

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CRISTIANE DA ROSA BITTENCOURT

MAGDIELE MACHADO PEREIRA

**PRENSAGEM DAS AMÊNDOAS DE BUTIÁS (*Butia quaraimana*) E
CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS RESULTANTES**

Bagé-RS

2014

CRISTIANE DA ROSA BITTENCOURT

MAGDIELE MACHADO PEREIRA

**PRENSAGEM DAS AMÊNDOAS DE BUTIÁS (*Butia quaraimana*) E
CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS RESULTANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Valéria Terra Crexi

Coorientador: Prof. Dr. Marcilio Machado Morais

Bagé-RS

2014

CRISTIANE DA ROSA BITTENCOURT

MAGDIELE MACHADO PEREIRA

**PRENSAGEM DAS AMÊNDOAS DE BUTIÁS (*Butia quaraimana*) E
CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS RESULTANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso
de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal
do Pampa, como requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos defendido em: 27 de agosto de
2014.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Valéria Terra Crexi
Engenheira de Alimentos – UNIPAMPA

Prof. Dr. Marcilio Machado Morais
Engenheiro de Alimentos - UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Caroline Moraes
Engenheira de Alimentos – UNIPAMPA

Prof. Dr. Paulo Fernando Marques Duarte Filho
Engenheiro de Alimentos – UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Miriane Lucas Azevedo
Engenheira de Alimentos – UNIPAMPA

Dedicamos este trabalho aos nossos queridos pais Nara Regina e Luis Alberto, Marli e Ernesto Pereira, nosso porto seguro que sempre nos incentivaram e nos deram coragem para seguir em frente, sem eles nada disso seria possível. Dedicamos também a José Epaminondas que onde quer que esteja está muito feliz com esta conquista.

“Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas
aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe”

(Clarice Lispector)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que iluminou nosso caminho durante esta caminhada.

A nossa família, avós, pais, irmãos, tios (as), primos (as) que foram imprescindíveis nesta jornada, com sua confiança, apoio, dedicação, carinho e amor, não nos deixando desanimar em nenhum momento de dificuldade.

Aos nossos namorados, Marcio e Renan, pela amizade, companheirismo, amor e paciência que sempre dedicaram a nós.

Aos nossos queridos orientadores, Valéria Crexi e Marcílio Morais, pela dedicação, paciência, compreensão e amizade, estando sempre dispostos a nos ajudar com seus conhecimentos e colaborando para que este sonho se tornasse realidade.

Aos amigos que fizemos durante esta caminhada, em especial a Bruna, Fernanda e Graziella que sempre estiveram do nosso lado, tanto nos momentos de alegria como nos de dificuldade.

Não poderíamos deixar de agradecer também a todos os professores e técnicos que nos acompanharam durante esta graduação em especial aos do curso de Engenharia de Alimentos, por todo o ensinamento, amizade e dedicação que tiveram para conosco.

Por fim agradecemos a todos aqueles que de alguma forma estão e estiveram próximos a nos, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

