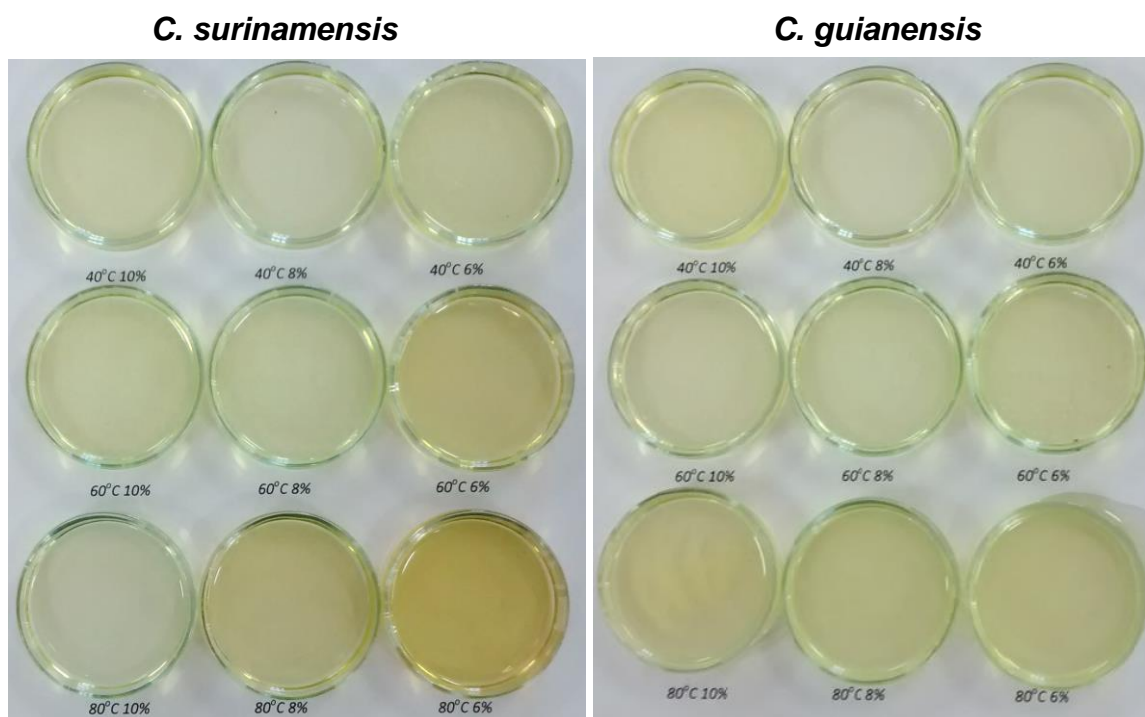
Deve-se considerar ainda que a alta variabilidade genética entre as andirobeiras e o microclima pode influenciar no teor de óleo das sementes (Pantoja et al., 2007). Pradhan et al (2011) indicam a necessidade de estudos que identifique a temperatura ideal para coagulação de proteínas, ruptura das células e redução da viscosidade do óleo, conseqüentemente maior liberação de óleo de sementes recalcitrantes, em especial para andiroba. Além disso, é importante avaliar o manejo das sementes sobre a qualidade do óleo extraível.

## Qualidade do óleo

O índice de acidez dos óleos da *C. surinamensis* (3,37 a 12,52 mg KOH g<sup>-1</sup>) foi maior comparado a *C. guianensis* (2,14 a 4,74 mg KOH g<sup>-1</sup>) (Tabela 13).

Os óleos da *C. guianensis* em quase todos os tratamentos tiveram índices de acidez menores do que o valor estabelecido pela Resolução 270 de 2005 da ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária) para óleos brutos prensados a frio (4,0 mg KOH g<sup>-1</sup>) (Tabela 13).

Verificou-se também que o aumento da temperatura alterou a coloração do óleo, sendo mais evidente nos óleos da *C. surinamensis* do que da *C. guianensis* (Figura 7). Deve-se considerar que as sementes da *C. surinamensis* são menores e tem casca menos espessa do que a *C. guianensis* (Mendonça et al., 2015; Ferraz et al., 2002), conseqüentemente sofrem maiores injúrias com a secagem.



**Figura 7** – Coloração dos óleos de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) submetidos a diferentes temperaturas de secagem antes da extração por prensa.

A temperatura é um dos fatores mais importantes, podendo afetar as propriedades físico-químicas do óleo, levar a rancificação de gorduras e alterar pigmentos quando submetidos a altas temperaturas. Dessa forma, a seleção

das condições de operação (tipo de secagem e tempo) que minimizam essas alterações é importante para obtenção de produtos de qualidade (Nogueira, 1992; Aquino et al., 2009).

Quanto à oxidação do óleo, o índice de peróxido dos óleos das duas espécies de andiroba foram menores do que o valor máximo estabelecido pela Resolução 270 de 2005 da ANVISA (15 meq kg<sup>-1</sup> de óleo) (Tabela 13).

**Tabela 13** – Qualidade do óleo de andiroba extraível por meio de prensa hidráulica de 15 toneladas em função da temperatura e umidade das amêndoas das duas espécies.

Temp. (oC) x Umid. (%)	<i>C. surinamensis</i>			
	<i>Acidez</i> mg KOH g <sup>-1</sup>	<i>Peróxido</i> meq kg <sup>-1</sup> de óleo	<i>Iodo</i> mg I <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup>	<i>Saponificação</i> mg KOH g <sup>-1</sup>
40 x 6	4,48	0,32	74,08	215,83
40 x 8	5,03	0,53	83,88	204,99
40 x 10	<b>5,39</b>	<b>1,12</b>	<b>80,56</b>	<b>206,14</b>
60 x 6	5,67	0,88	76,16	209,00
60 x 8	3,37	0,59	72,11	210,11
60 x 10	4,49	1,44	75,81	211,97
80 x 6	8,13	2,44	75,03	218,54
80 x 8	10,22	0,79	72,56	210,14
80 x 10	12,52	0,61	69,66	184,90
Temp. (oC) x Umid. (%)	<i>C. guianensis</i>			
	<i>Acidez</i> mg KOH g <sup>-1</sup>	<i>Peróxido</i> meq kg <sup>-1</sup> de óleo	<i>Iodo</i> mg I <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup>	<i>Saponificação</i> mg KOH g <sup>-1</sup>
40 x 6	2,24	0,46	70,39	163,13
40 x 8	3,05	0,74	76,26	208,74
40 x 10	<b>3,60</b>	<b>0,85</b>	<b>72,59</b>	<b>202,69</b>
60 x 6	4,00	0,34	63,89	209,86
60 x 8	4,74	0,30	59,03	211,02
60 x 10	3,61	0,15	63,74	208,31
80 x 6	2,14	2,26	67,53	192,03
80 x 8	2,27	2,28	67,00	192,44
80 x 10	4,30	2,26	65,41	198,01

O índice de acidez e o índice de peróxido são descritos como parâmetros referenciais para determinar a qualidade da conservação de óleos (Brasil, 2005).

