

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JEAN CARLOS RODRIGUES LIMA

**EFEITOS DOS PARÂMETROS DA EXTRAÇÃO E  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA  
DOS ÓLEOS DE BARU E AMENDOIM**

Goiânia  
2012

# **EFEITOS DOS PARÂMETROS DA EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DOS ÓLEOS DE BARU E AMENDOIM**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Régia M. de Souza  
Co-Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Katiuchia Pereira Takeuchi

*Aos meus pais, Iltevam e Neide e minha querida irmã Janayna Paula,  
por me fazer perseverar nesta caminhada.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças para enfrentar este grande desafio pessoal.

Aos meus pais Iltevam Dias de Lima e Neide Rodrigues da Silva Lima, que lutaram e me deram a oportunidade de seguir aperfeiçoando meus estudos, sempre acreditando em meus grandes sonhos.

À minha querida irmã, que me aguentou nos momentos de desespero e estresse diante de tanto a fazer; sempre amiga e companheira.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Margareth Veloso Naves, pela orientação na iniciação científica, sempre eficiente, descobrindo talentos e estimulando seus alunos à desenvolver sua habilidade de raciocínio.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Régia Marques de Souza, pelos momentos de desenvolvimento intelectual, pelo esforço despendido para resolver os grandes problemas que uma grande pesquisa oferece, pela companhia nas viagens em busca de uma prensa difícil de ser encontrada, pelo empenho dos encontros no grupo de estudos e é claro, pela criação do “*outlab*”, fortalecendo os laços de amizade.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Katiuchia Pereira Takeuchi, pelas preciosas horas cedidas para que este trabalho estatístico pudesse ser viável. Agradeço ainda pelas boas gargalhadas compartilhadas.

À AGROTEC, representada pela diretora Solange Santo de Castro, pela compreensão e confiança no empréstimo do equipamento para extração dos óleos.

Às grandes amigas Mara Lina Rodrigues e Dayana Soares, por sempre me apoiarem, aconselharem e me divertir nas intermináveis horas nos laboratórios.

Ao funcionário Jorge Wanderson Barbosa, pela grande ajuda no conserto da prensa e no desenvolvimento da extração dos óleos, sem sua ajuda este trabalho não se realizaria.

Às acadêmicas de Engenharia de Alimentos, Jéssica Aparecida Freitas Peixoto, Bruna Melo Miranda e Tainah Pacheco Gomes, pela disponibilidade de seu tempo para auxiliar na retirada das amêndoas de baru e também no preparo destas para a extração de óleo.

À acadêmica de Engenharia de Alimentos Danielle Abreu de Moraes, pelo auxílio nas infundáveis horas da extração de óleo, sempre companheira.

Ao técnico do laboratório de análise de alimentos da Faculdade de Nutrição, Tiago Dias, pelo grande auxílio nas análises químicas.

À companheira Thays Borges, por sempre estar ao meu lado nos “perrengues” do laboratório.

Ao Prof. Dr, Eduardo Ramirez Asquier, pela disponibilidade de seu laboratório para realizar as análises de viscosidade e saponificação dos óleos.

À Profª Drª Priscilla, pela disponibilização dos laboratórios da EMBRAPA para a realização das análises de cor.

À colega de mestrado Luciana de Oliveira Froes, pela ajuda na análise de cor e também pela sua grande amizade.

A todos os colegas do mestrado, Suzane Martins, Frederico Inácio, Célia Caroline, Akikazu Pereira, Gilsimeire Rodrigues, Talita Pereira, Gardênia Martins, Renata Fleury, Webber Tavares, Adriane Maranhão, Madson Willy, Marinna Barros, Vania Silva, Pabline Rafaella, Vitória Maria, Renata Martins, pela amizade e companhia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pós-graduação.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo otimizar a extração do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) por prensagem mecânica contínua e avaliar a sua qualidade em comparação ao óleo de amendoim extraído nas mesmas condições, visto que ambos possuem características semelhantes. Realizou-se a caracterização dos frutos e amêndoas de baru da região Sul do estado de Goiás, determinou-se a composição centesimal da amêndoa de baru e do amendoim. A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar a influência das variáveis do processo sobre o rendimento da extração e a qualidade dos óleos. Foi realizada análises do teor de umidade, cor, densidade relativa, viscosidade, índice de refração, índice de iodo, índice de saponificação, acidez, índice de peróxido, índice de p-anisidina e valor total de oxidação para avaliar a qualidade dos óleos extraídos. Houve grande variabilidade nas características físicas dos frutos e amêndoas de baru, com rendimento de amêndoas em relação aos frutos semelhantes à literatura (4,54%). A amêndoa de baru possui composição semelhante ao amendoim, com alta densidade energética (594,43 kcal / 595,42 kcal) e de nutrientes, especialmente proteínas (23,66 g.100g<sup>-1</sup> / 32,93 g.100g<sup>-1</sup>) e lipídios (37,19 g.100g<sup>-1</sup> / 46,14 g.100g<sup>-1</sup>). A eficiência do processo de extração foi semelhante para o baru (80,85%) e para o amendoim (81,08%) Apenas o processo de extração do óleo de baru foi otimizado em relação ao rendimento para a prensa e parâmetros testados. Na avaliação de efeito dos parâmetros de extração houve contribuição positiva da temperatura de extração para o baru, mostrando maior rendimento em máxima temperatura e velocidade de rosca média e efeito negativo da velocidade da rosca para o amendoim, com maior rendimento em menor velocidade de rosca independente da temperatura de extração ( $p < 0,10$ ). A cor do óleo de baru apresentou-se levemente verde (-1,41) e coloração amarela intensa (73,97), o óleo de amendoim apresentou coloração levemente verde (-2,49) e levemente amarelo (13,42). Houve pouca influencia dos parâmetros de extração sobre a qualidade dos óleos estudados, confirmado pelo valor total de oxidação que combinam resultados do índice de peróxido e valor de p-anisidina, indicando a estabilidade do processo.

Palavras-chave: *Dipteryx alata* Vog., óleo, extração, superfície de resposta, oxidação

# EFFECTS OF PARAMETER EXTRACTION AND QUALITY ASSESSMENT OF PHYSICS AND CHEMISTRY OF BARU AND PEANUT OIL

## ABSTRACT

This work aimed to optimize the extraction of baru oil (*Dipteryx alata* Vog.) by continuous mechanical pressing and assess its quality compared to peanut oil extracted under the same conditions, since both have similar characteristics. The characterization of fruit and baru almonds from southern state of Goiás was carried out, determining their chemical composition. Response surface methodology was used to assess the influence of process variables on the extraction yield and quality of oils. Analyses of moisture content, color, relative density, viscosity, refractive index, iodine value, saponification index, acidity, peroxide index, p-anisidine index and total oxidation value were conducted to assess the quality of the oils extracted. There was great variability in the physical characteristics of fruits and baru almonds, with almond yield in relation to fruits similar to literature (4.54%). Baru almond has composition similar to peanuts, with high energy density (594.43 kcal / 595.42 kcal) and nutrients, especially protein (23.66 g.100g<sup>-1</sup> / 32.93 g.100g<sup>-1</sup>) and lipids (37.19 g.100g<sup>-1</sup> / 46.14 g.100g<sup>-1</sup>). The efficiency of the extraction process was similar between baru (80.85%) and peanuts (81.08%) The process of baru oil extraction has been optimized with regard to yield and parameters tested. In evaluating the effect of the extraction parameters, there was positive contribution from the extraction temperature for baru, showing higher yield at maximum temperature and intermediate screw speed and negative effect of screw speed for peanuts, with higher performance in lower screw speeds, regardless of extraction temperature ( $p < 0.10$ ). The baru oil color was slightly green (-1.41) and intense yellow color (73.97); peanut oil showed slightly green (-2.49) and slightly yellow color (13.42). There was little influence of extraction parameters on the quality of the oils studied, confirmed by the total oxidation value that combine results of peroxide index and p-anisidine values, indicating process stability.

Keywords: *Dipteryx alata* Vog., oil, extraction, response surface, oxidation

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Amêndoa de baru e Amendoim.....	26
<b>Figura 2.</b> Extração de óleo em prensa mecânica.....	27
<b>Figura 3.</b> Superfície de resposta da variação da temperatura e velocidade de rosca no rendimento da extração de óleo de baru (A) e curvas de contorno (B).....	43
<b>Figura 4.</b> Superfície de resposta da variação da temperatura e velocidade de rosca no rendimento da extração de óleo de amendoim (A) e curvas de contorno (B).....	45
<b>Figura 5.</b> (A) Efeito ( $p < 0,10$ ) da temperatura e velocidade de rosca no índice de peróxido do óleo de amendoim. (B) Superfície de resposta da variação da temperatura e velocidade de rosca no índice de peróxido do óleo de amendoim.....	56

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1.</b>	Rendimento da extração de óleo.....	28
<b>Equação 2.</b>	Eficiência da extração de óleo.....	28
<b>Equação 3.</b>	Cálculo de pontos fatoriais.....	29
<b>Equação 4.</b>	Ajuste de polinômio.....	29
<b>Equação 5.</b>	Cálculo de umidade do óleo.....	31
<b>Equação 6.</b>	Cálculo de densidade à 25°C.....	32
<b>Equação 7.</b>	Cálculo do índice de iodo.....	34
<b>Equação 8.</b>	Cálculo do índice de saponificação.....	34
<b>Equação 9.</b>	Cálculo de acidez.....	35
<b>Equação 10.</b>	Cálculo do índice de peróxido.....	36
<b>Equação 11.</b>	Cálculo do valor de p-anisidina.....	37
<b>Equação 12.</b>	Cálculo de valor total de oxidação.....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Composição de ácidos graxos de amêndoas de baru.....	16
<b>Tabela 2.</b>	Composição de ácidos graxos do óleo de amendoim.....	18
<b>Tabela 3.</b>	Composição em ácidos graxos de diferentes óleos vegetais.....	20
<b>Tabela 4.</b>	Delineamento central composto para a otimização da extração do óleo de baru	29
<b>Tabela 5.</b>	Características físicas de frutos e amêndoa de baru ( <i>Dipteryx alata</i> Vog.) da região Sul do estado de Goiás, no ano de 2010.....	38
<b>Tabela 6.</b>	Distribuição de frequência (%) da massa (g) dos frutos e das amêndoas de baru ( <i>Dipteryx alata</i> Vog.) da região Sul do estado de Goiás.....	39
<b>Tabela 7.</b>	Composição centesimal e valor energético da amêndoa de baru e amendoim.	40
<b>Tabela 8.</b>	Rendimento e eficiência da extração de óleo de baru e amendoim.....	42
<b>Tabela 9.</b>	Valores dos parâmetros físicos do óleo de baru e amendoim.....	47
<b>Tabela 10.</b>	Parâmetros de cor do óleo de baru e amendoim.....	50
<b>Tabela 11.</b>	Valores dos índices analíticos dos óleos de baru e amendoim.....	52
<b>Tabela 12.</b>	Índices de grau oxidativo dos óleos de baru e amendoim.....	55

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	14
2.1	CERRADO.....	14
2.2	BARU.....	15
2.3	AMENDOIM.....	17
2.4	ÓLEOS E GORDURAS.....	19
2.5	EXTRAÇÃO DE ÓLEOS.....	22
2.6	OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO.....	23
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	25
3.1	OBJETIVO GERAL .....	25
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
4.1	MATERIAL .....	26
4.2	MÉTODOS .....	26
<b>4.2.1</b>	<b>Caracterização física dos frutos e amêndoas de baru</b> .....	26
<b>4.2.2</b>	<b>Processamento das amêndoas</b> .....	27
<b>4.2.3</b>	<b>Extração do óleo</b> .....	27
<b>4.2.4</b>	<b>Otimização da extração</b> .....	28
<b>4.2.5</b>	<b>Caracterização físico-química da amêndoa e óleo de baru</b> .....	30
4.2.5.1	Composição centesimal.....	30
4.2.5.2	Teor de umidade.....	31
4.2.5.3	Cor.....	31
4.2.5.4	Densidade relativa.....	32
4.2.5.5	Viscosidade.....	32
4.2.5.6	Índice de refração.....	33
4.2.5.7	Índice de iodo.....	33
4.2.5.8	Índice de saponificação.....	34
4.2.5.9	Acidez.....	35
4.2.5.10	Índice de peróxido.....	35
4.2.5.11	Índice de p-anisidina.....	36
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1	CARACTERÍSTICA FÍSICA DOS FRUTOS E AMÊNDOAS DE BARU.....	38
5.2	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA AMÊNDOA DE BARU E AMENDOIM.....	39
5.3	EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS DE BARU E AMENDOIM.....	41
<b>5.3.1</b>	<b>Análise de efeitos dos parâmetros sobre rendimento do óleo de baru</b> .....	43
<b>5.3.2</b>	<b>Análise de efeitos dos parâmetros sobre rendimento do óleo de amendoim</b> .....	44
5.4	QUALIDADE DOS ÓLEOS DE BARU E AMENDOIM.....	46
<b>5.4.1</b>	<b>Propriedades físicas dos óleos de baru e amendoim</b> .....	46
5.4.1.1	Umidade.....	46
5.4.1.2	Densidade.....	48
5.4.1.3	Viscosidade.....	48
5.4.1.4	Cor.....	49

<b>5.4.2</b>	<b>Índices analíticos</b> .....	51
5.4.2.1	Índice de refração.....	51
5.4.2.2	Índice de iodo.....	53
5.4.2.3	Índice de saponificação.....	53
<b>5.4.3</b>	<b>Testes de qualidade oxidativa</b> .....	54
5.4.3.1	Acidez.....	54
5.4.3.2	Índice de peróxido.....	56
5.4.3.3	Índice de p-anisidina.....	57
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	58
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59
	<b>APÊNDICES</b> .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um quadro de transição epidemiológica e nutricional, representada pelo aumento das doenças e agravos não transmissíveis resultantes de hábitos de vida sedentários e de uma alimentação rica em gorduras, açúcares e sal, associado ao quadro de insegurança alimentar (BRASIL, 2006; COORDENAÇÃO GERAL DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 2004; SOUZA, 2010). Este aumento de doenças não transmissíveis colabora para o aumento da mortalidade, morbidade e a incapacidade atribuídas a esses agravos, o que representa 60% de todas as disfunções e 47% da carga de morbidade mundial, e que, segundo se prevê, esses percentuais aumentarão em 73% e 60%, respectivamente, antes de 2020 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Já é estabelecido que a quantidade e o tipo de gordura alimentar exercem influência direta sobre a obesidade e fatores de risco cardiovascular, tais como a concentração de lipídeos e de lipoproteínas plasmáticas (LOTTENBERG, 2009). Apesar da atual consciência pública sobre as consequências da obesidade, sua incidência continua a aumentar.

Assim, faz-se necessária a redução da ingestão de alimentos de origem animal que possuem alto teor de gorduras saturadas, e em contrapartida, o estímulo ao consumo de óleos com um melhor perfil de ácidos graxos a fim de evitar danos à saúde, melhorando assim o aspecto nutricional da dieta.

No conjunto de componentes de uma política nacional voltada para a segurança alimentar e nutricional, existem ações como o manejo sustentável de recursos naturais, que incentiva o consumo de alimentos regionais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003).

O baru (*Dipteryx alata* Vog.), fruto do Cerrado brasileiro, apresenta em sua amêndoa elevado teor de lipídios e bom perfil de ácidos graxos, caracterizando uma alternativa viável de consumo de óleo vegetal (FERNANDES et al., 2010; FREITAS, 2009; LIMA et al., 2010; TAKEMOTO et al., 2001; TOGASHI; SGARBIERI, 1994; TOGASHI; SGARBIERI, 1995; VALLILO; TAVARES; AUED, 1990), sendo considerado ainda como uma alternativa de desenvolvimento sustentável do Cerrado.

O processo convencional de extração de óleos vegetais geralmente é realizado pelo processo de prensagem mecânica seguida de extração por solvente, frequentemente o n-hexano, porém este é um solvente altamente inflamável e muito volátil, sendo um fator de risco para a saúde de funcionários e populações próximas as fábricas de óleos (FREITAS et al., 2007).