RESUMO

O butiazeiro é uma palmeira do gênero *Butia*, cujos frutos (butiás) apresentam coloração variando do amarelo ao arroxeadado, com polpa fibrosa e amêndoas com quantidades significativas de óleo. O método de extração desse óleo por prensagem tem como finalidade retirar o mesmo do interior do grão obtendo como produtos resultantes o óleo e a torta de prensagem. Este trabalho apresentou como objetivo estudar a prensagem para extração do óleo das amêndoas de butiás e analisar as características físico-químicas das amêndoas e dos produtos resultantes dessa prensagem. Os frutos utilizados foram da espécie *Butia quaraimana*, palmeira endêmica do Palmar de Coatepe, localizado no município de Quaraí, sudoeste do Rio Grande do Sul. A caracterização físico-química das amêndoas foi realizada através das análises de determinação do diâmetro de partícula, porosidade do leito de partículas, umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibras e carboidratos, e para torta foram realizadas somente as análises químicas. Para o estudo da prensagem utilizou-se a metodologia do planejamento experimental, sendo que as variáveis de estudo foram tempo, pressão e massa de amêndoa e a variável resposta é a quantidade de óleo bruto extraído. Para avaliar a qualidade do óleo foram realizadas as seguintes análises: acidez, índice de iodo, índice de refração, índice de saponificação, índice de peróxido, perfil de ácidos graxos e análise termogravimétrica (TGA). Com relação às análises físicas das amêndoas foi possível obter um diâmetro de partícula de 1,266 mm e uma porosidade de 0,696, valores estes considerados apropriados para a extração de óleo através da prensagem. Na análise química das amêndoas obteve-se valores para umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibras e carboidratos de $10,8 \pm 0,0\%$; $1,4 \pm 0,0\%$; $45,5 \pm 0,3\%$; $3,6 \pm 1,2\%$; $21,5 \pm 2,8\%$ e $17,3 \pm 2,6\%$, respectivamente. No estudo da prensagem, através da análise de variância, foi possível observar que a maior massa de amostra foi a única variável que apresentou influencia significativa ($p \leq 0,05$) na quantidade de óleo bruto extraído, onde pôde-se verificar que a melhor região de trabalho foi no menor tempo (1 h), menor pressão (4 ton) e maior massa de amostra (40 g). Obteve-se nesta melhor condição $36,1 \pm 0,2\%$ de óleo bruto extraído com $79,3 \pm 0,1\%$ de rendimento. Na torta resultante da prensagem foram obtidos valores para umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibras e carboidratos de: $5,8 \pm 0,8\%$; $3,8 \pm 0,1\%$; $8,8 \pm 0,3\%$; $24,4 \pm 0,6\%$; $33,6 \pm 0,3\%$; $23,5 \pm 0,0\%$, respectivamente. Nas análises da qualidade do óleo, encontrou-se valores de acidez de $0,7 \pm 0,0\%$ de ácido oléico, índice de iodo de $19,6 \pm 1,1 \text{ gI}_2 \cdot 100\text{g}^{-1}$, índice de refração de $1,46 \pm 0,0$, índice de saponificação de $136,6 \pm 3,5 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ e um índice de peróxido ausente. Para o perfil de ácidos graxos foi possível observar dentre os ácidos graxos saturados a predominância do ácido láurico (42,5%), com relação aos ácidos graxos insaturados,

observou-se a predominância do ácido oléico (14,7%). Na análise de TGA foi possível analisar a estabilidade térmica do óleo em estudo, onde este apresentou estabilidade elevada, em uma faixa de 20°C a 300°C. O alto conteúdo de ácido láurico no óleo da amêndoa do butiá em estudo pode ser de interesse para o desenvolvimento de alimentos com este óleo, visto que este ácido graxo vem sendo relacionado a diversos benefícios a saúde.

Palavras-chave: extração de óleo, ácido láurico, MCT.

ABSTRACT

The pindo palm is a palm in the genus *Butia*, whose fruits (butiá) coloration ranging from yellow to purple, with fibrous pulp and almonds with significant amounts of oil. The method of extraction of this oil by compression aims to remove the same from getting inside the grain resulting products as oil and pressed cake. This paper presents to study the press to extract the oil from the kernels Butiá palms and analyze the physical and chemical characteristics of almonds and products resulting from such pressing. The fruits used were *Butia quaraimana* species, endemic palm of Coatepe Palmar, located in the municipality of Quaraí, southwest of Rio Grande do Sul. Physicochemical characterization of almond was made through analysis of the diameter particle porosity of the bed of particles, moisture, ashes, lipids, proteins, fibers and carbohydrates, and pie for chemical analyzes were performed only. For the study of pressing used the methodology of experimental design, and the study variables were time, pressure and almonds paste and the response variable is the amount of extracted gross oil. To assess the quality of the oil the following analyzes were performed: acidity, iodine index, refractive index, saponification index, peroxide index, fatty acid profile and thermal gravimetric analysis (TGA). With respect to physical analysis of almonds was possible to obtain a particle diameter of 1.266 mm and a porosity of 0.696, values considered appropriate for the extraction of oil through pressing. In the chemical analysis of almonds obtained values for moisture, ashes, lipids, proteins, fibers and carbohydrates of $10.8\pm 0.1\%$; $1.4\pm 0.0\%$; $45.5\pm 0.3\%$; $3.6\pm 1.2\%$; $21.5\pm 2.8\%$ and $17.1\pm 2.6\%$, respectively. In the study of pressing, through the analysis of variance, it was observed that the highest sample mass was the only variable that showed significant influence ($p\leq 0.05$) in the amount of extracted gross oil, where it can be seen that the best working region has the shortest time (1 h), shortest pressures (4 ton) and greater mass of sample (40 g). Obtained in this condition best $36.13\pm 0.17\%$ of gross oil extracted with $79.3\pm 0.1\%$ yield. In pie resulting from the pressing values for moisture, ash, lipids, proteins, fibers and carbohydrates were obtained: $5.8\pm 0.8\%$; $3.8\pm 0.1\%$; $8.8\pm 0.3\%$; $24.4\pm 0.6\%$; $33.6\pm 0.3\%$; $23.5\pm 0.0\%$, respectively. In the analysis of oil quality, met acidity values of $0.7\pm 0.0\%$ oleic acid, iodine index of $19.6 \pm 1.1 \text{ gI}_2\cdot 100\text{g}^{-1}$, refractive index of 1.46 ± 0.0 , saponification number of $136.6\pm 3.5 \text{ mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$ and an index absent peroxide. For the fatty acid profile was observed among the predominance of saturated lauric acid (42.5%), with respect to unsaturated fatty acids fatty acids, there was a predominance of oleic acid (14.7%). In TGA analysis were used to analyze the thermal stability of the oil under study, where it showed high stability over a range of 20°C to 300°C . The high content of lauric acid