Os índices de acidez e peróxidos dos óleos de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) nesse experimento em todos os tratamentos foram menores do que os óleos extraídos pelas usinas do Amazonas e Rondônia que tiveram acidez variando de 36,19 a 98,58 mg KOH g<sup>-1</sup> e índice de peróxido de 0,76 a 1,86 meq kg<sup>-1</sup> de óleo.

Experimento realizado com sementes das duas espécies de andiroba com e sem casca, secos a 40°C com teor de umidade de 6% usados na extração do óleo por prensa hidráulica demonstrou que a presença da casca diminuiu a quantidade de óleo extraível e aumentou os índices de acidez e peróxidos (Tabela 14), o que justifica possivelmente o menor rendimento das usinas e ainda a menor qualidade do óleo em relação aos índices de acidez e peróxidos.

**Tabela 14** – Quantidade de óleo extraível, índices de acidez e peróxido dos óleos de andiroba (*C. surinamensis* e *C. guianensis*) extraídos por prensa hidráulica de 15 toneladas por 4 horas usando um 1kg de sementes com e sem casca secos a 40°C a 6% de umidade das sementes.

<b>Carapa</b>	<b>Sementes</b>	<b>Quantidade de óleo (ml)</b>	<b>Acidez mg KOH g<sup>-1</sup></b>	<b>peróxido meq kg<sup>-1</sup> de óleo</b>
<i>surinamensis</i>	com casca	205,98	28,76	0,38
	sem casca	360,45	4,48	0,32
<i>guianensis</i>	com casca	91,99	3,58	0,29
	sem casca	264,40	2,24	0,46

O índice de iodo foi maior nos óleos da *C. surinamensis* (69,66 a 83,88 mg I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>) comparado a *C. guianensis* (59,03 a 76,26 mg I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>), possivelmente deve-se ao maior grau de insaturação das cadeias carbônicas do óleo da *C. surinamensis*, visto que o índice de iodo está relacionado com o grau de insaturação das cadeias carbônicas (Ramalho et al., 2011).

Verificou-se também que os maiores índices de iodo para as duas espécies foram a temperatura de 40°C em relação as demais temperaturas testadas (Tabela 13), os altos valores podem ser explicados pela maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados.

O índice de saponificação da *C. surinamensis* (204,99 a 218,54 mg KOH g<sup>-1</sup>) foi maior do que na *C. guianensis* (168,13 a 211,02 mg KOH g<sup>-1</sup>) (Tabela 13). O índice de saponificação está relacionado com as características específicas de cada óleo vegetal, como comprimento de cadeias e números de insaturações (Moretto e Fett, 1998).

Melo et al (2014) avaliaram óleo de andiroba como biocombustível, os autores identificaram índice de acidez de 23,19 mg KOH g<sup>-1</sup>, índice de peróxido de 10,12 meq kg<sup>-1</sup> e índice de iodo de 56,25 mg I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>. O óleo usado pelos autores foi comprado no mercado de óleos vegetais, não descreveram a espécie, o método de extração nem tão pouco se o óleo era refinado.

Estudo realizado por Vasconcelos et al (2009) testaram diferentes métodos de extração do óleo de andiroba (*C. guianensis*): prensagem das sementes com 5% de umidade, acondicionada a 70°C por 3 horas, extração artesanal, extração por solvente das sementes *in natura* e fermentadas. O menor rendimento de óleo foi obtido a partir da prensagem de sementes a 5% de umidade (12,29%) e o maior rendimento a partir da extração por solvente de sementes fermentadas (29,74%). Os índices de acidez foram 8,82 e 10,66 mg KOH g<sup>-1</sup>, índice de peróxido de 8,38 e 7,17 meq kg<sup>-1</sup>, índice de iodo de 65,40 e 64,61 e índice de saponificação de 195,48 e 191,04 para os métodos de menor e maior rendimento, respectivamente. Os valores dos índices de acidez e peróxidos foram superiores ao da Resolução 270 de 2005 da ANVISA, contudo os autores não detalharam o manejo das sementes nem tão pouco o procedimento de extração.

O óleo de andiroba é constituído basicamente dos ácidos graxos: palmítico, palmitolêico, esteárico, oléico, linoléico, linolênico, araquídico. Destes, o ácido oléico é encontrado em maior quantidade (> 52%) seguido pelo palmítico (>26%) (Carvalho, 2004; Oliveira, 2008).

A presença de material saponificável no óleo, onde se destaca a alta percentagem de ácidos graxos insaturados, é de grande interesse da indústria de cosméticos. Uma pequena porcentagem (2 a 5%) do óleo é constituída por limonóides (Ambrozín et al., 2006), substâncias estas de comprovada ação repelente (Mikolajczak, 1988).



O perfil de ácidos graxos tem forte relação com a oxidação lipídica, pois quanto maior a quantidade de ácidos graxos insaturados, maior a possibilidade de degradação oxidativa (Krichene et al., 2010; Silva et al., 2010).

Desse modo, fica evidente que os pré-tratamentos antes da extração do óleo combinado ao método de extração influenciam diretamente na quantidade e qualidade do óleo.

## **6. Conclusão**

### **Secagem em estufa**

O teor de água e o tempo de secagem das sementes da *C. surinamensis* foram menores em relação a *C. guianensis*.

O modelo logarítmico apresentou os melhores valores para coeficiente de determinação, magnitude do erro médio relativo e desvio padrão da estimativa em relação aos demais modelos testado, podendo ser utilizado para descrever o processo de secagem das sementes das duas espécies de andiroba.

Os modelos matemáticos Logaritmico e Midilli et al (2002) foram os que melhor se ajustaram aos dados experimentais para as sementes da *C. guianensis*.

### **Secagem em secador solar**

Os modelos matemáticos logarítmico e Midilli et al. (2002) foram os que melhor se ajustaram aos dados experimentais para as sementes das duas espécies de andiroba.

O tempo de secagem em secador solar para as sementes da *Carapa surinamensis* foi menor do que para *Carapa guianensis*.

## **Levantamento do processo de extração do óleo nas usinas no Amazonas e Rondônia**

As cooperativas devem estimular a formação de plantios das espécies de andiroba, a fim de evitar uma sobreexploração de sementes nas áreas de ocorrência natural e ainda garantir a oferta de sementes no longo prazo. Além disso, é essencial que padrões de coleta assegurem também a saúde do trabalhador.

Os cooperados das usinas no Amazonas e Rondônia misturam as sementes das duas espécies de andiroba, desconsideram o teor de água inicial e final das sementes, trituram e prensam as sementes com casca, o que afeta a quantidade e a qualidade de óleo extraível comparado aos dados experimentais realizados neste estudo. Evidenciado que o manejo combinado a secagem das sementes afetam a quantidade e qualidade do óleo extraível.

Em todas as usinas entrevistadas os índices de acidez e peróxido dos óleos extraídos foram superiores aos valores máximos permitidos pela Resolução 270 de 2005 da ANVISA para óleos vegetais brutos prensados a frio.

Sugere-se a implantação de secadores em diferentes pontos de coleta, a fim de diminuir a perda das sementes bem como a capacitação de cooperados no manejo das sementes, secagem e extração do óleo por prensa.

### **Quantidade e qualidade do óleo extraível**

O aumento da temperatura e diminuição do teor de água afetam a quantidade e qualidade do óleo extraível das duas espécies de andiroba.