Para melhorar a eficiência das prensas de pequena capacidade, utilizadas em pequenas propriedades e cooperativas de produtores, são feitos estudos de otimização das principais variáveis envolvidas no processo como a temperatura de prensagem, teor de umidade das amostras e pressão exercida sobre os grãos (SINGH; BARGALE, 2000). O aquecimento é freqüentemente empregado em oleaginosas para a prensagem mecânica contínua. As mudanças que ocorrem com a semente durante o aquecimento, como desnaturação de proteínas e diminuição da viscosidade, facilitam a remoção do óleo durante sua extração no processo de prensagem (MPAGALILE; HANNA; WEBER, 2006; SINGH; BARGALE, 2000; SINGH, et al., 2002; WARD, 1976; WIESENBORN et al., 2002).

Com o incentivo ao consumo de óleos vegetais a fim de melhorar a qualidade da dieta, a valorização de alimentos produzidos com frutos do Cerrado e o estímulo ao desenvolvimento sustentável por populações locais, o presente trabalho tem como objetivo otimizar a extração do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) por prensagem mecânica e avaliar a a qualidade do óleo extraído e compará-lo a extração do óleo de amendoim, que foi utilizado como parâmetro de comparação.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CERRADO

O Cerrado atinge cerca de 23% do território nacional e está distribuído predominantemente no planalto central do Brasil, ocupando todo o Distrito Federal, quase a totalidade dos estados de Goiás (97%) e Tocantins (91%) e mais da metade dos estados do Maranhão (65%), Mato Grosso do Sul (61%) e Minas Gerais (57%), além de porções de outros seis estados. Este bioma está continuamente sob forte influência climática e apresenta uma ampla diversidade genética intra e interespecífica de fauna e flora (FUNDAÇÃO..., 1992; GOMES; MARTINS; TAMASHIRO, 2004; IBGE, 2004; IBGE 2010).

Existem cerca de 6.500 espécies de plantas no Cerrado, das quais mais de 200 têm algum uso econômico identificado. Além de sua importância ambiental, o Cerrado gera riquezas, contribuindo para a produção permanente de alimentos, fibras e outros produtos, em quantidade e qualidade adequadas às necessidades e exigências do mercado, promovendo o desenvolvimento integrado e sustentável (RIBEIRO, RODRIGUES, 2006).

No final do século XX, o Cerrado consolidou-se como uma região com potencial de desenvolvimento agropastoril, fato este que afetou marcadamente a população local e a paisagem. Em decorrência desta ocupação desordenada, ocorreram alterações ambientais marcantes que desencadeou a descaracterização e destruição da vegetação nativa em praticamente à metade até 2008, prejudicando a biodiversidade e a sustentabilidade do ecossistema. Desta forma, muitas espécies frutíferas do Cerrado estão desaparecendo antes mesmo da realização de pesquisas relevantes sobre o potencial nutritivo e tecnológico de seus frutos (CORRÊA, 1999; IBGE, 2010; MACHADO, et al. 2004).

Contudo, devido à crescente necessidade de valorização e preservação das espécies nativas, aliada a necessidade de novas fontes alternativas de nutrientes a custos acessíveis, maiores esforços tem sido feito para estudar o potencial de várias espécies do Cerrado (TOGASHI; SGARBIERI, 1994).

É possível encontrar grande quantidade de frutos nativos do Cerrado sendo comercializados em feiras regionais e nas margens de rodovias a preços competitivos e alcançando grande aceitação da população, porém estes frutos são obtidos de forma extrativista e predatória. Existe ainda um mercado emergente, com um grande potencial para a exportação, já que estes produtos possuem um sabor característico e diferenciado, e não são

encontrados em outros países. Há exemplos de produtos como o licor de pequi que é exportado para o Japão e a amêndoa de baru para a Alemanha, entretanto, existem ainda outras espécies com potencial para exploração e exportação. O baru (*Dipteryx alata* Vog.) destaca-se não apenas pela amplitude de ocorrência e pela sua integração, mas também pela convivência pacífica, com o modelo de exploração praticado pelas populações rurais, notadamente em áreas mais tradicionalistas, voltadas para a pecuária, em que as plantas são preservadas na abertura de pastos (CORREA et al., 2000; SILVA et al., 2008; SILVA; MELO; FERNANDES, 2010).

## 2.2 BARU

O barueiro é uma leguminosa arbórea encontrada no Cerrado brasileiro pertencente à espécie *Dipteryx alata* Vog, família *Fabaceae* conhecida popularmente em diferentes regiões, por vários nomes como barujo, coco-feijão, cumbaru, emburena brava, pau cumaru, cumaru, cumarurana ou fruta de macaco. No exterior é conhecido como *tonka beans* (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004; TOGASHI; SGARBIERI, 1995).

Ocorre em solos bem drenados de mata, cerradão e cerrado nos estados de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, florescendo de novembro a maio. Destaca-se por seu porte, de 15 a 25 metros de altura, e pela produção do baru, de agosto a outubro; um fruto do tipo drupa de cor parda, ovóides, levemente achatados e de coloração marrom, com uma única amêndoa comestível, bastante apreciada pela população local (LORENZI, 2002).

O baru apresenta polpa com elevado teor de carboidratos (aproximadamente 60%), sendo a maior parte composta de amido e uma alta concentração de fibras insolúveis. No fruto, destaca-se também a amêndoa, que possui em média 5,95% de umidade na amêndoa *in natura* e 3,23% quando torrada, além disso, contém elevados teores de proteínas, variando entre 23% e 30% (FERNANDES et al., 2010; FREITAS, 2009; LIMA, et al., 2010; TAKEMOTO et al., 2001; TOGASHI; SGARBIERI, 1994; VALLILO; TAVARES; AUED, 1990; VERA et al, 2009).

A amêndoa contém ainda um alto teor de lipídios (cerca de 40 g.100g<sup>-1</sup>), sendo considerado boa fonte energética (FERNANDES et al., 2010; FREITAS, 2009; LIMA et al., 2010; TOGASHI; SGARBIERI, 1994; VERA et al, 2009). Vallilo, Tavares e Aued (1990) relataram que o óleo de baru possui elevado grau de insaturação e teor relativamente alto de ácido linoléico e sugerem sua utilização em substituição ao óleo de soja ou gordura

hidrogenada na alimentação humana. A amêndoa do baru também é fonte de minerais, com destaque para o cálcio ( $82,0 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), ferro ( $5,35 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) e zinco ( $1,04 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (TAKEMOTO et al., 2001; TOGASHI; SGARBIERI, 1994; VALLILO; TAVARES; AUED, 1990).

O óleo de baru é composto principalmente pelos ácidos graxos oléico (C18:1) e linoléico (C18:2) (Tabela 1). O consumo de alimentos com esta composição de ácidos graxos é importante para a saúde, contribuindo para a redução das frações de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e de muito baixa densidade (VLDL), responsáveis pelo aumento do colesterol sérico (JENKINS et al., 2002; BRESSAN, et al. 2009).

**Tabela 1.** Composição de ácidos graxos de amêndoas de baru

Ácido graxo ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de lipídios)	Amêndoa de baru <sup>1,2</sup>	
	<i>in natura</i>	Torrada
<b>Saturados</b>	<b>18,77</b>	<b>15,30</b>
Palmítico C16:0	7,39	6,99
Esteárico C18:0	4,62	4,42
Araquídico C20:0	1,10	1,37
Behêmico C22:0	2,64	0,32
Lignocérico C24:0	3,02	2,12
<b>Monoinsaturados</b>	<b>51,07</b>	<b>50,88</b>
Oléico C18:1	48,37	50,78
Gadoléico C20:1	2,70	-
<b>Poliinsaturados</b>	<b>32,35</b>	<b>30,83</b>
Linoléico C18:2	30,13	27,70
Linolênico C18:3	2,22	3,14
<b><math>\Omega</math>-6/<math>\omega</math>-3 <sup>3</sup></b>	<b>13,57</b>	<b>9,71</b>

<sup>1</sup> Valores se referem à média de dados da literatura - Amêndoa de baru *in natura* (TOGASHI; SGARBIERI, 1994; VALLILO; TAVARES; AUED, 1990); Amêndoa de baru torrada (FREITAS, 2009).

<sup>2</sup> Dados não encontrados na literatura (-).

<sup>3</sup> Relação entre os ácidos graxos linoléico ( $\omega$ -6) e linolênico ( $\omega$ -3).

Freitas (2009) constatou em seu estudo que amêndoas de baru torrado têm um perfil de ácidos graxos semelhantes à amêndoa de baru *in natura*, uma vez que seu consumo *in natura* não é recomendado, devido a presença de inibidor de tripsina (TOGASHI, SGARBIERI, 1994). Além disso, o óleo da amêndoa de baru contém uma boa relação de ácidos graxos  $\omega$ -6: $\omega$ -3, próximos aos recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que propõe a proporção de 5:1 a 10:1 para  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 respectivamente, visto que razões elevadas contribui para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (OMS, 2003).

Além de ser uma importante espécie para a alimentação animal, tanto a polpa quanto a amêndoa do baru são utilizadas na alimentação humana. A polpa, quando incluída em diversas formulações, confere ao produto coloração escura, aparentando chocolate. A amêndoa possui sabor agradável e menos acentuado que o amendoim, sendo consumida na forma de aperitivo, quando torrada, ou como ingrediente de inúmeras receitas como “pé-de-moleque”, paçoca, cajuzinho, entre outras (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004; TAKEMOTO et al., 2001).

Trabalhos têm sido desenvolvidos com sucesso, no intuito de desenvolvimento e/ou melhoramento de produtos alimentícios, aproveitando a polpa e a amêndoa do baru; utilizando estes componentes com o objetivo de aumentar alguns dos constituintes químicos do alimento (LIMA et al., 2010; ROCHA; CARDOSO SANTIAGO, 2009).

### 2.3 AMENDOIM

O amendoim (*Arachis hypogaea L.*) é uma semente oleaginosa proveniente de uma leguminosa herbácea que é mundialmente cultivada, com uma produção de 31,48 milhões de toneladas em grãos, liderada pela China (33%), Índia (18%) e EUA (7%), segundo dados do United States Department of Agriculture (USDA, 2010; JUDD et al., 2002).

No Brasil é cultivado em todo território nacional com produção expressiva, alcançando 300 mil toneladas em 2005. Esta produção é oriunda, em maior escala, da região Sudeste, seguida pela Centro-Oeste e Nordeste. O estado de São Paulo é o maior produtor, responsável por cerca de 80% da produção nacional. Na região nordeste, o sistema de produção típico é o de agricultura familiar, com pouco uso de insumos ou mecanização. O consumo na região, no entanto, é alto - o Nordeste é considerado o segundo maior pólo consumidor de amendoim do Brasil, estimado em 50 mil toneladas por ano. Esta leguminosa é considerada pelos produtores como uma cultura que proporciona boa remuneração, pois é cultivada praticamente sem a utilização de insumos, em cultivos convencionais ou consorciado com milho (EMBRAPA, 2006).

O Brasil, até o início dos anos 70 do século passado, foi um grande produtor de amendoim, ocupando papel importante tanto no suprimento interno de óleo vegetal quanto na exportação de subprodutos. A partir de 1974, devido a alguns fatores como a contaminação por aflatoxina e a maior disponibilidade de óleo de soja, o preço do produto nos mercados interno e externo caiu, desestimulando o plantio (EMBRAPA, 2006).

Muitos produtos agrícolas em geral, e o amendoim em particular, são viáveis de sofrer infestação por fungos toxigênicos e, conseqüentemente, estar contaminados com aflatoxinas. A razão por que a ocorrência de aflatoxinas é alta em amendoim em relação a outros produtos agrícolas não foi completamente estabelecida. Entretanto, ela pode ser atribuída ao fato de que *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* dominam na micoflora em solos de plantio do amendoim. Nesse contexto, a aflatoxicose tornou-se um problema mundial. A prevalência de aflatoxinas em alimentos e rações é relativamente alta nas regiões tropical e subtropical; por isso, a Organização Mundial da Saúde recomenda um controle sistemático dos níveis de aflatoxinas na dieta dessas populações (WHO, 1979).

Os resultados obtidos por Santos, Lopes e Kosseki (2001) em amostras de amendoim comerciais do estado de São Paulo revelaram que 39,3% das amostras apresentaram contaminação por aflatoxinas. Isto mostra a necessidade de monitoramento sistemático da ocorrência pelo Ministério da Saúde e de um controle mais efetivo das condições de colheita no campo, estocagem e transporte do amendoim, pois este e seus produtos são bastante consumidos pela população.

**Tabela 2.** Composição de ácidos graxos do óleo de amendoim

Ácidos graxos (g.100g <sup>-1</sup> de lipídios)	AUTORES <sup>1,2</sup>		
	CARRÍN, CARELLI, 2010	FREITAS, 2009	JONNALA; DUNFORD; CHENAULT, 2005
<b>Saturados</b>	<b>18,34</b>	<b>19,37</b>	<b>14,81</b>
Palmítico (C16:0)	10,95	12,41	7,20
Esteárico (C18:0)	1,95	2,92	1,84
Araquídico (C20:0)	1,35	1,26	1,19
Behênico (C22:0)	2,70	2,78	2,85
Lignocérico (C24:0)	1,39	-	1,73
<b>Monoinsaturados</b>	<b>49,89</b>	<b>42,72</b>	<b>43,93</b>
Oléico (C18:1)	48,63	41,03	42,48
Gadoléico (C20:1)	1,26	0,76	1,45
<b>Poliinsaturados</b>	<b>32,05</b>	<b>36,31</b>	<b>37,81</b>
Linoléico (C18:2)	32,05	36,31	37,52
Linolênico (C18:3)	-	-	0,29

<sup>1</sup> Valores referentes à média de dados da literatura

<sup>2</sup> Dados não encontrados na literatura (-)

O amendoim, assim como outras leguminosas, é fonte variada de opções de consumo para os segmentos alimentícios e oleoquímicos. Esta semente possui elevados teores de

proteína, com média de aproximadamente 28% e teores de óleo variando de 44 a 51%. (FREITAS, 2009; OLIVEIRA SOUZA et al., 2011; SANTOS et al., 2012; VENKATACHALAM; SATHE, 2006). Além disso, o óleo do amendoim é composto principalmente pelos ácidos graxos oléico (C18:1) e linoléico (C18:2), assim como o óleo de baru, caracterizando um bom perfil de ácidos graxos (Tabela 2).

A composição em ácidos graxos mono e poliinsaturado é importante para a saúde, pois o consumo desses ácidos interfere no perfil sérico lipídico, contribuindo para a redução das frações de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e de muito baixa densidade (VLDL), responsáveis pelo aumento do colesterol sérico e o risco de doenças cardiovasculares (JENKINS et al., 2002; PELKMAN et al., 2004).

## 2.4 ÓLEOS E GORDURAS

Óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), de origem animal ou vegetal, formadas predominantemente do produto da esterificação entre o “glicerol” e “ácidos graxos”, denominados de triglicerídeos. Quando se apresentam na forma líquida à temperatura de 25°C são denominados de óleo e se estão na forma sólida à mesma temperatura são nomeados de gordura. Os óleos e gorduras podem conter ainda, pequenas quantidades de outros componentes como fosfolipídios, mono e diglicerídeos (importantes como emulsionantes), tocoferol (importante antioxidante), ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura, proteínas, esteróis e vitaminas (BRASIL, 2005; MORETTO; FETT, 1998).

Em comum, óleos e gorduras contêm uma gama de diferentes ácidos graxos (saturados e insaturados), variando em sua composição, sendo que normalmente, um tipo de ácido graxo é predominante. Os óleos vegetais possuem de uma a quatro insaturações na cadeia carbônica, estas insaturações geram um menor ponto de fusão, conferindo aspecto líquido à temperatura ambiente. As gorduras como a banha animal, o sebo comestível e a manteiga, são constituídas por misturas de triacilgliceróis, que contém um número de saturações maior do que o de insaturações, conferindo maior ponto de fusão, e conseqüentemente, são sólidos à temperatura ambiente (FOSTER; WILLIAMSON; LUNN, 2009; REDA; CARNEIRO, 2007).