in almond oil butiá study may be of interest to develop food with this oil, as this fatty acid has been linked to various health benefits.

Keywords: oil extraction, lauric acid, MCT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização dos palmares do <i>B. quaraimana</i> , Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil	20
Figura 2 - Fruto do butiazeiro da espécie <i>B. quaraimana</i>	21
Figura 3 - Prensa hidráulica a pistão	26
Figura 4 – Reação genérica de formação de um triacilglicerol	29
Figura 5 - Estrutura dos ácidos graxos saturados	30
Figura 6 - Estrutura dos ácidos graxos insaturados	32
Figura 7 - Reação de isomerização cis e trans	34
Figura 8 - Classificação dos métodos termogravimétricos	40
Figura 9 - Fluxograma de obtenção da amêndoa do <i>B. quaraimana</i>	41
Figura 10 - Fluxograma da prensagem da amêndoa do <i>B. quaraimana</i>	43
Figura 11- Prensa para extração do óleo de <i>B. quaraimana</i>	44
Figura 12 - Picnômetro a gás (hélio).....	46
Figura 13 - Refratômetro utilizado para a determinação do índice de refração	49
Figura 14 - Equipamento utilizado na análise termogravimétrica, modelo Shimadzu TGA-50	51
Figura 15 - Diagrama de Pareto, referente a matriz do planejamento experimental fatorial 2 ³ , para processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	58
Figura 16 - Diagrama do efeito das interações entre massa de amostra e pressão sobre a quantidade relativa de óleo bruto extraído por prensagem	60
Figura 17 - Cubo de resposta, referente a matriz do planejamento experimental fatorial 2 ³ , para processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	61
Figura 18 - Curvas TGA/DrTGA em atmosfera de nitrogênio do óleo das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal das amêndoas das espécies <i>B. odorata</i> e <i>B. eriosphata</i> ...	22
Tabela 2 – Composição química da amêndoa do coquinho azedo (<i>B. capitata</i>).....	23
Tabela 3 - Caracterização do óleo de amêndoa das espécies <i>B. odorata</i> e <i>B. eriosphata</i>	24
Tabela 4 - Rendimento e eficiência da extração na melhor condição de prensagem de óleo da amêndoa de baru e amendoim	27
Tabela 5 - Rendimento de extração de óleo da semente da uva Bordô em relação a diferentes variáveis	28
Tabela 6 - Principais ácidos graxos saturados encontrados em diferentes óleos e gorduras ...	31
Tabela 7 - Principais ácidos graxos insaturados presentes em óleos e gorduras.....	33
Tabela 8 - Composição em ácidos graxos (%) nas gorduras da amêndoa de coquinho-azedo (<i>B. capitata</i>).....	35
Tabela 9 - Composição em ácidos graxos (%) dos óleos das amêndoas de butiás das espécies <i>B. odorata</i> e <i>B. eriosphata</i> obtidos por extrato etéreo em Soxhlet.....	36
Tabela 10 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2 ³ , utilizada no processo de extração do óleo das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	52
Tabela 11 - Resultados obtidos a partir da caracterização química das amêndoas moídas do <i>B. quaraimana</i>	54
Tabela 12 - Resultados obtidos a partir da caracterização física das amêndoas moídas do <i>B. quaraimana</i>	55
Tabela 13 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2 ³ , com a variável resposta, do processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	56
Tabela 14 - Análise de variância (ANOVA), referente a matriz do planejamento experimental fatorial 2 ³ , para processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	57
Tabela 15 - Resultados obtidos para quantidade e rendimento de óleo na melhor condição de prensagem.....	62
Tabela 16 - Resultados da caracterização química da torta de amêndoas de <i>B. quaraimana</i> resultante da melhor condição de prensagem.....	63
Tabela 17 - Tabela parâmetros de identidade e qualidade do óleo das amêndoas de <i>B. quaraimana</i>	64
Tabela 18 - Composição em ácidos graxos (%) do óleo das amêndoas de butiá da espécie <i>B. quaraimana</i>	67