A *C. surinamensis* apresentou maior quantidade de óleo em todos os tratamentos testados em relação a *C. guianensis*.

A maior quantidade de óleo extraível das duas espécies de andiroba foi obtida com a secagem das amêndoas a 40°C a 10% de umidade comparado aos demais tratamentos e usinas avaliadas no Amazonas e Rondônia.

Os óleos da *C. surinamensis* tiveram os valores dos índices de qualidade maiores do que da *C. guianensis*.

## 7. Referências Bibliográficas

Adolfo Lutz. 2008. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª.edição.1ª.edição digital. p.595-629.

Aguirre, R.; Peske, S.T. 1992. Manual para el beneficio de semilla. 2 ed. Cáli, Colômbia: CIAT.248p.

Akinoso, R. et al. Design, fabrication and testing of a roaster for palm (*Elaeis guineensis*) kernel. J. Food Sci. Technol., v.45, n.1, p. 92-93, 2008.

Almeida, F. de A. C.; Duarte, M. E. M.; Mata, M. E. R. M. C. Tecnologia de armazenamento em sementes. Campina Grande: UFCG, 2006. 402p.

Ambrozin, A. R. P.; Leite, A.C.; Bueno, F. C.; Vieira, P. C.; Fernandes, J. B.; Bueno, O. C.; Silva, M. F. G. F.; Pagnocca, F. C.; Hebling, M. J. A.; Bacci Jr, M.B. Limonoids from andiroba oil and cedrela fissilis and their insecticidal activity. Journal of the Brazilian Chemical Society, São Paulo vol. 17, n.3, p.542-547, 2006.

Andrade, E. T.; Borém, F. M.; Hardoim, P. R. Cinética de secagem do café cereja, boia e cereja desmucilado, em quatro diferentes tipos de terreiros. Revista Brasileira de Armazenamento, n.7, p.37-43, 2003.

Angelucci, E.; Carvalho, L. R.; Carvalho, N. R. P.; Figueiredo, B. I.; Mantovani, B. M. D.; Moraes, M. R. 1987. Análise química de alimentos: manual técnico. São Paulo, 123p.

Aquino, L.P. 2007. Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*): influencia das variáveis operacionais. Dissertação mestrado, UFLA, MG, 95p.

Aquino, L. P.; Ferrua, F. Q.; Borges, S. V.; Antoniassi, R.; Correa, J. L. G.; Cirillo, M. A. Influencia da secagem do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) na qualidade do óleo extraído. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 29(2):354-357, 2009.

Araújo, J.M.A. Química de Alimentos: teoria e prática. 2.ed. Viçosa: UFV, 416p. 1999.

Aublet, F. 1777. Histoire des plantes de la Guiane Française et texte. Reimpressão do original publicado em 1775. J.Cramer: Vaduz, Lichtenstein. Vol.1, 32-34p.

Babalís, S. J.; Belessiotis, V. G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. Journal of Food Engineering, v.65, p.449-458, 2004.

Barbosa-Cánovas, G.V.; Veja-Mercado, H. 2000. Deshidratación de alimentos. Ed. ACRIBIA S.A., 297p.

Barrozo, M.A.S et al. The use of the orthogonal collocation method on the study of the drying kinetics of soybean seeds. *Journal of stored products research*, v. 42, n. 03, p. 348-356. 2006.

Baud, L.M.L.; Villela, F.A.; Cavariani, C. 1999. Princípios de secagem. *Seed News*, Pelotas-RS, n.10, p.20-27.

Beerens, P. 2007. Screw-pressing of *Jatropha* seeds for fuelling purposes in less developed countries. Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 87p.

Berbert, P.A.; Queiroz, D.M.; Silva, J.S.; Pinheiro Filho, J.B. 1995. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.60, p.167-173.

Biagi, J.D. et al. Secagem de grãos para unidades centrais de armazenamento. In: Lorini, I. et al. Campinas: Instituto BioGeneziz (IBG), 2002. V.1, p.289-308.

Biagi, J. D.; Valentini, S. R. T.; Queiroz, D. M. Secagem de Produtos Agrícolas. In: CORTEZ, L. A. B.; MAGALHÃES, P. S. G. (Eds.). *Introdução a Engenharia Agrícola*. Campinas: Unicamp, p. 245-265. 1992.

Borém, F.M.; Coradi, P.C.; Saath, R.; Oliveira, J.A. Qualidade do café natural e despulpado após a secagem em terreiros e com altas temperaturas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, 2008.

Boufleuer, N. T. Aspectos ecológicos de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet., Meliaceae) como subsídio ao manejo e conservação. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2004.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília: MARA. 2009. 365p.

Brasil. Resolução RDC/ANVISA/MS nº 270, de 22 setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1.

Brenes, M.; garcía, A.; Dobarganes, M. C., et al. Influence of Termal Treatments Simulating Cooking Proceses on the Polyphenol Content in Virgin Olive Oil, *J. Agric Food Chem*, v.50, n21, p.5062 – 5967, 2002.

Brooker, D.B.; Bakker-Arkema, F.W.; Hall, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds, Westport: The AVI Publising Company, 1992.

Calle, D. A.C., Vieira, G., Noda, H. Práticas de uso e manejo tradicional de *Carapa* spp. (andiroba) na Reserva Extrativista do Rio Jutai, Amazonas, Brasil. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 9, n. 2, p. 519-540, 2014

Carvalho, N.M. 1994. A secagem de sementes. Jaboticabal:Funep, 165p.

Carvalho, J. C. T. Fitoterápicos antiinflamatórios (aspectos químicos, farmacológicos e aplicações terapêuticas). 1ª. Ed. São Paulo: Tecmedd Editora, v.1. 480p. 2004.

Cavalcanti, M. A.,Correa, A. de A., Santos, N. S.dos S. Briquetes de resíduos agrofloretais da Amazônia. Revista da Madeira, Ed. nº. 125, 2010.

Cavalcanti Mata, M. E. R. M.; Almeida, F. de A. C.; Duarte, M. E. M. Secagem de Sementes. In: Almeida, F. de A. C.; Duarte, M. E. M.; Mata, M. E. R. M. C. Tecnologia de armazenamento em sementes. Campina Grande: UFCG, 2006.

Cavariani, C. 1996. Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar. Tese de doutorado. Esalq-USP, 85p.

Chow, C.K. 2008.Fatty acids in foods and their health implications, 3<sup>th</sup> ed., (Taylor & Francis Ltd, New York).

Conab. Sistema Institucional - Regimento Interno. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_10\\_23\\_15\\_43\\_00\\_10.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_10_23_15_43_00_10.pdf)>. Acesso em 16 de junho de 2013.

Conab. Nota Técnica. PGPM-Bio na SUREG/CE. Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade. Subvenção Direta ao Produtor Extrativista – SDPE. 2012.

Côrrea, P.C. et al. Sorption isotherms and isotheric heat of peanut pods, kernels and hulls. Food Science Technology International, v.13, n.03, p.230-237, 2007.

Côrrea, P.C.; Martins, A. J. H.; Christ, D. Thin layer drying rate and loss of viability modeling for rapessed (canola). Journal of Agricultural Engineering Research. V. 74, n.01, p.33-39, 1999.