Algumas sementes, polpa de certos frutos e germes de alguns cereais são as principais fontes de óleos vegetais (MORETTO; FETT, 1998). Segundo Aued-Pimentel et al., (2009), o consumo de óleos vegetais tem aumentado, e os óleos polinsaturados de sementes como de

soja, milho e canola representam uma fração importante da dieta humana. A composição de ácidos graxos de alguns óleos vegetais encontram-se relatados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Composição em ácidos graxos de diferentes óleos vegetais.

Óleo vegetal	AGS <sup>1</sup> (g/100g)	AGM <sup>1</sup> (g/100g)	AGP <sup>1</sup> (g/100g)		
			TOTAL	Ω-6	ω-3
Girassol	12,0	20,5	63,3	63,2	0,1
Colza	6,6	59,3	29,3	19,7	9,6
Milho	14,4	29,9	51,3	50,4	0,9
Soja	15,6	21,3	58,8	51,5	7,3
Oliva	14,3	73,0	8,2	7,5	6,7
Linhaça	9,4	20,2	66,0	12,7	53,0
Gergelim	14,6	37,5	43,4	43,1	0,3
Côco	36,5	6,0	1,5	1,5	0
Palma	47,8	37,1	10,4	10,1	0,3
Amendoim	20,0	44,4	31,0	31,0	0

<sup>1</sup> Ácidos graxos saturados, Ácidos graxos monisaturados, Ácidos graxos poliinsaturados  
 FONTE: Foster, Williamson, Lunn (2009).

O crescimento de diversos setores de consumo de óleos se deve à modificação dos hábitos alimentares, resultado de uma combinação de profundas mudanças sociais, econômicas e tecnológicas. Com o desenvolvimento de pesquisas relatando a aterogenicidade da gordura animal, o consumo de óleo vegetal e seus derivados, como margarinas e gorduras hidrogenadas aumentaram significativamente, tanto para o processo de fritura, como no uso *in natura* (CAVENDISH, et al., 2010; DEL RÉ; JORGE, 2007).

Porém, na hidrogenação de óleos vegetais para a produção de gorduras hidrogenadas e margarinas, são gerados os ácidos graxos trans, que estão associados a elevação da colesterolemia de maneira similar aos ácidos graxos saturados, tendo efeito maléfico à saúde humana e aumentando os riscos de doenças cardiovasculares (LOTTENBERG, 2009).

Além do processo de hidrogenação, os ácidos graxos trans também podem ser gerados no processo de refinamento do óleo vegetal. Aued-Pimentel et al. (2009) verificaram em estudo com óleos vegetais comercializados na cidade de São Paulo, que o conteúdo de gordura trans na composição dos óleos apresentou níveis acima do permitido pela legislação, que delimita quantidade menor ou igual a 0,2g de ácidos graxos trans, sendo que óleos com conteúdo acima deste valor não podem ser declarados como zero (BRASIL, 2003). Este estudo indica a necessidade de alteração nos processos industriais de refino dos óleos vegetais insaturados, visando minimizar os níveis de ácidos graxos *trans* dos alimentos e, conseqüentemente, preservar a saúde da população.

As características de qualidade de óleos e gorduras estão sempre ligadas ao fenômeno de rancidez, esta por sua vez, pode se desenvolver através de hidrólise, provocada pela ação de enzimas ou ainda nos processos de frituras a altas temperaturas; e a rancidez oxidativa, também chamada de autooxidação, que está diretamente relacionada com a reação entre ácidos graxos insaturados e o oxigênio atmosférico (MORETTO; FETT, 1998).

Estudo da estabilidade de óleos vegetais em processos de frituras descontínuas em diferentes tipos de alimentos provam que a maior presença de ácidos graxos insaturados, a temperatura e o tempo de fritura, são importantes variáveis para os processos de deterioração do óleo vegetal (CORSINI; JORGE, 2006; MACHADO; GARCÍA; ABRANTES, 2008). Além de compostos polares e diminuição de ácidos graxos insaturados, o processo de fritura pode promover a formação de ácidos graxos trans, deteriorando a qualidade do óleo vegetal (RANI; REDDY; CHETANA, 2010; SANIBAL; MANCINI FILHO, 2004).

Os antioxidantes são substâncias capazes de prevenir a deterioração pela oxidação, através da inibição da lipoperoxidação, seqüestro de radicais livres e a quelatação de íons metálicos. Esta classe de substâncias podem ser divididas em dois grupos: antioxidantes com atividade enzimática, que são capazes de bloquear a iniciação da oxidação; e antioxidantes sem atividade enzimática, onde estão presentes moléculas que interagem com radicais livres impedindo o início da reação de oxidação, neste grupo incluem-se os antioxidantes naturais, como os compostos fenólicos e tocoferóis (GALVÃO et al., 2008; MOREIRA; MANCINI FILHO, 2003).

Pesquisas sobre a estabilidade oxidativa em vários tipos de óleos vegetais e em diversas condições apontam um provável efeito antioxidante de compostos fenólicos e tocoferóis. Além do efeito antioxidante dessas substâncias, 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, CARROLA, PAIVA-MARTINS., 2010).

## 2.5 EXTRAÇÃO DE ÓLEO

A industrialização de oleaginosas consiste em uma das mais importantes atividades do agronegócio brasileiro pelo uso de seus produtos na formulação de alimentos. O uso de óleos vegetais para fins energéticos tem ampliado o interesse das pesquisas tanto para o aperfeiçoamento dos processos de extração do óleo quanto para a busca de alternativas deste produto (FREITAS et al., 2007).

Os processos industriais normais utilizados na produção de óleo consistem em extração por prensagem contínua ou hidráulica e ainda extração de óleos por solventes. Ambos métodos podem sofrer algumas modificações ou mesmo serem utilizados em combinação para melhorar o rendimento da extração, tornando-a mais eficiente. Além dos métodos tradicionais, existem métodos mais promissores, que se aplicados simultaneamente, fornecem resultados satisfatórios, como exemplo a extração enzimática de óleos (MORETTO; FETT, 1998; SANTOS; FERRARI, 2005).

Para aumentar a eficiência de métodos de extração de óleo, pesquisadores buscam a melhoria dos processos. São três os métodos de extração que podem sofrer algumas modificações: prensa mecânica contínua, prensa hidráulica por batelada e extração por solventes. As prensas hidráulicas, por exemplo, estão sendo substituídas por prensas mecânicas mais eficientes, com funcionamento simples e baixo custo de aquisição, sendo recomendadas para pequenas comunidades rurais produtoras de oleaginosas (PIGHINELLI, et al., 2008).

Em estudos para a otimização de prensagem de grãos de girassol, Piguinelli et al. (2009) observaram que dentre os parâmetros estudados, a umidade e a temperatura apresentaram efeitos significativos na extração do óleo, sendo que a umidade e interação umidade x temperatura atuam de forma negativa no rendimento da extração. Além destes parâmetros, o rendimento pode ser afetado ainda por parâmetros construtivos da prensa, como dimensionamento do eixo sem fim e pressão aplicada sobre a massa de grãos (PIGUINELLI et al., 2008).

O processo convencional de extração de óleos vegetais é realizado pelo processo de prensagem mecânica seguida de extração por solvente, geralmente o n-hexano, porém este é um solvente altamente inflamável e muito volátil, sendo um fator de risco para a saúde de funcionários e populações próximas as fábricas de óleos (FREITAS et al., 2007).

Em sua pesquisa para a extração e fracionamento de óleo de castanha-do-pará com etanol, Freitas et al. (2007) perceberam que a utilização do etanol como substituto do solvente

n-hexano ainda precisa de aperfeiçoamento para melhorar o rendimento da extração, porém, esta parece ser uma substituição viável de um solvente orgânico, diminuindo assim o risco ambiental ocasionado por este.

A extração enzimática também vem sendo pesquisada como uma forma de substituir a extração de óleos por solventes, sendo aplicada simultaneamente com os processos mecânicos. Porém, o processo ainda precisa ser melhorado, visto que o rendimento da extração por meio enzimático ainda é inferior ao processo de extração por solvente e o custo do processo é alto devido a utilização de enzimas, o que ainda inviabiliza este método de extração (SANTOS; FERRARI, 2005).

## 2.6 OTIMIZAÇÃO DE EXTRAÇÃO

Otimizar o processo de prensagem para a obtenção de óleos consiste na definição de parâmetros ótimos, para que seja alcançado bons rendimentos, a partir de uma menor pressão aplicada pela prensa (MPAGALILE, HANNA, WEBER, 2006). Para que um processo seja otimizado, é utilizada a metodologia da superfície de resposta, que consiste em uma coleção de técnicas estatísticas e matemáticas usadas para desenvolver, melhorar e otimizar processos, em situações nas quais se têm diversas variáveis independentes que influenciam uma resposta, como por exemplo, o rendimento de produto ou processo, como a extração de óleo (MYERS; MONTGOMERY, 2002).

O óleo, na forma de glóbulos, está presente nas células da oleaginosa juntamente com outros constituintes como a proteína, circundados por uma membrana chamada de parede celular. A massa de grãos é alimentada continuamente pela prensa, onde serão comprimidos a uma alta pressão que causa a ruptura das paredes celulares permitindo que os glóbulos de óleo escapem (SINGH & BARGALE, 2000).

O aquecimento também é freqüentemente empregado em oleaginosas na prensagem mecânica contínua. Os principais benefícios do aquecimento estão relacionados ao aumento na capacidade de extração e no rendimento. As mudanças que ocorrem com a semente durante o aquecimento são muitas. O óleo está presente no grão, antes do aquecimento, como uma emulsão que é estabilizada por agentes de superfície ativos, como as proteínas e fosfolipídios. O cozimento desnatura a proteína e diminui a viscosidade do óleo, permitindo que as gotas de óleo se unam formando uma gota maior, facilitando sua remoção durante a extração do óleo na prensagem. A desnaturação da proteína pode ocasionar a inativação das enzimas, algumas

das quais podem degradar a qualidade do óleo e da torta. Entretanto, o aquecimento excessivo reduz a qualidade destes e pode reduzir a capacidade e produtividade da unidade de extração. Isso é uma preocupação nos processos por prensagem, especialmente para certas oleaginosas, onde as condições ótimas de aquecimento ainda precisam ser identificadas. O estudo detalhado da extração mecânica contínua é de grande importância, visando otimizar o processo (WARD, 1976; WIESENBORN *et al.*, 2002).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Otimizar a extração do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e óleo de amendoim e avaliar a sua qualidade.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicamente os frutos e as amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) *in natura* provenientes da região Sul do estado de Goiás;
- Caracterizar quimicamente a amêndoa de baru e o amendoim;
- Extrair o óleo das amêndoas de baru por prensagem mecânica e comparar com o óleo de amendoim extraídos nas mesmas condições;
- Analisar a qualidade física e química do óleo de baru e amendoim.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

Os frutos do barueiro (Figura 1A) foram colhidos na época da safra, na região Sul do estado de Goiás, nos municípios de Indiara, Jandaia, Palmeiras, Paraúna e Piracanjuba. Estes foram transportados para a Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, onde ocorreu a abertura do endocarpo lenhoso para a retirada das amêndoas, que foram embaladas à vácuo em sacos de polipropileno e congeladas a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  até a sua utilização.

Para comparação da extração do óleo de baru, foi escolhido o amendoim que possui quantidade de óleo e perfil de ácidos graxos semelhantes ao baru, possibilitando assim uma comparação mais fidedigna. O amendoim (Figura 1B) foi adquirido em comércio local, sendo estes adquiridos do mesmo lote de fabricação e posteriormente transportados para a Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos e armazenados a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  até a sua utilização.



**Figura 1.** Amêndoa de baru (A) e Amendoim (B)

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Caracterização física dos frutos e amêndoas de baru

Para caracterização física foram selecionados 135 frutos através do método de quarteamento. Estes frutos foram mensurados em relação à massa (g) em balança analítica modelo Shimadzer AY220, e dimensões (cm) (comprimento, largura e espessura), com o

auxílio de paquímetro metálico digital (Mitutoyo, n500-144), segundo Caldeira et al. (2004). Posteriormente, os frutos foram quebrados com o auxílio de equipamento tipo foice para extração das amêndoas, que foram encaminhadas para caracterização física da massa (g), comprimento, largura e espessura (cm) (APÊNDICE A).

As análises físicas dos frutos e amêndoas de baru foram realizadas no laboratório do setor de Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (UFG).

#### 4.2.2 Processamento da matéria-prima

Para a análise da composição centesimal, as amêndoas de baru e o amendoim foram descongelados sob refrigeração e moídos em processador doméstico (Magiclean Duetto, Arno) até obtenção da farinha fina usadas nas análises químicas.

Para a extração do óleo, as amêndoas de baru foram descongeladas sob refrigeração e cortadas em fatias de aproximadamente 1cm, afim de facilitar a moagem da matéria prima, e posteriormente encaminhadas para a extração. O amendoim foi descongelado sob refrigeração e diretamente encaminhado para a extração do óleo.

#### 4.2.3 Extração do óleo

Os óleos de baru e amendoim foram extraídos pelo método de prensagem em prensa mecânica da marca Komet, tipo CA 59G, 1998 (Figura 2), com capacidade de 3 a 5 kg.h<sup>-1</sup>.



**Figura 2:** Extração de óleo em prensa mecânica

Foi utilizado o bico nº 6, velocidade de rosca variando de 15 a 80 RPM e temperatura de saída de torta variando de 50 a 110 °C. A matéria-prima foi pesada em bateladas de 1kg para cada tratamento da extração.

O rendimento e a eficiência da extração foram calculados segundo Maciel Junior (2010), conforme as equações 1 e 2:

$$R = \frac{Mo}{Ma} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$Y = \frac{R}{L} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

R = Rendimento percentual da extração do óleo

Mo = Massa do óleo (g)

Ma = Massa da amostra (g)

Y = Eficiência da extração do óleo

R = Rendimento percentual

L = Lipídios (%m/m), conforme determinado por análise do extrato etéreo

#### 4.2.4 Otimização da extração

A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar a influência das variáveis do processo sobre o rendimento da extração e a qualidade dos óleos de baru e amendoim. Os ensaios foram realizados de acordo com delineamento composto central rotacional, com um fatorial 2<sup>2</sup> completo, com 4 pontos fatoriais (níveis ±1), 3 pontos centrais (nível 0) e 4 pontos axiais (± α), totalizando 11 ensaios. Os pontos centrais fornecem graus de liberdade adicionais para se estimar o erro (erro puro), o que aumenta a confiabilidade do teste e, o valor α, representa a distância dos pontos axiais, para obtenção do modelo quadrático (RODRIGUES; IEMMA, 2005). O delineamento e os níveis decodificados das variáveis estão mostrados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Delineamento central composto para a otimização da extração do óleo de baru

Ensaio	Velocidade de rosca	Variável decodificada (RPM)	Temperatura	Variável decodificada (°C)
1	-1	22	-1	59
2	-1	22	+1	101
3	+1	68	-1	59
4	+1	68	+1	101
5	-1,41	15	0	80
6	+1,41	80	0	80
7	0	46	-1,41	50
8	0	46	+1,41	110
9	0	46	0	80
10	0	46	0	80
11	0	46	0	80

FONTE: Rodrigues; Iemma (2005)

O valor de  $\alpha$  foi calculado a partir da fórmula:  $\alpha = 2^{n/4}$ . Sendo assim, para este delineamento com 2 variáveis, tem-se que  $\alpha = \pm 1,41$ . Para o nível intermediário 0 (zero) foi feita interpolação dos valores, conforme Tabela 4. Os pontos fatoriais foram calculados pela equação 3 para todas as variáveis, a saber:

$$\frac{(-1 - (-1,41))}{(1,41 - (-1,41))} = \frac{X - 15}{80 - 15} \quad X = 70,55 \approx 68 \quad \text{Equação 3}$$

Este planejamento tem o objetivo de avaliar o efeito da temperatura (T), e da velocidade da rosca (V) (variáveis independentes) sobre o rendimento (R) da extração do óleo (resposta), ao final do processo. Os dados obtidos foram ajustados ao seguinte polinômio, equação 2:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 V + \beta_{11} T^2 + \beta_{22} V^2 + \beta_{12} TV \quad \text{Equação 4}$$

Em que  $\beta_n$  são os coeficientes de regressão, y é a resposta em questão (R) e T, V são as variáveis independentes codificadas.