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Nome	Unidades
ANOVA	Análise de variância	[-]
M	Molaridade	[mol/L]
N	Normalidade	[N]
v	Volume	[m ³]
f	Fator de correção de solução	[-]
D_{ps}	Diâmetro médio de Sauter	[m]
n	Número de peneiras	[-]
x_i	Fração mássica das partículas retidas em uma peneira	[-]
D_i	Diâmetro médio das malhas das peneiras	[m]
$\rho_{aparente}$	Massa específica aparente da amostra	[kg/m ³]
$m_{amostra}, m, p$	Massa da amostra	[kg]
V_p	Volume da proveta	[m ³]
ρ_{real}	Massa específica real da amostra	[kg/m ³]
ε	Porosidade	[-]
$m_{\acute{o}leo}$	Massa de óleo obtida da prensagem	[kg]
$m_{\acute{o}leosoxhlet}$	Massa de óleo obtida do soxhlet	[kg]

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Butiazeiro	19
2.2 Extração de óleos e gorduras.....	24
2.2.1 Prensagem.....	25
2.3 Óleos e Gorduras	28
2.3.1 Definições e Estruturas.....	28
2.3.2 Ácidos graxos.....	29
2.3.2.1 Ácidos graxos saturados	30
2.3.2.2 Ácidos graxos insaturados	31
2.4 Ácidos graxos presentes no óleo de butiá	34
2.5 Qualidade de óleos e gorduras	37
2.5.1 Acidez.....	37
2.5.2 Índice de iodo.....	37
2.5.3 Índice de refração	38
2.5.4 Índice de saponificação	38
2.5.5 Índice de Peróxido.....	39
2.5.7 Perfil de ácidos graxos.....	39
2.5.8 Análise termogravimétrica (TGA)	39
3 METODOLOGIA	41
3.1 Metodologia Experimental.....	41
3.1.1 Obtenção da matéria Prima.....	41
3.1.2 Metodologia de extração de óleo da amêndoa do <i>B. quaraimana</i> por prensagem	42
3.1.3 Testes preliminares de extração do óleo.....	45
3.2 Metodologia Analítica	45
3.2.1 Caracterização química	45
3.2.2 Caracterização física.....	45
3.2.3 Análises para verificação da qualidade do óleo obtido das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	48
3.2.4 Caracterização térmica	51
3.3 Metodologia estatística	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1 Caracterização química das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	54

4.2 Caracterização física das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	55
4.3 Planejamento experimental	56
4.4 Análise dos produtos resultantes do processo de extração por prensagem do óleo da amêndoa do <i>B. quaraimana</i> na melhor condição.....	61
4.4.1 Quantidade e rendimento de óleo.....	62
4.4.2 Caracterização química da torta resultante da prensagem.....	62
4.4.3 Caracterização do óleo obtido das amêndoas do <i>B. quaraimana</i>	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
6 PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
APÊNDICE	83

1 INTRODUÇÃO

As palmeiras (família *Arecaceae*) são espécies muito utilizadas em todo o mundo, devido à notável importância econômica destas na produção de alimentos e produtos agroindustriais (BÜTTOW et al., 2009). Dentre os gêneros de palmeiras está o *Butia*, sendo representado por dez espécies nativas no estado do Rio Grande do Sul (DEBLE et al. 2012). A espécie *Butia quaraimana* é endêmica do Palmar de Coatepe, que se encontra 25 km a leste da cidade de Quaraí (Latitude: 30° 23' 15" S; Longitude: 56° 27' 05" O) e no curso médio do arroio Areal (DEBLE et al., 2012). Inicialmente, a espécie foi descrita como *Butia yatay* (Mart.) Becc, mas difere-se desta com relação a seus caracteres morfológicos e morfométricos, passando a ser descrita como *Butia quaraimana* Deble & Marchiori (DEBLE et al., 2012).