Corrêa, P. C.; Oliveira, G. H. H.; Botelho, F. M.; Goneli, A. L. D.; Carvalho, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica*L.) durante o processo de secagem. Revista Ceres, v.57, p.595-601, 2010.

Custódio, A. F. (2003). Modelagem e Simulação do Processo de Separação de Óleo de Soja-Hexano por Evaporação. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

Deiana, M.; Rosa, A.; Cao, C.F., et al. Novel Approach to Study Oxidative Stability of Extra Virgin Olive Oils: Importance of  $\alpha$ -Tocopherol Concentration, J. Agric. Food Chem., v.50, n15, p.4342 – 4346, 2002.

Draper, N. R.; Smith, H. Applied regression analysis. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 712p.

Elias, M. C.; Guerra, R. A.; Elias, S. A. A.; Antunes, P. L. Operações de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. In: Elias, M.C (ed.) Pós-colheita de arroz: Secagem, armazenamento e qualidade. Pelotas: Edgraf UFPel, 2007. p.147-244.

Espín, J.C.; Soler-Rivas, C.; Wichers, H.J. Characterization of the Total Free Radical Scavenger Capacity of Vegetable Oils and Oil Fractions Using 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical, J.Agric. Food Chem, CEBAS-CSIC, v. 48, p. 648-656, 2000.

Faria, A. A.; Leles, M. I. G.; Ionashiro, M., et al. Estudo da Estabilidade Térmica de Óleos e Gorduras Vegetais por TG/DTG e DTA, Ecl. Quím, São Paulo, v. 27, p. 111-119, 2002.

Farias, M. P. O., Wanderley, A. G., Teixeira, W.C., Alves, L. C., Faustino, M. A. G. Avaliação in vitro dos efeitos do óleo da semente de *Carapa guianensis* Aubl. sobre larvas de nematóides gastrintestinais de caprinos e ovinos. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.12, n.2, p.220-226, 2010.

Ferrari, R. A.; Oliveira, V. S.; Scabio, A. Oxidative stability of biodiesel from soybean oil fatty acid ethyl esters. Scientia Agrícola, v.62, n.3, p.291-295. 2005.

Ferraz, I. D. K.; Camargo, J. L. C.; Sampaio, P. T. B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera*, D.C): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. Acta Amazonica, Manaus v. 32, n. 4, p. 647-661, abr. 2002.

Ferreira, M. R. A.; Santiago, R. R.; Souza, T. P. de; Egito, E. S. T.; Oliveira, E. E.; Soares, L. A. L. Development and evaluation of emulsions from *Carapa guianensis* (Andiroba) oil. American Association of Pharmaceutical Scientists, v. 11, n. 3, p. 1383-90, set. 2010.

Franke, L. B.; Torres, M. A. P.; Lopes, R. R. Performance of different drying methods and their effects on the physiological quality of grain sorghum seeds (*S. bicolor* (L.) Moench). Revista Brasileira de Sementes, v.30, p.177-184, 2008.

Freire, D. da C. B.; Brito-Filha, C. R. da C.; Carvalho-Zilse, G. A. Efeito dos óleos vegetais de andiroba (*Carapa* sp.) e Copaíba (*Copaifera* sp.) sobre forídeo, pragas de colméias, (Diptera: Phoridae) na Amazônia Central. Acta Amazonica, v. 36, n. 3, p. 365-368, 2006.

- Galdino, A. P. P. Estudos de mercado: andiroba, buriti/ muriti, murumuru. Gurupá [s.n.]. Relatório técnico. 2007.
- Garcia, D.C.; Barros, A.C.S.A.; Peske, S.T.; Menezes, N.L. 2004. A secagem de sementes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.2, p.603-608.
- Garcia, C. C.; Franco, P.I.B.M; Zuppa, T.; Antoniosi Filho, N.R.; Leles, M.I.G. Thermal stability studies of some Cerrado plant oils. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v.87, n.3,p.645-648, 2007.
- Geankopolis, C. J. Transport processes and separations process principles. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
- Gomes, H. S. R. Estrutura populacional e produção de andiroba em terra firme e várzea no sul do Amapá. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá. 2010.
- Gonçalves, V. A. 2001. Levantamento de mercado de produtos florestais não madeireiros. Santarém:ProManejo, IBAMA, 65p.
- Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Afonso Júnior, P. C.; Oliveira, G. H. H. 2009 Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa-MG, n.11, p.64-73. Especial café.
- Goneli, A. L. D. Variação das propriedades físicas-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento. 2008. 186p. Viçosa: UFV. Tese Doutorado.
- Grenand, P.; Moretti, C.; Jacquemin, H. 1987. Pharmacopéestraditionnelles en Guyane.GuyaneFrançaise. Collection Mémoires 108.Edition de L'Orstom. 569p.
- Guarino, E. de S. G., Gessner, C. M., Wadt, L. H. de O., Fonseca, F. L. da., Raposo, A. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. *Sci. For.*, Piracicaba, v.42, n.101, p.91-99, 2014.
- Guedes, M.C., Souto, E. B., Correa, C. e Gomes, H. S.R. Produção de sementes e óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) em área de várzea do Amapá. *In: Seminário do Projeto Kamukaia Manejo Sustentável de Produtos Florestais Não Madeireiros na Amazônia*. Embrapa Acre, 2008.



Guedes, A. M. M.; Faria, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.2, p.73-86, 2000.

Gunstone, F. D. (2005). *Vegetables oils*. In: F. Shahidi (6 ed.), *Bailey's Industrial oil and fat products* New York: Wiley-Interscience.213-267p.

Henderson, S. M.; Pabis, S. Grain drying theory: Temperature effect on drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, v.39, p.37-44. 1961.

Hidalgo, F. J.; Zamora, R. Edible oil analysis by high-resolution nuclear magnetic resonance spectroscopy: recent advances and future perspectives, *Trends in Food Science & Technology*, v. 14, p. 499 – 506. 2003.

Hojilla-Evangelista, M.P., Johnson, L.A. 2002. Factors affecting oil extraction/water adsorption in sequential extraction processing of corn. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v.7, n.8, p.815-823.

IDAM. 2009. Boas práticas de coleta e extração do óleo de andiroba. Manaus. 20p.

Jesus-Barros, C. R.; Lira-Guedes, A. C.; Guedes, M. C.; Carmo, S. F. S. do; Rodrigues, L. S. Perdas na produção de sementes de andiroba ocasionadas pela broca-da-andiroba (*Hypsipyla* spp.) (Lepidoptera: Pyralidae) no sul do Estado do Amapá. *Comunicado Técnico*. Embrapa, Macapá, AP. 2014.

Jittanit, W. Kinetics and temperature dependent moisture diffusivities of pumpkin seeds during drying. *Kasetsart Journal: Natural Science*, v.45, p.147-158, 2011.

Kashaninejad, M.; Mortazavi, A.; Safekordi, A.; Tabil, L. G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. *Journal of Food Engineering*, v.78, p.98-108, 2007.

Keey, R.B. 1972. *Drying: Principles and practice*. New York: Pergamon Press. 358p.