Os 11 ensaios foram delineados para permitir a avaliação dos modelos linear e quadrático. Para a realização do experimento, a ordem dos ensaios foi randomizada, a fim de garantir resultados fidedignos.

Além disso, visando à otimização do processo, as respostas obtidas (rendimento e qualidade dos óleos) para todos os ensaios foram avaliadas quanto aos efeitos principais e as interações entre os fatores. Em seguida, o modelo determinado foi testado para falta de ajuste por meio do teste F da Análise de Variância (ANOVA) e teste t dos coeficientes relativos aos seus erros padrões, utilizando o programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

Segundo Haaland (1989), o julgamento prático do pesquisador deve ser o árbitro final, usando o bom senso na interpretação das análises estatística; para ele é melhor aceitar o valor de  $p < 0,10$ , do que deixar algum fator importante fora, sendo assim, a estatística foi analisada com 90% de confiança nos dados.

#### **4.2.5 Caracterização química da amêndoa e do óleo de baru**

A caracterização química da matéria-prima compreendeu a determinação da composição centesimal. Para as amostras de óleo bruto de baru e amendoim de cada ponto testado, foram realizadas as análises de teor de umidade, cor, densidade relativa, viscosidade, índice de refração, índice de iodo, índice de saponificação, ácidos graxos livres, índice de peróxido e valor de p-anisidina.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos (LANAL) da Faculdade de Nutrição da UFG e no Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia, exceto a análise de cor, realizada no laboratório da Empresa Brasileira de Pesquisa em Alimentos (EMBRAPA – Arroz e Feijão).

##### **4.2.5.1 Composição centesimal**

A composição centesimal foi determinada, em três replicatas, por meio das análises de umidade e sólidos totais, conforme técnica descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005); nitrogênio total, segundo o método de micro-kjeldahl (ASSOCIATION..., 1990) e conversão em proteína bruta utilizando-se o fator 6,25 (FOOD AND AGRICULTURE..., 1970); lipídios totais, extraídos por meio da técnica de Bligh e Dyer (1959) e posteriormente determinados por gravimetria e resíduo mineral fixo, por incineração em mufla à 550°C (ASSOCIATION..., 1990). Os carboidratos foram estimados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios e resíduo mineral fixo. A partir dos dados da

composição centesimal, foi estimado o valor energético (calórico) das amostras considerando-se os fatores de conversão de Atwater de 4, 4 e 9 para proteína, carboidrato e lipídio, respectivamente (MERRIL; WATT, 1973).

#### 4.2.5.2 Teor de umidade

A determinação da umidade e matéria volátil é um dos parâmetros legais para a avaliação da qualidade de óleos e gorduras. O teor de umidade do óleo foi determinado pelo método de aquecimento direto em estufa com circulação de ar (modelo TE – 394/1 - Tecnal), de acordo com metodologia oficial Ca 2c – 25 da AOCS (2004).

Foram pesados 5g da amostra em placas de petri e posteriormente foram aquecidas em estufa com circulação de ar por 30 minutos à  $130 \pm 1^\circ\text{C}$ . Após o tempo especificado, as amostras foram resfriadas em dessecador e depois pesadas. A operação foi repetida até a obtenção de peso constante. A porcentagem de umidade foi calculada pela equação 5:

$$Um(\%) = \frac{Pp(g)}{Pa(g)} \times 100 \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

Um(%) = Porcentagem de umidade

Pp = Perda de peso da amostra

Pa = Peso da amostra

#### 4.2.5.3 Cor

A colorimetria é a ciência utilizada para quantificar e descrever, através da ajuda de modelos matemáticos, as percepções humanas da cor, uma interação da luz com o material a ser estudado.

Para realização da análise de cor dos óleos estudados, o colorímetro foi calibrado de acordo com as instruções do equipamento. Após a calibração, a amostra foi adicionada cuidadosamente na cubeta. Foi escolhido o modelo a ser utilizado no procedimento e foi colocado a cubeta na porta de reflexão cobrindo-se com o protetor para a realização da leitura. No espaço psicométrico CIELAB, as cores foram descritas por luminosidade ( $L^*$ ), coordenada  $a^*$  (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada  $b^*$  (conteúdo de amarelo a azul)

e posteriormente foi calculado as coordenadas cilíndricas de luminosidade ( $L^*$ ), tonalidade ( $h^*$ ) e croma ( $C^*$ ).

A determinação da cor das amostras de óleo foi realizado por comparação com padrões de cores, seguindo a metodologia oficial Cc 13e – 92 da AOCS (2004).

#### 4.2.5.4 Densidade Relativa

A densidade dos lipídeos é importante, pois podem influenciar nas propriedades gerais de um sistema alimentar, por exemplo, a taxa de coalescência de gotas de óleo em emulsões óleo em água dependem da diferença da densidade entre o óleo e a fase aquosa. As densidades de óleos líquidos tendem a estar entre 0,910-0,930 g.mL<sup>-1</sup>, à temperatura ambiente, tendendo a diminuir com o aumento de temperatura (MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, 2010).

A densidade relativa de um óleo determina a relação entre a massa de um volume unitário da amostra a 25°C e da massa de um volume unitário da água a 25°C, conforme mostrado no método oficial Cc 10a – 25 da AOCS (2004).

O picnômetro foi preenchido com a amostra (25 ± 0,1°C) que foi adicionada cuidadosamente pelas paredes para prevenir a formação de bolhas de ar. O recipiente foi tampado e removeu-se com cuidado o óleo que tenha escorrido pela lateral do picnômetro. Por fim este foi pesado, calculando a densidade da amostra. Para o cálculo o procedimento foi realizado com água destilada (25 ± 0,1°C).

Para calcular a densidade foi utilizada a equação 6:

$$d_{25}^{25} = \frac{M_o - M}{M_a - M} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

$d_{25}^{25}$  = Densidade relativa do óleo (25°C)

$M_o$  = Massa do picnômetro mais óleo a 25°C

$M_a$  = Massa do picnômetro mais água a 25°C

$M$  = Massa do picnômetro

#### 4.2.5.5 Viscosidade

A viscosidade é concebida sob o ponto de vista físico-químico, como a resistência de um fluido ao escoamento, constituindo assim um importante parâmetro na tecnologia de

processos, além disso é considerada critério de avaliação da qualidade e estabilidade de um determinado sistema (STEFFE, 1996).

A análise foi determinada em viscosímetro Brookfield, modelo DV-I+ viscometer, com spindle SP – 62, mantendo a temperatura à 25°C e o torque acima de 10%, de acordo com método oficial Tq 1a-64 AOCS (2004).

#### 4.2.5.6 Índice de refração (IR)

O índice de refração de um óleo está relacionado ao grau de saturação das ligações, com seu teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico da amostra. Este índice é a relação entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração, variando na razão inversa da temperatura e cresce com o aumento do número de insaturações dos ácidos graxos.

As amostras foram analisadas em triplicata, em refratômetro de Abbé, devidamente calibrado e estabilizado com água circulante à 20°C, de acordo com o método oficial Cc 7 - 25 da AOCS (2004). A leitura das amostras foi realizada após a estabilização do equipamento com água circulante à 40°C.

#### 4.2.5.7 Índice de iodo (II)

Este índice mede a insaturação de óleos e gorduras e é expresso em termos do número de centigramas de iodo absorvidos por grama de amostra (percentagem de iodo absorvido).

O índice de iodo foi determinado pelo Método de Wijs, conforme o método Cd 1b – 87 da AOCS (2004). Após testes da solubilidade do óleo no solvente ciclohexano, o método foi modificado substituindo este solvente por clorofórmio, que obteve melhor resultado.

Foi pesado aproximadamente 0,35 g de amostra e adicionado 20 mL de clorofórmio homogeneizando completamente a amostra, foi adicionado com auxílio de uma bureta 25 mL de solução de Wijs no frasco que continha a amostra e foi agitado novamente, tampado e colocado em repouso ao abrigo da luz e à temperatura ambiente por 30 minutos, em seguida foi adicionado 20 mL da solução de iodeto de potássio a 15% e 100 mL de água destilada, após este procedimento a amostra foi titulada com solução de tiosulfato de sódio 0,1N até o aparecimento de uma fraca coloração amarela, em seguida foi adicionado 2 mL de amido 0,5% e continuou a titulação até o desaparecimento da coloração azul. Ao mesmo tempo foi preparada uma determinação em branco.

Para o cálculo do índice de iodo foi utilizado a equação 7:

$$II = \frac{(B - S) \times N \times 12,69}{Ma(g)} \quad \text{Equação 7}$$

Em que:

II = Índice de iodo da amostra

B = Volume (mL) da titulação da amostra em branco

S = Volume (mL) da titulação da amostra de óleo

N = Normalidade da solução de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Ma = Massa da amostra de óleo

#### 4.2.5.8 Índice de saponificação (IS)

O índice de saponificação é a quantidade de álcali necessário para saponificar uma quantidade definida de amostra. É expresso como o número de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) necessário para saponificar 1 g de amostra. A determinação foi realizada conforme método oficial Cd 3-25 da AOCS (2004).

Foi pesado em erlenmeyer aproximadamente 2g de amostra e adicionado 25 mL de solução alcoólica de KOH. Posteriormente foi conectado o condensador e deixou-se ferver suavemente até a completa saponificação da amostra (aproximadamente meia hora, para amostras normais). Após esta etapa, foi lavado a parte interna do condensador com um pouco de água e desconectado o condensador. Na amostra saponificada foi adicionado 1 mL do indicador para que a amostra fosse titulada com a solução de ácido clorídrico 0,5 M até o desaparecimento da cor rósea. Foi preparado um branco simultaneamente com a amostra.

Para o cálculo do índice de saponificação foi utilizado a equação 8:

$$IS = \frac{((VB - VA) \times Fc \times M)}{MA} \times 56,1 \quad \text{Equação 8}$$

Em que:

IS = Índice de saponificação da amostra

VB = Volume (mL) titulado do branco

VA = Volume (mL) titulado da amostra

Fc = Fator de correção da solução de ácido clorídrico

M = Molaridade da solução de ácido clorídrico

#### 4.2.5.9 Acidez

O índice de acidez ou ácidos graxos livres é definido como a quantidade em mg de hidróxido de potássio necessária para neutralizar os ácidos livres presente em 1mg de amostra. Este índice é um bom indicativo da conservação do óleo. O método utilizado na determinação do teor de ácidos graxos livres existentes na amostra, por titulometria, foi o Ca 5a - 40 da AOCS (2004).

Foi pesado 2g de amostra e adicione 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutralizado. Foram adicionadas duas gotas do indicador fenolftaleína e titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1N até o aparecimento da coloração rósea e persistir por 30 segundos.

Para o calculo da acidez foi utilizada a equação 9:

$$IA = \frac{V \times Fc \times N \times 28,2}{Ma} \quad \text{Equação 9}$$

Em que:

IA= Índice de acidez em ácido oléico

V = Volume (mL) consumido de NaOH 0,1N

Fc = Fator de correção da solução de NaOH 0,1N

N = Normalidade da solução de NaOH

Ma = Massa da amostra em gramas

#### 4.2.5.10 Índice de peróxido (IP)

O índice de peróxido determina todas as substâncias que oxidam o iodeto de potássio (KI), em miliequivalentes de peróxido por 100 g de amostra, sob as condições de teste. Essas substâncias são geralmente consideradas como peróxidos ou outros produtos similares da oxidação de gorduras. O método para esta análise foi o Cd 8-53 da AOCS (2004).

Foi pesado aproximadamente 5g de amostra em um erlenmeyer de 250 mL e adicionado 30 mL da solução ácido acético-clorofórmio 3:2 agitando até a dissolução da amostra. Posteriormente foi adicionado 0,5 mL da solução saturada de KI e deixado em

repouso ao abrigo da luz por exatamente um minuto. Logo após foi acrescentado 30 mL de água e titulado com solução de tiosulfato de sódio 0,1 N com constante agitação. A titulação continuou até que a coloração amarela tenha quase desaparecida. Depois foi adicionado 0,5 mL de solução de amido indicadora e continuou-se a titulação até o completo desaparecimento da coloração azul. Uma prova em branco foi preparada nas mesmas condições.

Para o cálculo do índice de peróxido foi utilizado a equação 10:

$$IP = \frac{(Va - Vb) \times Fc \times 0,01}{Ma} \times 1000 \quad \text{Equação 10}$$

Em que:

IP = Índice de peróxido

Va = Volume (mL) consumido de tiosulfato de sódio (0,01N) na titulação da amostra

Vb = Volume (mL) consumido de tiosulfato de sódio (0,01N) na titulação do branco

Fc = Fator de correção da solução de tiosulfato de sódio 0,01N

Ma = Massa da amostra em gramas

#### 4.2.5.11. Índice de p-anisidina (IpA)

O índice de p-anisidina fundamenta-se na reação de produtos secundários da degradação de lipídios, sobretudo compostos aldeídicos e a p-anisidina, com posterior determinação por absorvância a 350 nm. O valor de p-anisidina é definido como o valor resultante de 100 vezes a absorvância detectada em solução de 1 grama de óleo em mistura de solvente e reagente, em cubeta de 1 cm.

De acordo com o método oficial Cd 18-90 da AOCS (2004), pesou-se aproximadamente 0,5g em tubo de ensaio e foi acrescentado 25 mL de iso-octano para dissolver a amostra. Deste tubo, foi pipetado 5 mL da solução pronta para outro tubo e acrescentado 5 mL do solvente. Adicionou-se ainda 1 mL do reagente p-anisidina em cada tubo e posteriormente foi agitado, estes estavam encapados com papel alumínio para evitar a interferência da luz. Foi respeitado um intervalo de 10 minutos e posteriormente mediu-se a absorvância da solução do primeiro tubo a 350 nm em espectrofotômetro modelo V-360 (Jasco), que foi utilizado como branco, posteriormente foi medida a absorvância do segundo tubo, com a amostra de óleo e reagente p-anisidina.

Para a obtenção do valor de p-anisidina utilizou-se a equação 11:

$$IpA = \frac{10 \times (1,2 \times As - Ab)}{Ma} \quad \text{Equação 11}$$

Em que:

As = Absorbância da solução gordurosa após a reação com p-anisidina

Ab = Absorbância da solução gordurosa

Ma = Massa (g) da amostra teste

Com valor de p-anisidina associado ao valor de índice de peróxido encontrado pode-se calcular o valor total de oxidação (VTO ou TOTOX) (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999), conforme equação 12:

$$VTO (Totox) = 2 \times IP + IpA \quad \text{Equação 12}$$

Em que:

VTO (Totox) = Valor Total de Oxidação

IP = Índice de peróxido

IpA = Índice de p-anisidina

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERÍSTICA FÍSICA DOS FRUTOS E AMÊNDOAS DE BARU

Os frutos e amêndoas de baru da região sul do estado de Goiás apresentaram grande variabilidade nas suas características físicas, conforme mostrado na Tabela 6.

Foi observada grande variação entre as massas dos frutos, que pode ser visualizada por meio da imagem de alguns frutos considerados pontos extremos (APÊNDICE B) e também confirmada pela distribuição de frequência das massas dos barus e de suas amêndoas na Tabela 7, fato que indica variabilidade entre plantas.

**Tabela 5.** Características físicas de frutos e amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) da região Sul do estado de Goiás, no ano de 2010.