Kenfack, D. Resurrection in *Carapa* (Meliaceae): a reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. *Botanical Journal of the Linnean Society, London*, v. 165, n. 2, p. 186–221, 2011

Kenfack, D. Resurrection in *Carapa* (Meliaceae): A reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. *Botanical Journal of Linnean Society*, v.165, p.86-221. 2011.

Kermode, A. R.; Finch-Savage, B. E. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In: Black, M.; Pritchard, H. W. Desiccation and survival in plants: drying without dying. Londres: CABI, p.149-184. 2002.

Klimas, C. A.; Kainer, K. A.; Wadt, L. H. O. Population structure of *Carapa guianensis* in two Forest types in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, v.250 (3) 256-265, 2007.

Knothe, G.; Gerpen, J. V.; Krahl, J. *The Biodiesel Handbook*. 2005, 302 p.

Kranner, I. et al. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. *New Phytologist*, Cambridge, v.188, 655-673. 2010.

Krichene, D.; Allalout, A.; Mancebo-Campos, V.; Salvador, M. D.; Zarrouk, M.; Fregapane, G. Stability of virgin olive oil and behavior of its natural antioxidants under medium temperature accelerated storage conditions. *Food Chemistry*. London, v. 121, n. 1, p.171-177, 2010.

Lacerda Filho, A.F.; Silva, J.S.; Sedyama, G.C. Comparação entre materiais de pavimentação de terreiro para a secagem de café. *Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, Especial Café*, n.9, p.83-93, 2006.

Luz, C.A.S.; Peske, S.T. Secagem de arroz em secador intermitente lento. *Revista Brasileira de sementes, Brasília*, v.10,n.2, p.103-114. 1988.

Madamba, P.S.; Driscoll, R.H.; Buckle, K.A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, v.29, p.75-97, 1996.

Madhavan, K. et al. Quality of copra in relation to the drying methods. *J. Plant. Crops*, v. 31, n.1, p. 60-61, 2003.

Martinazzo, A. P.; Corrêa, P. C.; Resende, O.; Melo, E. C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*, v.11, p.301-306, 2007.

Maués, M.M. Estratégias reprodutivas de espécies arbóreas e a sua importância para o manejo e conservação florestal: Floresta Nacional do Tapajós (Belterra-PA). *Dissertação Mestrado em Ciências Biológicas – Universidade de Brasília*, 2006.

Medeiros, A. C. S.; Eira, M. T. S. Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas. Colombo: EMBRAPA. 13p. 2006.

Medina-Juarez, L. A., Gamez, M. N., Ortega, G. J., Noriega, R. J. A. &Angulo, G. O. (2000). Trans fatty acid composition and tocopherol content in vegetable oils produced in Mexico. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 77, 721–724.

Mellinger, L. L. Aspectos da regeneração natural e produção de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (AM). 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas/Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2006.

Melo, M. A. M. F.; Melo, M. A. R. de.; Pontes, A. S. G. C.; Farias, A. F. F.; Dantas, M. B.; Calixto, C. D.; Souza, A. G. de.; Filho, J. R. de C. Non-conventional oils for biodiesel production: a study of thermal and oxidative stability. *J. Therm Anal Calorim.* 117:845-849, 2014.

Mendonça, A. P.; Ferraz, I. D. K. Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, usos e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 37, n. 3, p. 353-364, 2007.

Mendonça, A. P.; Sampaio, P. de T. B.; Almeida, F. A. C.; Ferreira, R. F.; Novais, J. M. Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* V.19, n.4, p.382-387, 2015.

Mendonça, F. A. C.; Silva, K. F. S.; Santos, K. K.; Ribeiro Júnior, K. A. L.; Sant'ana, A. E. G. Activities of some Brazilian against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. *Fitoterapia.* 76, 629-636. 2005.

Menezes, A. J. E. A. de. O histórico do sistema extrativo e a extração de óleo de andiroba cultivado no município de Tomé-Açu, Estado do Pará. XLIII Congresso da Sober. 2005.

Mertins, O.; Sebben, M. ; Schneider, P. H.; Pohlmann, A. R.; da Silveira, N. P. *Quim. Nova*, 31, 1856. 2008.

Midilli, A.; Kucuk, H.; Yapar, Z. A new model for single layer drying. *Drying Technology*, v.20, p.1503-1513, 2002.

Mikolajczak, K. L. A limonoid antifeedant from seed of *Carapa procera*. *Journal of Natural Products*, Washington, v.51(3):606-610, 1988.

Miot, H. A.; Batistella, R. F.; Batista, K. de A.; Volpato, D. E. C.; Augusto, L. S. T.; Madeira, N. G.; Haddad Jr, V.; MIOT, L. D. B. Comparative study of the topical effectiveness of the andiroba oil (*Carapa guianensis*) and deet 50% as repellent for *Aedes* sp. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 46, n. 5, p. 253-256, 2004.

Miranda Júnior, R. N. C.; Dolabela, M. F.; S., Milton, N. da; Póvoa, M. M.; Maia, J. G. S. Antiplasmodial activity of the andiroba (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) oil and its limonoid-rich fraction. *Journal of ethnopharmacology*, v. 142, n. 3, p. 679-83, 2012.

Miranda Júnior, R. N. C. Avaliação da atividade antiplasmódica in vitro dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.). 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

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

Monte, J. E. C.; Martins, J. H.; Lopes, D. C.; Monteiro, P. M. B.; Pinto, P. R. Sistema automático para secagem de produtos agrícolas em camada fina. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.30, p.307-312, 2008.

Monte, J. E. C.; Martins, J. H.; Lopes, D. C.; Monteiro, P. M. B.; Pinto, P. R. Sistema automático para secagem de produtos agrícolas em camada fina. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.30, p.307-312, 2008.

Moraes, M.L.B de. 2000. Comportamento da pressão estática e da frente de secagem em uma coluna de sementes de arroz. Tese de doutorado. UFPel, 50p.

Moretto, E.; Fett, R. *Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais*. São Paulo: Varela, 1998. 150p.

Moretto, E.; Fett, R.; Gonzaga, L.V. et al. *Introdução à Ciência de Alimentos*. Florianópolis: UFSC, 2002. 255Pp.

Nelson, D. L. & Cox, M. M. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. (5 ed.). São Paulo: Sarvier. 2011.

Neves, O.S.C. et al. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. *Revista Árvore*, v.28, n.3, p.343-9, 2004.

Nogueira, R. I. Secagem e desidratação de frutas e hortaliças. In: Nogueira, R. I (Ed.). *Curso de Processamento de Frutas e Hortaliças*. Rio de Janeiro: Embrapa, p.117-130, 1992.

Noomhorm, A.; Verma, L. R. Deep-bed rice drying simulation using two generalized single-layer models. *Transactions of the ASAE*, v. 29, n.5, p.1456-60, 1986.

O'Brien, R. D. *Fats and oils: formulating and processing for applications*. 2nd ed. New York: CRC/LLC, 2004. 573p.

Oetterer, M., Regitano-d'Arce, M. A. B. & Spoto, M. H. F. (2006). *Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos*. Barueri, SP: Manole.

Oliva, A. C. E. Qualidade de sementes de crambre submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento. São Paulo: UNESP. 2010. 87p. Dissertação Mestrado

Oliveira, R. A.; Oliveira, W. P.; Park, K. J. 2006. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. Engenharia Agrícola, Jacoticabal, v.26, n.1, p.181-189.

Oliveira, B. R.de. Desenvolvimento e avaliação de nanoemulsões com óleos de *Carapa guianensis* e *Copaifera* sp. e estudo da ação repelente frente a *Aedes aegypti*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 108p. 2008.

Ordoñez, P. J. A.; Rodriguez, M. I. C.; Alvarez, L. F.; Sanz, M. L. G.; Minguillón, G. D. G. F. et al. Tecnologia de alimentos –Alimentos de origem animal , Porto Alegre: Artmed, 2v., v. 2 , 2005.

Ozdemir, M.; Devres, Y. O. 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. Journal of Food Engineering, v.42, p.225-233.

Owolarafe, O. K.; Faborode, M. O.; Ajibola, O. O. Comparative evaluation of the digester-screw press and a hand-operated hydraulic press for palm fruit processing. Journal of Food Engineering 52:249-255. 2002.

Page, G. E. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. West Lafayette: Purdue University, s.p. M.S. Dissertation, 1949.

Pammenter, N. W.; Berjak, P. A. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. Seed Science Research, Cambridge, v.9, p.13-37, 1999.

Panchariya, P.C.; Popovic, D.; Sharma, A.L. 2002. Thin-layer modeling of black tea drying process. Journal of Food Engineering, v.52, p.349–357.

Pantoja, T. F. 2007. Descrição morfológica e análise da variabilidade genética para caracteres de frutos, sementes e processo germinativo associado à produtividade de óleo em matrizes de *Carapa guianensis* Aublet., uma Meliaceae da amazônia. 2007. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Agrárias e Veterinárias)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Parente, E.J. S. 2006. Biodiesel no plural. In: O Futuro da Indústria: biodiesel. Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, 14, Brasília-DF, p.91-104.

Park, K.J.; Vohnikoza, Z.; Brod, F.P.R. 2002. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). Journal of Food Engineering, v.51, p.193-199.

Pena, J. W. P. Frutificação, produção e predação de sementes de *Carapa guianensis* AUBL. (Meliaceae) na Amazônia Oriental Brasileira. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

Pereira, M. R. N. e Tonini, H. Fenologia da andiroba (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) no Sul do Estado de Roraima. Ciência Florestal, Santa Maria, v.22, n.1, p.47-58. 2012.

Perry, R. H.; Chilton, C. H. Manual de engenharia química. 5a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1986.

Pesce, C. 1941. Oleaginosas da Amazônia. Oficinas gráficas da Revista Veterinária, Belém, PA. P.66-69.

Pighinelli, A. L. M. T.; Park, K. J.; Rauen, A. M.; Bevilaqua, G.; Filho J. A. G. Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa tipo expeller. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28 (supl.): 66-71, 2008.

Pighinelli, A. L. M.; Park, K. P.; Rauen, A. M.; Oliveira, R. A. de. Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização. Rev. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.13, n.1, p.63-67, 2009.

Pinto, A. A. Avaliação de danos causados por insetos em sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e andirobinha (*C. procera*) (Meliaceae) na reserva florestal Ducke em Manaus, AM. Brasil. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2007.

Pinto, A.; Amaral, P.; Gaia, C.; Oliveira, W. de. Boas práticas para manejo florestal e agroindustrial produtos florestais não madeireiros: açaí, andiroba, babaçu, castanha-do-brasil, copaíba e unha-de-gato.. Belém-PA: Imazon; Manaus, Am: Sebrae-AM. 2010.

Pinto, G.P. Contribuição ao estudo químico do óleo de andiroba. Belém, IAN. (IAN. Boletim Técnico, 31). 1956.

Plowden, Campbell. The ecology and harvest of andiroba seeds for oil production in the Brazilian Amazon. Conservation & Society, v. 2, n. 2, p. 251-272, 2004.

Pradhan, R. C.; Mishra, S.; Naik, S. N.; Bhatnagar, N.; Vijay, V. K. Oil expression from jatropha seeds using a screw press expeller. *Biosystems Engineering* 109:158-166, 2011.

Prophiro, J.; Silva, M. A. N. da; Kanis, L.; Rocha, L. C. B. P. da; Duque-Luna, J.; Silva, O. Evaluation of time toxicity, residual effect, and growth-inhibiting property of *Carapa guianensis* and *Copaifera* sp. in *Aedes aegypti*. *Parasitology Research*, v. 110, p. 713-719, 2012.

Queiroz, J. A. L. D. 2007. Guia prático de manejo florestal para produção de frutos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e outros produtos de valor econômico no estado do Amapá: CPAFAP/EMBRAPA-AP.

Querino, R. B.; Tonini, H.; Marsaro Junior, A. L.; Teles, A. S.; Costa, J. de A. M. da. Predação de sementes de andiroba (*Carapa* spp.) por *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera, pyralidae) em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. (Embrapa Roraima. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 05).

Ramalho, H. F.; Suarez, P. A. Z. A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. *Ver. Virtual Quim.*,5 (1), 2-15. 2013.

Ramalho, E. F.S. M., Albuquerque, A. R., Souza, A. L., Barro, A. K., Maia, A.S., Santos, I. M. G., Souza, A. G. Use of different techniques in the evaluation of the oxidative stability of poultry fat biodiesel. *J. Therm. Anal Calorim.*, 106:787-91, 2011.

Ramesh, M. et al. Microwave treatment of groundnut (*Arachis hypogaea*): extractability and quality of oil and its relation to lipase and lipoxygenase activity. *Lebensmittl – Wissenschaft und- Technologie*, v.28, n.1, p.96-99, 1995.

Reda, S.Y. Estudo comparativo de óleos vegetais submetidos a estresse térmico. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2004.

Reda, S.Y.; Carneiro, P.B. Óleos e Gorduras: aplicações e implicações. *Revista Analytica*, n.27. 2007.

Resende, O.; Arcanjo, R. V.; Siqueira, V. C.; Rodrigues, S. Modelagem matemática para a secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de concreto. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.31, p.189-196, 2009.

Resende, O.; Arcanjo, R. V.; Siqueira, V. C.; Rodrigues, S. Modelagem matemática para a secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de concreto. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.31, p.189-196, 2009.

Resende, O.; Arcanjo, R. V.; Siqueira, V. C.; Rodrigues, S.; Kester, A. N.; Lima de, P. P. Influência do tipo de pavimento na secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiros de concreto e chão batido. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.9, p.171-178, 2007.

Resende, O.; Corrêa, P. C.; Goneli, A. L. D.; Botelho, F. M.; Rodrigues, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.10, n.1, p.17-26. 2008.

Resende, O.; Ullmann, R.; Siqueira, V. C.; Chaves, T. H.; Ferreira, L. U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.31, n.6, p.1123-1135. 2011.

Ribeiro, E. P.; Seravalli, E. A. G. Química de Alimentos, p.194. 2004.

Rittner, H. Óleo de Palma: processamento e utilização. 1 ed. São Paulo, p. 311-320. 1996.