FRUTO*				
	Massa (g)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Média	25,63 ± 6,27	51,89 ± 3,98	39,20 ± 3,31	28,28 ± 2,96
CV	24,47	7,66	8,45	10,47
AMÊNDOA*				
	Massa (g)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Média	1,11 ± 0,31	23,45 ± 3,05	10,65 ± 1,61	7,78 ± 1,40
CV	27,39	13,00	15,14	17,96

\* Valores constituem médias ± desvios-padrão de cento e trinta e cinco frutos. CV = Coeficiente de variação.

A variação de massa do fruto encontrado neste estudo é maior que a observada por Vera (2007) que obteve variação entre 26,08-37,20g com média geral de 32,20g em todas as regiões do estado de Goiás. De acordo com Czeder (2009) que avaliou frutos das regiões Leste, Oeste e Sudeste de Goiás, a massa destes oscilou entre 25,82-33,88g. A grande variação de massa dos frutos pode ser devido a fatores genéticos, climáticos, solos e distribuição espacial. Quanto ao comprimento e largura dos frutos deste estudo apresentaram médias abaixo de alguns autores (CZEDER, 2009; FREITAS, 2009) e espessura semelhantes aos dados reportados por Corrêa (1999) e Vera (2007).

Para as amêndoas, a massa variou entre 0,05-1,73g com média de 1,11g (Tabela 7), levando em consideração que as amêndoas com fungos foram contabilizadas como peso de amêndoas, o que pode ter diminuído a média de massa deste estudo. Comparando com a

literatura, há variação considerável, com valores como 1,17g (SANO et al., 1999), 1,29g (CORRÊA, 1999; VERA, 2007), 1,35g (CZEDER, 2009), 1,94g (TOGASHI, 1993).

**Tabela 6.** Distribuição de freqüência (%) da massa (g) dos frutos e das amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) da região Sul do estado de Goiás.

Massa do fruto (g) <sup>1</sup>		Massa da amêndoa (g) <sup>1</sup>	
< 30	75,56	<1,2	62,22
30 – 40	22,96	1,2 – 1,6	35,56
> 40	1,48	> 1,6	2,22
Máximo (g)	45,66	Máximo (g)	1,73
Mínimo (g)	9,70	Mínimo (g)	0,05
Média (g)	25,63	Média (g)	1,11

<sup>1</sup> Os intervalos das massas dos frutos e das amêndoas de baru correspondem aos descritos por Vera (2007).

A média de comprimento das amêndoas do estudo (23,45 mm) encontra-se próximo aos relatados por Vera (2007) e Sano et al. (1999) e menores que os encontrados por Freitas (2009), Czeder (2009), 24,89mm, 25,67mm e 26,09mm respectivamente. Para largura da amêndoa, os valores (10,65mm) estão próximos aos reportados na literatura que variaram de 10,10 a 11,03 mm (CZEDER, 2009; SANO et al., 1999; VERA, 2007) exceto para o estudo de Freitas (2009) que observou uma média de 13,11 mm. Na espessura, os valores encontrados neste estudo (7,78 mm) se assemelham aos dados de Sano et al. (1999) e Vera (2007), que encontraram variação de 7,70-9,30 mm e 8,20-9,11 mm, respectivamente.

Estes dados reforçam os resultados de trabalhos anteriores que detectaram diferenças entre frutos e amêndoas de baru de diferentes populações, assim como na mesma subpopulação do Cerrado (BOTEZELLI; DAVIDE; MALAVASI, 2000; SANO; VIVALDI; SPEHAR, 1999; VERA, et al. 2009).

Para o rendimento das amêndoas em relação ao fruto, o valor encontrado ( $4,54 \pm 1,54$ ) está próximo ao encontrado por Czeder (2009), que obteve valores de  $4,39 \pm 0,64$ ,  $4,14 \pm 0,72$  e  $5,28 \pm 1,22$ , respectivamente para as regiões Leste, Oeste e Sudeste do estado de Goiás e também próximo aos valores observados por Freitas (2009), que variou de 3,28% a 4,98% nas amêndoas da região oeste colhidas no ano de 2007.

## 5.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA AMÊNDOA DE BARU E AMENDOIM

Os resultados da composição centesimal do *pool* de amêndoas da região Sul do estado de Goiás e do *pool* de amendoim estão expostos na Tabela 8.

Pode ser observado que as amêndoas apresentaram baixo teor de umidade, assim como os relatados por Vallilo, Tavares e Aued (1990) ( $5,8\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), e por Takemoto et al. (2001) ( $6,1\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) que também analisaram as amêndoas *in natura* e abaixo do encontrado em estudo de amêndoas de três regiões de Minas Gerais (BOTEZELLI; DAVIDE; MALAVASI, 2000). Para os estudos feitos com amêndoas de baru torradas, modo mais consumido, foram encontrados valores menores ( $3,49$  a  $3,70\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), devido ao processo de torragem (OLIVEIRA SOUSA, et al. 2011; FERNANDES et al. 2010).

**Tabela 7.** Composição centesimal e valor energético da amêndoa de baru e amendoim

Componente (g/100g)	Amostras <sup>1</sup>	
	Amêndoa de baru	Amendoim
Umidade	$6,18 \pm 0,10$	$6,47 \pm 0,06$
Proteína (Nx6,25)	$23,66 \pm 0,37$	$32,93 \pm 0,07$
Lipídios	$37,19 \pm 0,49$	$46,14 \pm 1,86$
CHO <sup>2</sup>	30,02	12,11
Cinzas	$2,77 \pm 0,03$	$2,35 \pm 0,00$
VET (kcal.100g <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	549,43	595,42

<sup>1</sup> Valores constituem médias  $\pm$  desvios-padrão de três repetições.

<sup>2</sup> (CHO) carboidratos foram estimados por diferença.

<sup>3</sup> (VET) Valor energético total estimado por meio dos fatores de conversão de 4, 4 e 9 para proteínas, carboidratos e lipídios respectivamente (MERRIL; WATT, 1973).

A quantidade de proteína encontrada neste estudo assemelha a média encontrada por diversas pesquisas com amêndoas de regiões e safras diferentes, com valores que variaram entre  $22\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  a  $25\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  (TAKEMOTO et al., 2001; TOGASHI e SGARBIERI, 1994; TOGASHI e SGARBIERI, 1995; VALLILO, TAVARES e AUED, 1990), exceto para os estudos de Coimbra e Jorge (2010) que encontraram  $26,78\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  e Oliveira Sousa, et al. (2011) que encontrou quantidade superior ( $29,92\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) para amêndoas da região noroeste do estado de Goiás. Vale ressaltar que a boa quantidade de proteína da amêndoa associada a sua boa qualidade, com PDCAAS (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*) médio de 58,9% (FERNANDES, 2007; FREITAS, 2009), pode ser considerada fonte complementar de proteína para a população regional.

As amêndoas de baru apresentaram uma elevada concentração de lipídios, porém abaixo dos valores relatados na literatura, que variaram entre  $38,20\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  e  $42,06\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  (COIMBRA; JORGE, 2010; FERNANDES et al., 2010; OLIVEIRA SOUZA et al., 2011; TAKEMOTO et al., 2001; TOGASHI; SGARBIERI, 1994; VALLILO; TAVARES; AUED, 1990). Esse alto conteúdo de lipídios faz da amêndoa de baru uma ótima fonte energética e uma promissora fonte de óleo vegetal.

Para o amendoim pode-se observar valores de umidade ( $6,47 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) acima dos relatados na literatura ( $2,18 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  a  $2,80 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), porém estes autores analisaram o amendoim torrado, sua forma usual de consumo, enquanto neste estudo, o amendoim foi analisado *in natura*, o que explica sua elevada umidade (FERNANDES et al., 2010; FREITAS, 2009; OLIVEIRA SOUSA et al., 2011).

Quanto ao conteúdo de proteína do amendoim estudado ( $32,93\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) é semelhante à literatura pesquisada, que variou entre  $29,59\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  e  $32,60\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  (FERNANDES et al., 2010; FREITAS, 2009; OLIVEIRA SOUSA et al., 2011).

A quantidade de lipídios observado ( $46,14\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) foi semelhante ao valor encontrado por Oliveira Sousa et al. (2011) que reportou quantidade de  $46,35\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  e superior aos encontrados por Freitas (2009) e Fernandes et al. (2010),  $44,04\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  e  $44,50\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  respectivamente. Estes dados reforçam o conhecimento sobre esta leguminosa sendo, portanto, um bom produto para comparação.

### 5.3 EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS DE BARU E AMENDOIM

A extração do óleo de todos os tratamentos foi avaliada em relação ao rendimento e eficiência da extração, conforme Tabela 9.

No processo de extração do óleo de baru, o rendimento observado ficou entre 288,90g e 316,51g em 1000 g de amostra, com média de 300,79g. Para este rendimento a eficiência do processo foi em média de 80,85%. No entanto, na extração do óleo de amendoim o rendimento ficou entre 353,57g e 395,36g em 1000g de amostra, com média de 374,19g, valor acima da massa do óleo extraído de amêndoas de baru, porém a eficiência do processo é semelhante para a extração dos dois tipos de óleo, que para o processo com amendoim foi de 81,08%. Esta diferença pode ser explicada pelo conteúdo de lipídios da amostra, que é maior no amendoim, extraíndo assim uma massa maior de óleo.

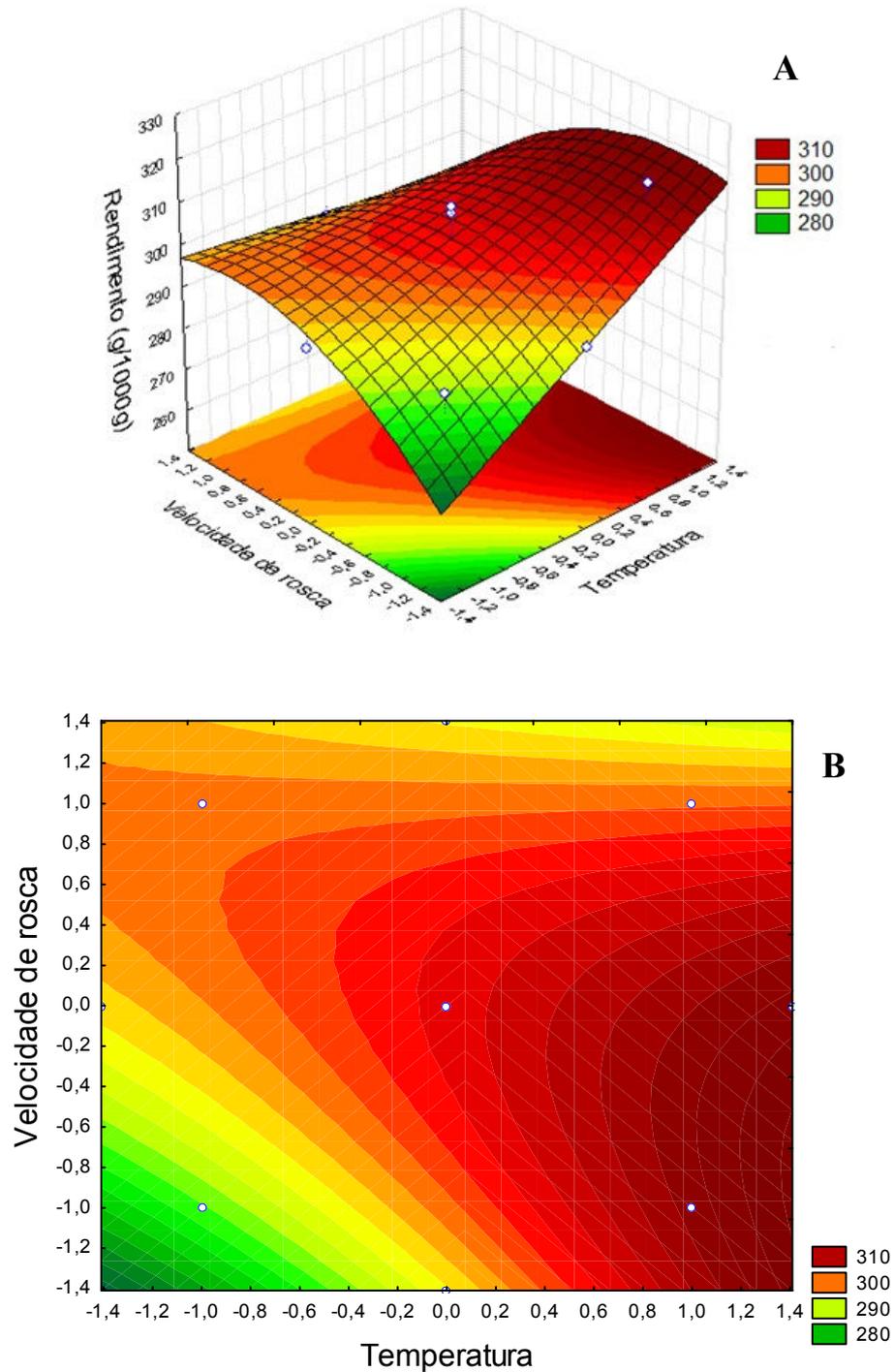
**Tabela 8.** Rendimento e eficiência da extração de óleo de baru e amendoim

Parâmetros da extração <sup>1</sup>			Baru			Amendoim		
Tratamento	Temperatura (°C)	Velocidade de rosca (rpm)	Rendimento (g)	Rendimento percentual (%)	Eficiência da extração (%)	Rendimento (g)	Rendimento percentual (%)	Eficiência da extração (%)
<b>1</b>	-1	-1	288,90	28,88	77,66	389,83	38,97	84,46
<b>2</b>	1	-1	316,51	31,64	85,08	389,65	38,96	84,44
<b>3</b>	-1	1	296,86	29,68	79,81	360,99	36,09	78,22
<b>4</b>	1	1	298,07	29,79	80,09	353,64	35,36	76,63
<b>5</b>	0	0	308,44	30,84	82,93	368,72	36,87	79,91
<b>6</b>	0	0	310,19	31,01	83,37	374,69	37,46	81,19
<b>7</b>	0	0	301,17	30,11	80,96	371,94	37,19	80,60
<b>8</b>	-1,41	0	291,78	29,15	78,39	379,02	37,89	82,11
<b>9</b>	1,41	0	310,98	31,09	83,59	378,65	37,86	82,05
<b>10</b>	0	1,41	292,54	29,25	78,65	353,57	35,34	76,60
<b>11</b>	0	-1,41	293,21	29,32	78,83	395,36	39,53	85,67

<sup>1</sup> Parâmetros codificados

### 5.3.1 Análise de efeitos dos parâmetros sobre o rendimento do óleo de baru

A avaliação do efeito dos componentes do sistema sobre o rendimento da extração do óleo de baru mostrou que houve apenas a contribuição positiva da temperatura de extração, sendo que a influência da velocidade de rosca não foi estatisticamente significativa ( $p < 0,10$ ).