Rocca, E.; Guillard, V.; Broyart, B.; Guilbert, S.; Gontard, N. Effective moisture diffusivity modeling food structure and hygroscopicity. Food Chemistry, v.106, p. 1428-1437, 2008.

Sacilik, K.; Tarimci, C.; Colak, A. Moisture content and bulk density dependence of dielectric properties of safflower seed in the radio frequency range. Journal of Food Engineering, v.78, n.04, p.1111-1116, 2007.

Santos, M. N.; Cunha, H. F. A.; Lira-Guedes, A. C.; Gomes, S. C. P.; Guedes, M. C. Saberes tradicionais em uma unidade de conservação localizada em ambiente periurbano de várzea: etnobiologia da andirobeira (*Carapa guianensis* Aublet). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, v. 9, n. 1, p. 93-108, jan.-abr. 2014.

Santos, M.N. Conhecimento ecológico local sobre as andirobeiras e a extração artesanal do óleo de andiroba em uma área de Proteção Ambiental, Floresta de várzea periurbana. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amapá. Macapá, AP. 2013.

Santos, D. da C.; Queiroz, A. J. de M.; Figueiredo, R. M. F e Oliveira, E. N. A. de. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.17, n.2, p.223-231, 2013.

Santos, M. N. S., Cunha, H. F. A., Lira-Guedes, A. C., Gomes, S. C. P. e Guedes, M. C. Saberes tradicionais em uma unidade de conservação localizada em ambiente periurbano de várzea: etnobiologia da andirobeira



(*Carapa guianensis* Aublet). Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciênc. Hum., Belém, v.9, n.1, p.93-108, 2014.

Savoire, R.; Lanoisellé, J-L.; Vorobiev, E. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. Food Bioprocess Technol. 6:1-16. 2013.

Sawada, M. M. Estudo da viabilidade técnica da substituição de hexano por etanol no processo de extração de óleo de soja: cinética de extração e índices de qualidade. Dissertação. Universidade de São Paulo, 129p. 2012.

Schuchardt, U.; Sercheli, R.; Vargas, R.M. Transesterification of vegetable oils: a review. J. Braz. Chem. Soc., São Paulo, v.9, n.3. 1998.

Scrimgeour, C. Chemistry of Fatty Acids In: Shahidi, F. (Org.) Bailey's Industrial Oil & Fat Products 6<sup>a</sup> ed. v.1, John Wiley & Son, New York p.565-576. 2005.

Senhorini, G. A. Grece a.; Zawadzki, Sônia F.; Farago, Paulo V.; Zanin, Sandra M.W.; Marques, F. A. Microparticles of poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) loaded with andiroba oil: Preparation and characterization. Materials Science and Engineering, v. 32, n. 5, p. 1121-1126, jul. 2012.

Shanley, P. Riquezas da floresta, frutas, plantas medicinais e artesanato na América Latina. In: LOPEZ, C. et al. (Eds.). Riquezas da floresta, frutas, plantas medicinais e artesanato na América Latina. 1. ed. Bogor Barat: CIFOR, 2008. p. 73-76. 94

Shanley, Patricia; Medina, Gabriel. Frutíferas e plantas tóxicas na vida Amazônica. Belém: CIFOR, Imazon, 2005.

Shanley, P. Andiroba (*Carapa guianensis* Aublet.). In: Shanley, P.; Medina, G. Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém: CIFOR/Imazon, 2005

Shanley, P.; Cymers, M.; Galvão, J. Frutíferas da mata na vida amazônica. Belém, PA, p.87-90. 1998.

Silva, O. R. R. F.; Nóbrega, M. B. M.; Gondim, T. M. S. Cultivo da mamona. Embrapa Algodão. 2007.

Silva, J.S. 2008. Secagem e armazenamento de produtos agrícolas. 2<sup>o</sup>.Ed. Rev. e Ampliada, Viçosa:UFV. 560p.

Silva, J. S.; Berbert, P. A. Colheita, secagem e armazenamento. Viçosa: Aprenda Fácil, 1999.

Silva, M.A.R. 2004. Biodiversidade Amazônica – As possibilidades da andiroba. Disponível em [www.Bioflorestal.com.br/andiroba](http://www.Bioflorestal.com.br/andiroba). Acesso em: 15/04/2004.

Silva, M.T.C., Turatti, J. M. 1991. Extração de óleo de soja com etanol. Col. ITAL, v.21, n.1, p.73-89.

Silva, L; Pinto, J.; Carrola, J.; Paiva-Martins, F. Oxidative stability of oil after food processing and comparison with other vegetable oils. Food Chemistry. London, v. 121,n. 4, p. 1177-1187, 2010.

Silva, S. G., Nunomura, C.S. e Nunomura, S. M. Limonoides isolados dos frutos de *Carapa guianensis* Aublet (Meliaceae). Quim. Nova, vol.35, No. 10,1936-1939, 2012.

Silva, R. R. V. da; Marangon, L. C.; Silveira, P. C. B.; Alves, Â. G. C. Etnoecologia e história oral: usos e mudanças em um fragmento florestal. In: Alves, Â. G. C.; Souto, F. J. B.; Peroni, N. (Orgs.). Etnoecologia em perspectiva: natureza, cultura e conservação. Recife: NUPPEA, 2010. p. 251-275.

Silva, C. F. Modelos matemáticos para o processo de transporte de massa na extração de produtos naturais de matrizes sólidas utilizando CO<sub>2</sub> supercrítico: estudo experimental e teórico. Dissertação Mestrado em Ciências de Alimentos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

Singh, J., Bargale, P.C. 2000. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. Journal of food engineering, v. 43, p. 75-82.

Singh, K. K., Wiesenborn, D. P., Tostenson, K., Kangas, N. Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed. Journal of the American Oil Chemists' Society, v.79, p.165–170, 2002.

Solomons, T. W. G. Química Orgânica 1, 7ed. Editora Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro. 2001.

Sousa Filho, José Victorio da Costa. Extração supercrítica do óleo residual da torta de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet) resultante da prensagem industrial. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

Sousa Filho, J. V. C.; França, L. F.; Machado, N. T.; Correa, N. C.F. Aproveitamento da torta residual de andiroba da indústria na produção de biodiesel. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, 2007, Brasília. Anais do II Congresso da RBTB, v. único. 2007.

Sousa, K. A. de.; Resende, O.; Chaves, T. H. e Costa, L.M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). *Revista Ciência Agrônômica*, v.42, n.4, p.883-892. 2011.

Tango, J. S., Carvalho, C. R. L., Soares, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. *Ver. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.17-23. 2004.

Tchiégang, C. et al. Influence of humidity on the extraction and the physico-chemical quality of butter of shea kernels (*Butyrospermum parkii* G. Don Kotschy) during the drying process. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, v.80, n.5, p.307-311. 2003.

Thompson, T. L.; Peart, R. M.; Foster, G. H. Mathematical simulation of corn drying: A new model. *Transactions of ASAE*, v. 11, p.582- 586, 1968.

Toninni, H. e Kaminski, P. E. Processo tradicional da extração e usos do óleo da andiroba em Roraima. *Embrapa Roraima. Documento 14*, 23p. 2009.

Tonini, H.; Costa, P.; Kaminski, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no sul do estado de Roraima. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 247–255, 2009.