**Figura 3.** Superfície de resposta da variação da temperatura e velocidade de rosca no rendimento da extração de óleo de baru (A) e curvas de contorno (B)

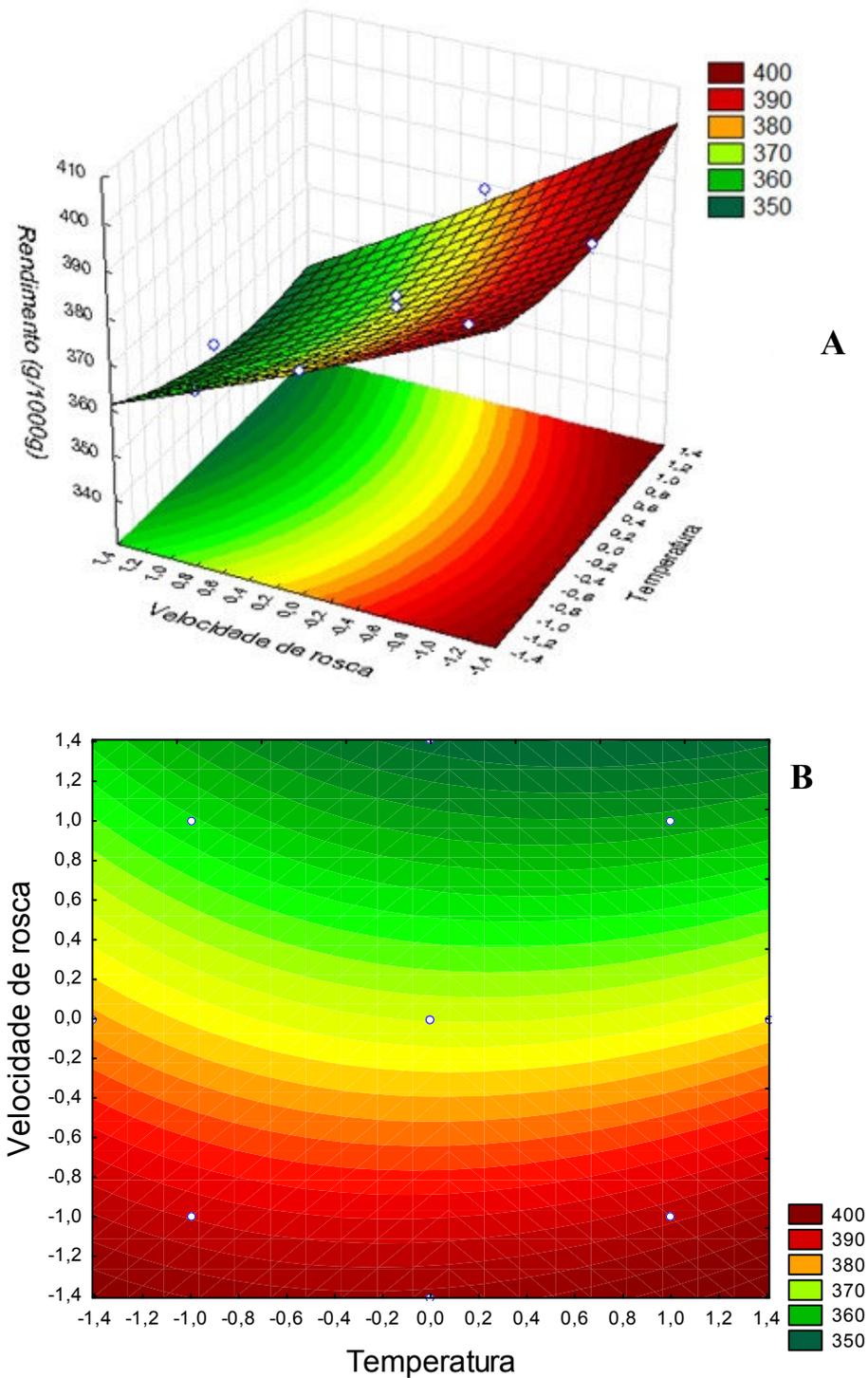
A superfície de resposta (Figura 3) mostrou que o maior rendimento foi obtido em máxima temperatura de extração e em velocidade de rosca média. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) ajustado para o modelo proposto foi de 0,87, demonstrando um bom resultado e um modelo estatisticamente válido, pois o valor obtido para F calculado (13,56) foi maior que o F tabelado (3,07) ( $p < 0,10$ ).

O óleo está presente no grão como uma emulsão que é estabilizada por agentes de superfície ativos, como as proteínas e fosfolipídios. Com o aquecimento, pode haver desnaturação de proteínas e diminuição da viscosidade, permitindo que as gotas de óleo se unam formando uma gota maior, facilitando sua remoção durante a extração por prensagem (WARD, 1976; WIESENBERN *et al.*, 2002).

### **5.3.2. Análise de efeitos dos parâmetros sobre o rendimento do óleo de amendoim**

Na avaliação do efeito dos parâmetros da extração sobre o rendimento do óleo de amendoim, pode-se observar a contribuição significativa da velocidade de rosca ( $p < 0,10$ ). Ao contrário da extração do óleo de baru, o componente significativo apresentou efeito negativo, ou seja, com o aumento da velocidade de rosca da prensa o rendimento da extração diminuiu.

Com a elevação da velocidade da rosca, há também um aumento na pressão exercida na amostra e conseqüentemente uma diminuição do volume da torta de amendoim, aumentando a eficiência do empacotamento dos ácidos graxos. Como a densidade é inversamente proporcional ao volume, a redução do espaço ocupado pelo amendoim na prensa pode ter auxiliado para aumentar a densidade do óleo, o que provavelmente dificultou a extração deste (MCCLEMENTS; DECKER, 2010). A análise de efeitos mostrou que o efeito da temperatura de extração não foi estatisticamente significativo ( $p < 0,10$ ).



**Figura 4.** Superfície de resposta da variação da temperatura e velocidade de rosca no rendimento da extração de óleo de amendoim (A) e curvas de contorno (B)

A superfície de resposta (Figura 4 A) confirma o comportamento obtido nos efeitos lineares, mostrando que o maior rendimento foi obtido em menor velocidade de rosca da prensa independente da temperatura de extração.

## 5.4 QUALIDADE DOS ÓLEOS DE BARU E AMENDOIM

Todos os tratamentos de extração de óleo de baru e amendoim foram analisados quanto às características físicas, índices analíticos e testes de qualidade oxidativas.

### 5.4.1. Propriedades físicas dos óleos de baru e amendoim

#### 5.4.1.1. Umidade

Os valores obtidos para a umidade dos óleos de baru e amendoim estão expostos na Tabela 10. Este parâmetro das amostras pode interferir em algumas análises que caracterizam a qualidade do óleo, como índice de refração, índice de saponificação e índice de iodo (ZENEBO, PASCUET, TIGLEA; 2008).

Para os óleos de baru, os teores de umidade variaram entre 0,051 a 0,106%, havendo pequena variação entre os tratamentos. Para os óleos de amendoim os teores de umidade variaram entre 0,056 a 0,250%. A quantidade de umidade dos óleos, por estarem abaixo de 2%, não interferiu nos resultados dos índices estudados.

A análise de efeitos do tratamento sobre a umidade dos óleos ( $p < 0,10$ ) indica que a velocidade da rosca da prensa influencia positivamente o teor de umidade do óleo de baru, porém para o óleo de amendoim, nenhum dos parâmetros influenciou significativamente no teor de umidade do óleo.

Esta diferença na influência dos parâmetros da extração dos óleos para umidade pode estar relacionada à dureza do grão, visto que o conteúdo de umidade dos grãos encontravam-se próximos.

**Tabela 9.** Valores dos parâmetros físicos do óleo de baru e amendoim

Tratamento	Óleo de baru <sup>1</sup>			Óleo de amendoim <sup>1</sup>		
	Umidade <sup>2</sup>	Densidade <sup>3</sup>	Viscosidade <sup>4</sup>	Umidade <sup>2</sup>	Densidade <sup>3</sup>	Viscosidade <sup>4</sup>
<b>1</b>	0,087	0,910	76,6	0,121	0,892	69,6
<b>2</b>	0,081	0,913	77,0	0,184	0,914	69,6
<b>3</b>	0,106	0,910	77,4	0,197	0,914	69,2
<b>4</b>	0,080	0,908	77,2	0,217	0,912	69,2
<b>5</b>	0,053	0,909	77,4	0,182	0,900	69,0
<b>6</b>	0,080	0,914	77,2	0,192	0,916	68,8
<b>7</b>	0,056	0,905	77,4	0,250	0,905	69,2
<b>8</b>	0,054	0,914	77,6	0,174	0,917	68,8
<b>9</b>	0,051	0,911	77,0	0,080	0,910	69,4
<b>10</b>	0,063	0,908	78,0	0,056	0,910	69,0
<b>11</b>	0,090	0,909	77,2	0,099	0,914	69,6

<sup>1</sup> Valores constituem médias de 3 repetições

<sup>2</sup> Valores expressos em %

<sup>3</sup> Valores expressos de densidade à 25°C

<sup>4</sup> Valores expressos em cP.

#### 5.4.1.2. Densidade

Na análise de efeitos dos parâmetros estudados na extração, os valores observados tanto para o óleo de baru, quanto para o óleo de amendoim, não indicaram influência significativa ( $p < 0,10$ ).

A média de densidade encontrada do óleo de baru foi de 0,910%, próximos aos encontrados por Maciel Júnior (2010) que obteve o valor de 0,912%; assim como a média observada para o óleo de amendoim (0,909%). Os valores encontrados estão de acordo com a legislação vigente para óleo de amendoim, que indica valores regulares de 0,911% à 0,914% (BRASIL, 1999). Como o óleo de baru possui um perfil de ácidos graxos semelhantes ao amendoim, estes podem ser comparados para este parâmetro.

#### 5.4.1.3. Viscosidade

O resultado obtido para viscosidade dos óleos das leguminosas estão apresentados na Tabela 10.

Os valores de viscosidade do óleo de baru (77,3 cP) estão acima do relatado por Maciel Junior (2010) que foi de 54,73 cP à 20°C, que também estudou o óleo de baru; para o óleo de amendoim, observou-se uma média de 69,2 cP, valores próximos aos relatados para o azeite de oliva (63,28 – 66,10 cP) e maior que outros óleos vegetais como o óleo de girassol (48,98 – 52,00 cP), óleo de milho que apresentou de 51,44 à 54,40 cP (ABROMOVIC; KLOFUTAR, 1998; SANTOS; SANTOS; SOUZA, 2005).

A superioridade dos valores encontrados para a viscosidade do óleo de baru sobre o óleo de amendoim pode estar relacionado a outros componentes que provavelmente foram extraídos junto aos óleos, como fosfolipídeos, que auxiliariam na emulsificação do óleo e conseqüentemente, aumentaria a sua viscosidade. Além disso, este parâmetro está bastante relacionado com a composição de ácidos graxos, pois sabe-se que, a viscosidade do óleo é maior para aqueles que possuem quantidades maiores de ácidos graxos monoinsaturados do que para aqueles que possuem mais ácidos graxos polinsaturados. Provavelmente, a quantidade de monoinsaturados do óleo de amendoim é pouco menor que a encontrada no óleo de baru estudado, por isso a pequena diferença entre eles (ABROMOVIC; KLOFUTAR, 1998).

Quanto à análise dos parâmetros testados no experimento, assim como no teor de umidade e densidade dos óleos estudados, não foi verificado efeito significativo para a viscosidade de nenhum dos óleos ( $p < 0,10$ ).

#### 5.4.1.4. Cor

Os valores obtidos para cor instrumental do óleo de baru e óleo de amendoim estão expostos na Tabela 11.

A luminosidade é uma coordenada do espaço de cores CIELAB que pode variar do 0 ao 100, ou seja, do preto ao branco (LAWLESS; HEYMANN, 1999). Sendo assim, o óleo de amendoim pode ser considerado translúcido ( $L^* = 95,84$ ) e o óleo de baru, pode ser caracterizado com uma tendência à transparência, pois apresentou médias superiores à 50 para todos os tratamentos ( $L^* = 57,01$ ).

Na análise do efeito dos parâmetros do tratamento ( $p < 0,10$ ), a velocidade de rosca influenciou positivamente para os dois óleos, indicando que quanto maior a rotação da rosca, mais translúcido são os óleos; em contrapartida, a temperatura influenciou negativamente para o óleo de amendoim. Sabe-se que a temperatura aumenta a permeabilidade da membrana celular da célula, auxiliando a saída de óleo, porém outros componentes não-glicérideo dos óleos podem ser extraídos, influenciando na luminosidade do conteúdo (MORETTO, FETT, 1998).

Com relação ao parâmetro de cor  $a^*$  o óleo de baru (Apêndice C) e o óleo de amendoim (Apêndice D) apresentaram médias próximas, -1,41 e -2,49, respectivamente, o que corresponde à cor levemente verde, quanto ao parâmetro  $b^*$  o óleo de baru obteve média maior que o óleo de amendoim, valores positivos correspondem à coloração amarela.

Em estudo com processamento e armazenamento de erva-mate, verificou-se que o valor de  $a^*$  negativo está relacionado ao conteúdo de clorofila, sendo que, quanto maior o conteúdo deste componente, mais intenso será o verde exposto (SCHMALKO, SCIPIONI, FERREYRA, 2005). Os dados da literatura mostram também que o parâmetro  $b^*$  pode estar relacionado a carotenóides encontrados no óleo, estes compostos possuem duplas ligações conjugadas, que levam à absorção de maiores quantidades de luz azul, provocando um aumento da intensidade de cores que vão do amarelo ao vermelho, sendo monitoradas em comprimento de onda variando entre 430 e 480 nm (MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, 2010). Sabendo disso, pode-se supor que o óleo de baru tem um conteúdo maior de carotenóides que o óleo de amendoim.

**Tabela 10.** Parâmetros de cor do óleo de baru e do óleo de amendoim

<b>Tratamento</b>	<b>ÓLEO DE BARU<sup>1</sup></b>					<b>ÓLEO DE AMENDOIM<sup>1</sup></b>				
	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h*<sup>2</sup></b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h*<sup>2</sup></b>
<b>1</b>	46,25	-1,02	53,83	53,84	1,55	95,83	-2,37	13,36	13,57	1,40
<b>2</b>	58,35	0,07	82,78	82,78	1,57	95,70	-2,54	14,52	14,74	1,40
<b>3</b>	53,59	-1,47	71,88	71,90	1,55	95,98	-2,37	12,15	12,38	1,38
<b>4</b>	64,03	-0,87	86,78	86,78	1,56	95,71	-2,76	15,24	15,49	1,39
<b>5</b>	63,07	-2,22	76,43	76,46	1,54	95,83	-2,63	13,89	14,14	1,38
<b>6</b>	56,65	-1,90	72,22	72,24	1,54	95,92	-2,45	12,49	12,73	1,38
<b>7</b>	60,21	-1,84	77,30	77,32	1,55	95,76	-2,55	13,43	13,67	1,38
<b>8</b>	61,87	-1,34	79,93	79,94	1,55	96,06	-2,38	12,07	12,30	1,38
<b>9</b>	60,65	-1,64	77,82	77,84	1,55	95,87	-2,61	13,60	13,85	1,38
<b>10</b>	62,75	-2,53	81,29	81,33	1,54	95,99	-2,45	12,77	13,00	1,38
<b>11</b>	39,73	-0,73	53,39	53,39	1,56	95,61	-2,30	14,09	14,28	1,41
<b>Média</b>	<b>57,01</b>	<b>-1,41</b>	<b>73,97</b>	<b>73,98</b>	<b>1,55</b>	<b>95,84</b>	<b>-2,49</b>	<b>13,42</b>	<b>13,65</b>	<b>1,39</b>
<b>DP</b>	<b>7,71</b>	<b>0,74</b>	<b>10,95</b>	<b>10,95</b>	<b>0,01</b>	<b>0,14</b>	<b>0,14</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,01</b>

<sup>1</sup> Valores constituem médias de 3 repetições<sup>2</sup> Valores expressos em radianos

Quanto aos efeitos dos parâmetros de extração, no óleo de baru foi observado para o parâmetro  $a^*$  que a velocidade influenciou negativamente ( $p < 0,10$ ), no parâmetro  $b^*$  obteve-se efeito positivo tanto para a velocidade quanto para temperatura ( $p < 0,10$ ). No óleo de amendoim, apenas a temperatura influenciou significativamente os parâmetros de cor, sendo que para  $a^*$  negativamente e para  $b^*$  positivamente ( $p < 0,10$ ).

Os resultados do parâmetro croma ( $C^*$ ), fazem menção à concentração de cor, e o resultado do ângulo de matiz ( $h^*$ ) é a medida que mais se aproxima do que o ser humano refere-se como a cor de um objeto (LAWLESS; HEYMANN, 1999). No óleo de baru, o resultado do croma indicou grande variação da concentração de cor; de acordo com a análise de efeitos dos parâmetros da extração, a velocidade de rosca e temperatura influenciaram positivamente ( $p < 0,10$ ). Para o óleo de amendoim, os dois parâmetros de cor não variaram, indicando estabilidade da cor.

#### **5.4.2. Índices analíticos**

O conhecimento das características físico-químicas de óleos e gorduras é importante, pois permite o estabelecimento da identidade para um determinado lipídio através da análise do conjunto dos vários índices que lhe são específicos. Além disso, esse conhecimento também possibilita uma estimativa do tipo de ácidos graxos presentes (índice de saponificação) e o seu grau de insaturação (índice de iodo) (BRANCO, 1976).

##### **5.4.2.1. Índice de refração**

Os resultados do índice de refração dos óleos estudados (Tabela 13) estão próximos aos relatados para óleos vegetais como amêndoas (1,464), castanha de caju (1,463), castanha do Pará (1,460) e soja (1,468) (DAMY; JORGE, 2003). Este índice depende tanto do número de insaturações, quanto do comprimento da cadeia carbônica (MACIEL JUNIOR, 2010), portanto, os óleos estudados tem composição semelhante a outros óleos comestíveis consumidos frequentemente.

Foi encontrado para o índice de refração do óleo de baru (Tabela 13) valores semelhante a outros estudos com óleo de baru, que variaram de 1,462 a 1,463 (COIMBRA, JORGE, 2010; MACIEL JUNIOR, 2010), com efeito negativo significativo da velocidade de rosca da prensa ( $p < 0,10$ ). Os valores observados para o óleo de amendoim encontra-se dentro da faixa permitida pela legislação de óleos, atestando sua qualidade (BRASIL, 1999), sem efeito significativo dos parâmetros da extração ( $p < 0,10$ ).

**Tabela 11.** Valores dos índices analíticos dos óleos de baru e amendoim

Tratamento	ÓLEO DE BARU <sup>1</sup>			ÓLEO DE AMENDOIM		
	Refração <sup>2</sup>	Iodo <sup>3</sup>	Saponificação <sup>4</sup>	Refração <sup>2</sup>	Iodo <sup>3</sup>	Saponificação <sup>4</sup>
1	1,4630	91,18	189,48	1,4639	93,29	193,95
2	1,4629	90,41	189,91	1,4638	95,81	199,71
3	1,4629	90,31	188,00	1,4639	94,79	190,84
4	1,4630	90,99	191,04	1,4639	94,59	193,83
5	1,4629	90,59	188,15	1,4638	96,02	194,43
6	1,4628	90,93	192,70	1,4637	96,98	193,64
7	1,4629	89,99	187,83	1,4637	94,92	191,13
8	1,4630	90,65	189,45	1,4640	97,36	191,61
9	1,4628	89,81	190,29	1,4639	97,87	192,60
10	1,4627	89,86	194,06	1,4639	94,23	191,96
11	1,4629	90,38	191,79	1,4638	95,55	194,66

<sup>1</sup> Valores constituem médias de 3 repetições.

<sup>2</sup> Valores expressos em  $\eta^{40}_D$

<sup>3</sup> Valores expresso em  $\text{g I}_2 \cdot 100\text{g}^{-1}$

<sup>4</sup> Valores expressos em  $\text{g KOH} \cdot \text{g}^{-1}$

#### 5.4.2.2. Índice de iodo

O índice de iodo é uma medida do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes no óleo, sendo que, quanto maior o valor do índice, maior o número de insaturação das cadeias de ácidos graxos das moléculas de triacilgliceróis.

O óleo de baru apresentou média do índice de iodo de  $90,44 \text{ mg I}_2 \cdot 100\text{g}^{-1}$ , abaixo do encontrado por Maciel Junior (2010) em estudo com óleo de baru extraído com prensa semelhante, porém com parâmetros diferentes; e acima do reportado por Coimbra e Jorge (2010), também para óleo de baru.

Já o óleo de amendoim a média encontrada foi de  $95,58 \text{ mg I}_2 \cdot 100\text{g}^{-1}$ , dentro da extensa faixa referida pela legislação específica (BRASIL, 1999). O valor encontrado para o óleo de amendoim, que é maior que o encontrado para o óleo de baru, pode ser explicado possivelmente pela maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados do amendoim, fazendo com que o valor deste índice se elevasse para este óleo.

Em estudo com duas sementes não convencionais da família Moraceae, originadas da Nigéria, Adewuyi, et al. (2010) observaram que em temperatura ambiente a semente com menor índice de iodo ( $46,10 \text{ mg I}_2 \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) possuía característica sólida, enquanto aquela com índice maior ( $88,24 \text{ mg I}_2 \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) apresentava-se líquida, atestando que óleos, quando líquidos à temperatura ambiente, possuem grande quantidade de ácidos graxos insaturados, assim como os óleos estudados.

#### 5.4.2.3. Índice de saponificação

Os resultados para o índice de saponificação do óleo de baru (Tabela 13) encontra-se próximo aos relatados por Togashi e Sgarbieri (1995) que relatou  $190,0 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ , enquanto valores menores foram observados por Maciel Junior (2010), Vallilo, Tavares e Aued (1990) e Coimbra e Jorge (2010) que encontraram 187,39, 180,60 e  $137,30 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$  respectivamente. O óleo de amendoim também apresentou índice semelhante ao baru ( $195,49 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ ), indicando a semelhança entre o conteúdo de insaturações nos ácidos graxos dos óleos.

Para gorduras vegetais, quanto mais alto o índice de saponificação, mais se prestam para fins alimentícios (MORETTO, FETT, 1998). Portanto, os óleos brutos destas leguminosas, estão aptos a serem utilizados na preparação de alimentos.

### 5.4.3. Testes de qualidade oxidativas

Tem sido relatado que o consumo de produtos da oxidação de gorduras parece estar envolvido em diversas condições patológicas. Assim, há um interesse considerável na avaliação do estado de oxidação dos óleos.

Os valores obtidos para acidez, peróxido e p-anisidina dos óleos de baru e amendoim estão demonstrados na Tabela 14.

#### 5.4.3.1. Acidez

Teor de ácido graxos livres é um dos parâmetros verificados ao estimar a estabilidade, qualidade e funcionalidade de óleos, este índice decorre da hidrólise parcial dos glicerídios estimulando a deterioração oxidativa por oxidação enzimática e química para formar os componentes *off-flavor* (KOWALKI, 1995, MORETTO; FETT, 1998).

Quanto ao índice de acidez dos óleos estudados, observou-se valores superiores para o óleo de baru em relação ao óleo de amendoim, porém estes valores são considerados muito baixos por se tratarem de óleo bruto, pois a legislação prevê o máximo de 2% em ácido oléico (BRASIL, 2005).

As médias de índice de acidez encontrada para o baru variaram de 0,420 a 1,193% em ácido oléico, não havendo a interferência dos parâmetros da extração ( $p < 0,10$ ). A literatura atual indica valores menores (0,209% em ácido oléico) e próximos (0,850% em ácido oléico) aos encontrados neste estudo (MACIEL JUNIOR, 2010; VALLILO; TAVARES; AUED, 1990). Para o óleo de amendoim, os valores foram ainda menores (0,207 a 0,489 % em ácido oléico), indicando maior estabilidade na extração do óleo. Em estudos da estabilidade de azeite e óleos vegetais em frituras, obtiveram valores baixos de acidez, variando de 0,2 a 0,7% em ácido oléico (SILVA et al, 2010; KOPRIVNJAK et al., 2008).

Em óleos de primeira prensagem, a concentração de ácidos graxos livres é pequena, diferente daqueles de prensagens subseqüentes, que apresentam conteúdo elevado de ácidos graxos livres, pois neste processo a matriz celular é rompida e as lípases têm tempo de hidrolisar os triacilgliceróis (MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, 2010), os baixos valores encontrados neste estudo podem ser explicados pelo fato de serem produtos de primeira prensagem, diminuindo tempo de contato com as lípases e assim com menor ação hidrolítica.

**Tabela 12.** Índices de grau oxidativo dos óleos de baru e amendoim

Tratamento	ÓLEO DE BARU <sup>1</sup>			ÓLEO DE AMENDOIM <sup>1</sup>		
	Acidez <sup>2</sup>	Peróxido <sup>3</sup>	p-anisidina	Acidez <sup>2</sup>	Peróxido <sup>3</sup>	p-anisidina
<b>1</b>	0,422	1,567	0,274	0,210	2,013	0,311
<b>2</b>	0,913	1,664	0,436	0,280	1,341	0,390
<b>3</b>	0,420	2,335	0,472	0,208	3,393	0,339
<b>4</b>	1,193	2,098	0,531	0,209	1,526	0,088
<b>5</b>	1,032	1,759	0,720	0,209	1,658	0,174
<b>6</b>	0,512	2,437	0,596	0,207	3,113	0,446
<b>7</b>	0,678	1,213	0,427	0,279	2,593	0,378
<b>8</b>	0,467	1,084	0,567	0,209	3,133	0,561
<b>9</b>	0,561	1,402	0,431	0,210	1,752	0,188
<b>10</b>	0,421	1,631	0,869	0,489	2,726	0,250
<b>11</b>	0,540	1,144	0,495	0,305	1,719	0,443

<sup>1</sup> Valores constituem médias de 3 repetições.

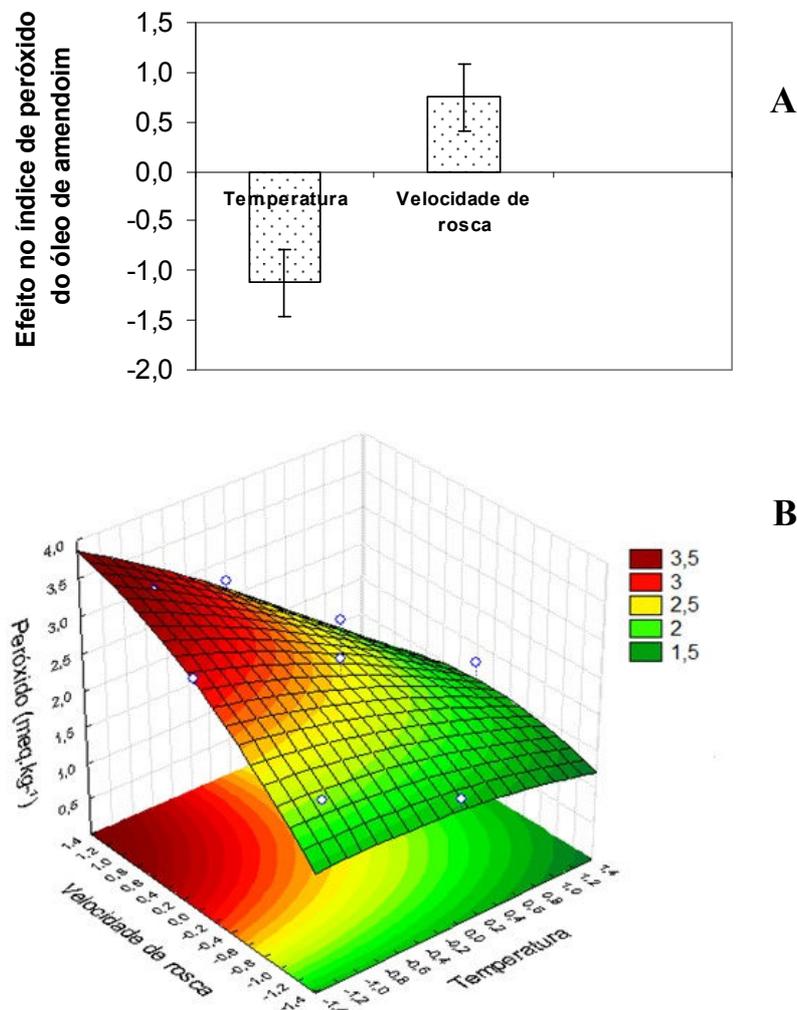
<sup>2</sup> Valores expressos em % em ácido oléico.

<sup>3</sup> Valores expressos em meq.kg<sup>-1</sup>

### 5.4.3.2 Índice de peróxido

Os valores de índice de peróxido encontrados (Tabela 14) ficaram muito abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira que é de  $15 \text{ meq.kg}^{-1}$  e próximo aos encontrados em estudos com diversos óleos vegetais e azeite de oliva, apresentando valores de índice de peróxido que variaram entre 2,0 a  $3,8 \text{ meq.kg}^{-1}$  indicando que as amostras apresentaram boa estabilidade oxidativa (KOPRIVNJAK et al., 2008; SILVA et al, 2010).

Na avaliação dos efeitos dos parâmetros da extração sobre o índice de peróxido, apenas para o óleo de amendoim houve influência significativa da temperatura (efeito negativo) e da velocidade de rosca (efeito positivo) (Figura 5A). A análise não mostrou efeito significativo dos componentes para o óleo de baru ( $p < 0,10$ ).



**Figura 5.** (A) Efeito ( $p < 0,10$ ) da temperatura e velocidade de rosca no índice de peróxido do óleo de amendoim. (B) Superfície de resposta da variação da temperatura e velocidade de rosca no índice de peróxido do óleo de amendoim.

A superfície de resposta (Figura 5 B) mostra a tendência ao maior índice de peróxido quanto maior a velocidade de rosca e em menor temperatura de extração.

A maior velocidade da prensa eleva a pressão do sistema, este processamento pode estar aliado a liberação de maior conteúdo de ácidos graxos livres, devido ao rompimento da matriz celular e liberação de lipases que ativam o processo de oxidação hidrolítica e diminuem a estabilidade oxidativa (MCCLEMENTS, D. J.; DECKER , 2010).

#### 5.4.3.3 Valor de p-anisidina

Na avaliação do efeito dos parâmetros sobre o valor de p-anisidina dos óleos, não houve efeito significativo ( $p < 0,10$ ) dos parâmetros de extração para nenhum dos óleos estudados.

Os valores encontrados para o óleo de baru e amendoim (Tabela 14) foram próximos, indicando que os óleos apresentaram estabilidade parecida. Como este índice está associado ao índice de peróxido, a pequena quantidade deste prevê valores reduzidos de p-anisidina, próprios de óleos brutos ou de primeira prensagem.

A confirmação para a baixa oxidação foram demonstrados pelos valores de Totox (Valor Total de Oxidação) que combinam os resultados do índice de peróxido e p-anisidina. Considera-se que um corpo graxo esta bem conservado quando este apresenta um valor de Totox inferior a 10 (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999), o que confirma o bom estado dos óleos extraídos, que apresentaram médias de 3,86 para o óleo de baru e 4,86 para o óleo de amendoim.

## 6. CONCLUSÃO

- Os frutos e amêndoas de baru da região Sul do estado de Goiás apresentaram grande variabilidade de suas características físicas, reforçando a diferença entre as regiões do estado e importância da estratificação das amostras em estudo com frutíferas do Cerrado.
- A amêndoa de baru tem composição semelhante ao amendoim, com alta densidade energética e de nutrientes, especialmente proteínas e lipídios.
- O processo de extração foi igualmente eficiente para ambos, observando que com aumento da temperatura elevou-se a quantidade de óleo de baru extraído e a velocidade de rosca influenciou negativamente na extração do óleo de amendoim.
- Apenas o processo de extração do óleo de baru foi otimizado em relação ao rendimento para a prensa e os parâmetros utilizados.
- Houve pouca influencia dos parâmetros de extração sobre a qualidade dos óleos estudados, indicando a estabilidade do processo.