Tonini, H. e Kaminski, P. E. Processo Tradicional da Extração e Usos do Óleo da andiroba em Roraima. *Embrapa Roraima, Boa Vista*, R. 2009.

Twedle, J. C. et al. Ecology of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*, Oxford, v.91, p.294-324. 2003.

Ulmann, R.; Resende, O.; Sales, J. de F. e Chaves, T. H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas a secagem artificial. *Revista Ciência Agrônômica*, v.41, n.03, p.442-447, 2010.

Vasconcelos, M. A. M.; Mattioto, R. A.; Gonçalves, A. C. S.; Oliveira, P.; Moreira, P. I. O.; Alves, S.M.; Moreira, D. K.T.; Figueiredo, J. G.; Filho, H. A. D. Avaliação do processo de extração e caracterização do óleo e sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet). *Anais da Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fasel/PPG7*. Brasília: CNPq. 2009.

Villela, F.A. 1991. Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho. Tese de doutorado. *Esalq-USP*. 104p.

Villela, F.A.; Silva, W.R. 1992. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.49, n.1, p.145-153.

Villela, F.A.; Peske, S.T. 1997. Tecnologia pós-colheita para arroz. In: Peske, S.T.; Nedel, J.L.; Barbosa, A.C.S.A. *Produção de arroz irrigado*. Pelotas: UFPel, p.351-412.

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

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

Weiss, E. A. Oilseed processing and products. In: *Oilseed crops*. 1 ed. London: Longman, 1983. p. 528-596.

Yazdani, M.; Sazandehchi, P.; Azizi, M.; Ghobadi, P. 2006. Moisture sorption isotherms and isosteric heat for pistachio. *European Food Research Technology*, v.223, p. 577-584.

Yilbas, B.S.; Hussain, M.M.; Dincer, I. 2003. Heat and moisture diffusion in slab products to convective boundary condition. *Heat and Mass Transfer*, v.39, p.471-476.

Zogzas, N. P.; Maroulis, Z. B.; Marinos-Kouris, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. *Drying Technology*, v.14, p.2225-2253, 1996.

**ANEXO 1**

**Questionário:**

**Avaliação dos procedimentos de extração do óleo de andiroba**

### Extração do óleo de andiroba por meio de prensa

Comunidade: \_\_\_\_\_ Município: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Entrevistado: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) F ( ) M

#### Coleta de sementes:

Andiroba é: ( ) plantada ( ) nativa

tem plano de manejo: ( ) sim ( ) não

( ) *C. procera* ( ) *C. guianensis*

Espaçamento: \_\_\_\_ x \_\_\_\_ m idade: \_\_\_\_\_

Quantidade de árvores: \_\_\_\_\_

( ) várzea ( ) terra firme

Como distingue as duas espécies: \_\_\_\_\_

Época de coleta: \_\_\_\_\_ Quantas coletas no ano: \_\_\_\_\_

Quantidade de sementes por safra: \_\_\_\_\_

Há variação na produção de um ano para outro: ( ) sim ( ) não sabe o motivo: \_\_\_\_\_

As sementes são armazenadas: ( ) sim ( ) não onde: \_\_\_\_\_

Como: \_\_\_\_\_

Quanto tempo: \_\_\_\_\_

Há estrago das sementes coletadas: ( ) sim ( ) não Quantidade: \_\_\_\_\_

Da área de coleta para o pátio de beneficiamento demora quanto tempo: \_\_\_\_\_ dias

Qual a forma de transporte: ( ) barco ( ) carro ( ) animal

#### Beneficiamento:

Separa as sementes por espécie para extrair o óleo: ( ) sim ( ) não

Como reconhece uma semente estragada: \_\_\_\_\_

Qual a quantidade de sementes eliminadas após o beneficiamento: \_\_\_\_\_%

#### Etapas do beneficiamento:

Lava as sementes: ( ) sim ( ) não

( ) água corrente ( ) rio ( ) poço ( ) deixa de molho \_\_\_\_ dias

Seca as sementes: ( ) sim ( ) não

Utiliza a torta depois da prensagem: ( ) sim ( ) não para quê: \_\_\_\_\_

( ) estufa elétrica – consumo de energia \_\_\_\_ Kwatts

( ) secador natural Descrição: \_\_\_\_\_

Por quanto tempo seca: \_\_\_\_\_ dias

Como identifica que as sementes estão secas: \_\_\_\_\_ teor de água: \_\_\_\_\_%

As sementes expostas a secagem ficam em camadas: ( ) sim ( ) não \_\_\_\_ cm

Armazena as sementes secas: ( ) sim ( ) não por quanto tempo: \_\_\_\_\_ dias

Como: \_\_\_\_\_ aonde: \_\_\_\_\_

#### Prensagem:

Após a secagem as sementes são:

( ) cozidas \_\_\_\_0C por \_\_\_\_h

( ) moídas com ou ( ) sem casca

A prensa é:

( ) manual ( ) elétrica ( ) combustível

Qual a capacidade de sementes da prensa:\_\_\_\_\_

Qual a quantidade de sementes prensada por safra:\_\_\_\_\_ Quantidade de óleo extraído: \_\_\_\_\_cru\_\_\_\_\_ filtrado

Filtra o óleo: ( ) sim ( ) não

Qual o consumo de energia: \_\_\_\_\_kw ou l

Custo por safra R\$\_\_\_\_\_

### **Armazenamento do óleo**

Armazena o óleo: ( ) sim ( ) não

Onde: ( ) bambonas ( ) \_\_\_\_\_

Local: ( ) chão ( ) \_\_\_\_\_

Por quanto tempo:\_\_\_\_\_

Identifica os lotes:\_\_\_\_\_

Identifica a acidez: ( ) sim ( ) não como:\_\_\_\_\_

Existem diferentes qualidade de óleo:

( ) sim ( ) não qual:\_\_\_\_\_

Atende as exigências do ministério da Agricultura e Anvisa: ( ) sim ( ) não

### **Comercialização**

Vende o óleo: ( ) no estado ( ) outro estado \_\_\_\_\_ Quantidade:\_\_\_\_\_

Qual o valor pago pelo Kg da semente: R\$ \_\_\_\_\_

Valor do litro ou bambona: R\$ \_\_\_\_\_

Tem dificuldade para escoar produção:

( ) sim ( ) não qual:\_\_\_\_\_

### **Quantidade de pessoas envolvidas na atividade por etapa**

**Coleta**\_\_\_\_\_famílias ( ) masculina ( ) feminina

**Transporte:** responsabilidade dos ( ) coletores ( ) associação ( ) cooperativa

**Beneficiamento:** seleção das sementes, lavagem e secagem

Número de pessoas envolvidas na atividade\_\_\_\_\_ ( ) masculino ( ) feminino

#### **Prensagem**

Numero de pessoas envolvidas na atividade \_\_\_\_\_ ( ) masculino ( ) feminino

#### **Armazenamento**

Número de pessoas envolvidas na atividade \_\_\_\_\_ ( ) masculino ( ) feminino

#### **Comercialização**

Número de pessoas envolvidas na atividade\_\_\_\_\_ ( ) masculino ( ) feminino