## REFERÊNCIAS

- ABROMOVIC, H.; KLOFUTAR, C. The temperature dependence of dynamic viscosity for some vegetable oils. **Acta Chimica Slovenica**. Ljubljana. v. 45, n. 1, p. 69-77, 1998.
- ADEWUYI, A.; PRASAD, R. B. N.; RAO, B. V. S. K.; ODERINDE, R. A. Oil composition, mineral nutrient and fatty acid distribution in the lipid classes of underutilized oils of *Trilepisium madagascariense* and *Antiaris africana* from Nigeria. **Food Research International**. Essex, v. 43, n. 3, p. 665-670, 2010.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**, 5. Ed. Champaign: AOCS, 2004.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.
- AUED-PIMENTEL, S.; KUMAGAI, E. E.; KUS, M. M. M.; CARUSO, M. S. F.; TAVARES, M.; ZENEBON, O. Ácidos graxos trans em óleos vegetais refinados poli-insaturados comercializados no estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.29, n.3, p.646-651, 2009.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Of Biochemistry And Physiology**, Toronto, v.37, n.8, p. 911-917, 1959.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). **Cerne**. Lavras. v. 6, n.1, p.009-018, 2000.
- BRANCO, C. C. C. **Estudo Bromatológico da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.)**. 1976. 63p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999**. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de óleos e gorduras vegetais. Brasília, DF: ANVISA, 1999. Disponível em:<[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482\\_99.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482_99.htm)>. Acesso em: 19 jan 2012.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em:<<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18829&word=>>>. Acesso em: 22 mai 2010.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Brasília, DF: ANVISA, 2003. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360\\_03rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360_03rdc.htm)>. Acesso em: 22 mai 2010.
- BRASIL. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Lei nº 11.346, de 11 de setembro de 2006**. Lei de Segurança Alimentar e Nutricional. Brasília, DF: CONSEA, 2006. 16 p.

BRESSAN, J.; HERMSDORFF, H. H. M.; ZULET, M. A.; MARTÍNEZ, J. A. Impacto hormonal e inflamatório de diferentes composições dietéticas: ênfase em padrões alimentares e fatores dietéticos específicos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**. São Paulo, v.53, n. 5, p.572-581, 2009.

CALDEIRA, S. D.; HIANE, P. A.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* SW.) e do tarumã (*Vitex cymosa* Bert.) do estado do Mato Grosso do Sul. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n.1, p. 145-154, 2004.

CARRÍN, M. E.; CARELLI, A. A. Peanut oil: Compositional data. **European Journal of Lipid and Science Technology**, Weinheim, v. 112, n. 7 , p. 697-707, 2010.

CAVENDISH, T. A.; LEMOS, P. B.; YOKOTA, R. T.; VASCONCELOS, T. F.; COÊLHO, P. F.; BUZZI, M.; ITO, M. K. Composição de ácidos graxos de margarinas à base de gordura hidrogenada ou interesterificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.30, n.1, p.138-142, 2010.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. . Composición proximal y caracterización del aceite de la semilla de baru. **Aceites y Grasas**. Buenos Aires. v. 1, p. 154-159, 2010.

COORDENAÇÃO GERAL DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO (CGPAN). Ministério da Saúde (Brasil). 57a Assembléia Mundial da Saúde. **Estratégia global em alimentação saudável, atividade física e saúde**. Genebra: OMS, 2004. 26 p.

CORRÊA, G. C. **Avaliação comportamental de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nos cerrados do Estado de Goiás**. 1999. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

CORREA, G. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; ZICA, L. F. Caracterização física de frutos de baru (*Dipteryx alata* vog.) em três populações nos cerrados do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 5–11, 2000.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.26, n.1, p. 27-32, 2006.

CZEDER, L. P. **Composição nutricional e qualidade portéica da amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) de plantas de três regiões do cerrado do estado de Goiás**. 2009. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

DAMY, P. C.; JORGE, N. Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.6, n. 2, p. 251-257, 2003.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Comportamento dos óleos de girassol, soja e milho em frituras de produto cárneo empanado pré-frito congelado. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.31, n.6, p.1774-1779, 2007.

EMBRAPA (Brasil). Embrapa algodão. **Cultivo de amendoim**. Sistemas de Produção, n. 7, versão eletrônica, 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/CultivodoAmendoim/tratosculturais.html>>. Acesso em: 21 dez 2011.

FERNANDES, D. C. **Composição química e valor protéico da amêndoa de baru de plantas nativas do cerrado da região sudeste do estado de Goiás**. 2007. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

FERNANDES, D.; FREITAS, J. B.; CZEDER, L. P.; NAVES, M. M. V TEIXEIRA, L. Nutritional composition and protein value of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) almond from the Brazilian Savanna. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. London, v. 90, n. 10, p. 1650-1655, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Amino-acid content of foods and biological data on proteins**. n.24, Rome: FAO, 1970. 285p.

FOSTER, R.; WILLIAMSON, C.S.; LUNN, J. Culinary oils and their health effects. **Nutrition Bulletin**, London, v.34, n.1, p.4-47, 2009.

FREITAS, J. B. **Qualidade nutricional e valor protéico da amêndoa de baru em relação ao amendoim, castanha-de-caju e castanha-do-pará**. 2009. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I. C.; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.27, supl. 1, p.14-17, 2007.

FUNDAÇÃO PRÓ-NATUREZA (FUNATURA). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: IBAMA, 1992. 97p.

GALVÃO, E. L.; SILVA, D. C. F.; SILVA, J. O.; MOREIRA, A. V. B.; SOUSA, E. M. B. D. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo de linhaça. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 3, p. 551-557, 2008.

GOMES, B. Z.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícola num fragmento da International Paper do Brasil Ltda., em Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo. v.27, n.2, p. 249-262, 2004.

HAALAND, P. D. **Experimental Design in Biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1989.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil), **Mapa de biomas e de vegetação**. Brasília, DF, 2004. (Comunicação social). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169)>. Acesso em: 05 mai 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil), **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável 2010: país evolui em indicadores de sustentabilidade, mas ainda há desigualdades socioeconômicas e impactos ao meio ambiente**. Brasília, DF, 2010. (Comunicação social). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1703&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1703&id_pagina=1)>. Acesso em: 22 jan 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p.

JENKINS, D. J. A.; KENDALL, C. W. C.; MARCHIE, A.; PARKER, T. L.; CONNELLY, P. W.; QIAN, W.; HAIGHT, J. S.; FAULKNER, D.; VIDGEN, E.; LAPSLEY, K. G.; SPILLER, G. A. Dose response of almonds on coronary heart disease risk factors: blood lipids, oxidized low-density lipoproteins, lipoprotein(a), homocysteine, and pulmonary nitric oxide. A randomized, controlled, crossover trial. **Circulation**, Baltimore, v. 106, n. 11, p. 1327-1332, 2002.

JONNALA, R. S.; DUNFORD, N. T.; CHENAULT, K. Nutritional Composition of Genetically Modified Peanut Varieties. **Journal of Food Science**, CIDADE, v. 70, n. 4, p. 254-256, 2005.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. Taxonomic evidence: structural and biochemical characters. In: \_\_\_\_\_. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. 2. ed. Massachusetts: Sunderland, 2002. cap. 3. p. 55-104.

KOPRIVNJAK, O.; SKEVIN, D.; VALIC, S.; MAJETIC, V.; PETRICENIC, S.; LJUBENKOV, I. The antioxidant capacity and oxidative stability of virgin olive oil enriched with phospholipids. **Food Chemistry**. London, v. 111, n. 1, p. 121-126, 2008.

KOWALKI, B. Determination of oxidative stability of edible vegetable oil by pressure differential scanning calorimetry. **Thermochemica Acta**, Amsterdam, v. 250, n. 1, p. 197-205. 1995.

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.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. Maryland: Aspen Publishers, 1999.

LIMA, J. C. R.; FREITAS, J. B.; CZEDER, L. P.; FERNANDES, D. C.; NAVES, M. M. V. Qualidade microbiológica, aceitabilidade e valor nutricional de barras de cereais formuladas com polpa e amêndoa de baru. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. Curitiba, v. 28, n. 2, p.331-343, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

LOTTENBERG, A. M. P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**. São Paulo, v. 53, n. 5, p.595-607, 2009.

MACHADO, E. R.; GARCÍA, M. C. D.; ABRANTES, S. M. P. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n.4, p.786-792, 2008.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STININGER, M.. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservação Internacional**, Brasília, DF. 2004. 23 p.m (Relatório técnico não publicado). Disponível em:<<http://cmbbc.cpac.embrapa.br/RelatDesmatamCerrado%20CIBrasil%20JUL2004.pdf>>. acesso em: 05 mai 2010.

MACIEL JUNIOR, S. **Caracterização físico-química, qualidade e estabilidade oxidativas do óleo de *Dipteryx alata* Vog. (baru)**. 2010. 105f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipídios. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 4, p. 131-178.

MERRIL, A. L. WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington: United States Department of Agriculture, 1973. 105 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à saúde. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição**. 2. ed. rev. Brasília. DF: Ministério da Saúde, 2003, 48 p. (Textos Básicos de Saúde, Série B).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. COORDENAÇÃO GERAL DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO. 57ª ASSEMBLEIA MUNDIAL DA SAUDE. **Estratégia global em alimentação saudável, atividade física e saúde**. Genebra: OMS, 2004. 26 p.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI FILHO, J. Efeito dos compostos fenólicos de especiarias sobre lípidos polinsaturados. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. São Paulo, v. 39, n. 3, p. 130-133, 2003.

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

MPAGALILE, J.J., HANNA, M.A., WEBER, R. Design and testing of a solar photovoltaic operated multi-seeds oil press. **Renewable Energy**, v. 31, n. 12, p. 1855-1866, 2006.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C. **Response Surface Methodology**. New York: John Wiley & Sons Inc., 2002. p. 1-17.

OLIVEIRA SOUSA, A. G.; FERNANDES, D. C.; ALVES A. M.; , FREITAS, J. B., NAVES, M. M. V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the

Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**. Barking, v. 44, n.7 p. 2319–2325, 2011.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Informe de una consulta mixta de expertos OMS/FAO. **Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas**. Ginebra: OMS, 2003. (OMS Serie de Informes Técnicos, 916).

PELKMAN, C. L.; FISHELL, V. K.; MADDOX, D. H.; PEARSON, T.A.; MANGER, D.T.; KRIS-ETHERTON, P.M. Effects of moderate-fat (from monounsaturated fat) and low-fat weight-loss diets on the serum lipid profile in overweight and obese man and women. **American Journal of Clinical Nutrition**. New York, v. 79, n. 2, p. 204-212, 2004.

PIGHINELLI, A. L. M. T.; PARK, K. J.; RAUEN, A. M.; BEVILAQUA, G.; GUILLAUMON FILHO, J. A. Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa contínua tipo expeller. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, supl, p. 66-71, 2008.

PIGHINELLI, A. L. M. T.; PARK, K. J.; RAUEN, A. M.; OLIVEIRA, R. A. Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 63-67, 2009

RANI, A. K. S.; REDDY, S. Y.; CHETANA, R. Quality changes in *trans* and *trans* free fats/oils and products during frying. **European Food Research and Technology**. Berlin, v.230, n. 6, p.803-811, 2010.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, São Paulo, v.27, n.1, p.60-67, 2007.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista Ciências Médicas e Biológicas**, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006.

ROCHA, L. S.; CARDOSO SANTIAGO, R. A. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipterix Alata vog.*) na elaboração de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.29, n.4, p. 820-825, 2009.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**: uma estratégia seqüencial de planejamentos. 1. ed. Campinas: Casa do Pão Editora, 2005. 323p.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos *trans* de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 24, n. 1, p. 27-31, 2004.

SANO, S. M.; VIVALDI, L. J.; SPEHAR, R. C. Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dipterix alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 513-518, abr. 1999.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. BRITO, M. A. **Baru**: biologia e uso. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2004. 52p.

SANTOS, R. D.; FERRARI, R. A. Extração aquosa enzimática de óleo de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n.1, p.132-138, 2005.

SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M.; ZAGONEL, G. F.; COSTA, B. J. Produtividade de grãos e óleo de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 1, p. 72-77, 2012.

SANTOS, C. C. M.; LOPES, M. R. V.; KOSSEKI, S. Y. Ocorrência de aflatoxinas em amendoim e produtos de amendoim comercializados na região de São José do Rio Preto/SP. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, n. 2, p.153-157, 2001.

SANTOS, J. C. O.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils. **Journal of Food Engineering**. Essex. v.67, n.4, p. 401–405, 2005.

SCHMALKO, M. E.; SCIPIONI, P. G.; FERREYRA, D. J. Effect of water activity and temperature in color and chlorophylls changes in yerba matte leaves. **International Journal of Food Properties**, v. 8, n.?, p. 313-322, 2005.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 38, n. 6, p.1790-1793, 2008.

SILVA, A. P. P.; MELO, B.; FERNANDES, N. **Fruteiras do Cerrado**. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/fruteiras%20do%20cerrado.html>>. Acesso em: 06 de out. 2010.

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.

SINGH, J., BARGALE, P.C. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. **Journal of food engineering**, Essex, v. 43, n.2, p. 75-82, 2000.

SINGH, K. K.; WIESENORN, 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**, Champaign, v. 79, n. 2, p. 165-170, 2002.

SOUZA, E. B. Transição nutricional no Brasil: análise dos principais fatores. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v.5, n. 13, p. 49-53, 2010.

STATSOFT. **STATISTICA for Windows - Computer program manual**. Tulsa: Statsoft Inc., 2004.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Michigan: Freeman Press, 1996. 428p.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUEDPIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 113–117, 2001.

TOGASHI, M. **Composição e caracterização química e nutricional do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 1993. 108 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)-Universidade de Campinas, Campinas, 1993.

TOGASHI, M.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata*, Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.14, n.1, p.85-95, 1994.

TOGASHI, M.; SGARBIERI, V. C. Avaliação nutricional da proteína e do óleo de sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.1, p. 66-69, 1995.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx0?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=918&hidReportRetrievalTemplateID=1#ancor>> Acesso em: 25 ago. 2010.

VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog)- caracterização do óleo da semente. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 115- 125, 1990.

VENKATACHALAM, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 13, p. 4705-4714, 2006.

VERA, R. **Caracterização física e química de frutos de barueiro (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do estado de Goiás, Brasil**. 2007. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007

VERA, R.; SOARES JUNIOR, M. S.; NAVES, R. V.; SOUZA, E. R. B.; FERNANDES, E. P.; CALIARI, M.; LEANDRO, W. M. Características químicas de amêndoas de barueiros (*dipteryx alata* vog.) de ocorrência natural no cerrado do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.

WARD, J. A. Processing high oil content seeds in continuous screw presses. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 53, n.3, p. 261 – 264, 1976.

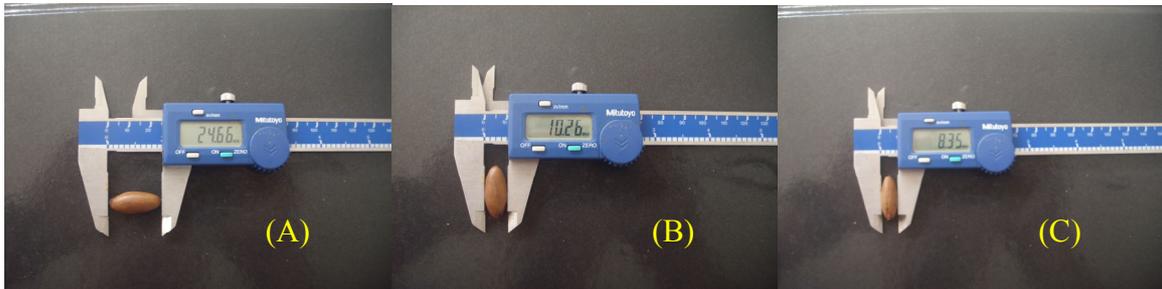
WHO — World Health Organization. Environmental Health Criteria 11. Mycotoxins. WHO, Geneva, 1979, 127 p.

WIESENBORN, D., DODDAPANENI, R., TOSTENSON, K., KANGAS, N. Kinetic characterization of cooking-induced changes in crambe seed prepared for expelling. **Journal of Food Engineering**, Chicago, v. 55, n. 2, p. 157–163, 2002.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coordenadores). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

## APÊNDICE

APÊNDICE A – Representação esquemática dos pontos de medidas de comprimento (A), largura (B) e espessura (C) das amêndoas de baru.



APÊNDICE B – Imagem fotográfica dos frutos de baru considerados extremos



**APÊNDICE C – Imagens dos óleos de baru obtidos em cada tratamento**



**APÊNDICE D** – Imagens dos óleos de amendoim obtidos em cada tratamento