O butiá é um fruto oriundo do butiazeiro, com maturação no período de novembro a março no Rio Grande do Sul, apresentando potencial econômico elevado, tanto na utilização de matérias-primas para a agroindústria, como para o comércio de frutas frescas (FONSECA, 2012; SCHWARTZ et al., 2010). Os butiás são globulosos ou oblongos e apresentam coloração que varia do amarelo ao arroxeadado, com comprimento entre 1,8 a 4,2 cm, seu mesocarpo é carnoso e adocicado e seu endocarpo contém 1 a 3 lóculos, sendo provido de 3 poros próximos à sua porção mediana, e semente (amêndoa) com abundante endosperma, em geral com quantidades apreciáveis de óleo (LORENZI et al., 2004).

Ao longo dos anos tem crescido tanto as pesquisas quanto à produção de frutos e sementes oleaginosas, tanto para a indústria oleoquímica como para a alimentícia, que absorvem a maioria dos óleos obtidos de fontes naturais (FREIRE et al., 1996). As amêndoas do butiá possuem em torno de 50% de lipídios onde estas são muitas vezes consideradas um resíduo do processamento. Tais amêndoas apresentam-se como uma alternativa de alto valor energético com potencialidade para produção de óleos de grande produtividade e rentabilidade (CAETANO, 2006).

A extração de óleos vegetais da polpa e sementes de frutos pode ser realizada através de diferentes processos de extração, tais como: por solvente, prensagem, entre outras. Em todos os casos, busca-se maximizar a produção e obter óleo bruto de boa qualidade (BRENNAN et al., 1990; TANDY, 1991).

Segundo estudos, o método de extração com solvente apresenta maior rendimento de óleo extraído, além de apresentar máxima separação de óleo, ou seja, mínima matéria graxa no resíduo (torta) com mínimas perdas. Porém, é um processo que produz resíduos químicos,

utiliza energia e gera aquecimento tanto no óleo quanto na torta (CARVALHO, 2011; RITTNER, 1996).

A extração por prensagem é uma operação no qual é realizada a separação de líquidos dos sólidos pela aplicação de forças de compressão, e geralmente usada nas indústrias de alimentos e bebidas (BRENNAN et al., 1990). Este processo, em relação aos demais métodos é uma ótima alternativa a ser empregada, pois este utiliza pouca energia elétrica ou até mesmo nenhuma, não utiliza solvente e não gera aquecimento nem no óleo nem na torta, sendo necessário apenas uma prensa e um cilindro extrator, porém, apresenta como desvantagem a retenção de óleo na torta (CARVALHO, 2011; RITTNER, 1996).

Em relação aos métodos de extração do óleo de butiá não foram encontrados na literatura estudos a respeito da prensagem para extração do óleo da amêndoa da espécie *B. quaraimana*, estão disponíveis apenas estudos para a extração por Soxhlet e pelo método de ultrassom para outras espécies de butiazeiros com posterior caracterização do óleo (SGANZERLA, 2010).

No Rio Grande do Sul os butiazeiros possuem possibilidades de valorização econômica, não só pela qualidade de seus frutos, mas também por outras possibilidades de uso (ROSSATO, 2007). O estímulo para o uso de espécies nativas como alimento e fonte de vitaminas é uma alternativa viável para reduzir o processo de extinção, promovendo a manutenção e o replantio de espécies, como no caso do butiazeiro (NUNES et al., 2008).

Devido à produção e aproveitamento da amêndoa do butiá e a importância da utilização de partes que são consideradas como resíduos de processamento, tendo em vista o aumento da demanda por novas fontes de óleo, tanto para a indústria alimentícia, quanto para a fabricação de combustíveis renováveis, faz-se necessário o estudo do método de extração por prensagem da semente de butiá, para obter-se maior rendimento em óleo e com melhores características, agregando valor ao resíduo.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral realizar o estudo da prensagem para extração do óleo da amêndoa do butiá e analisar as características físico-químicas dos produtos resultantes dessa prensagem, e como objetivos específicos:

- Determinar a composição centesimal das amêndoas moídas, antes da operação de prensagem (umidade, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos e fibras);
- Determinar as características físicas das amêndoas moídas (diâmetro de partícula e porosidade do leito de partículas);
- Estudar as condições de extração por prensagem (tempo, pressão e massa de amêndoa) das amêndoas do butiá;

- Determinar o teor de lipídios resultantes da extração por prensagem;
- Realizar as análises químicas da torta (umidade, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos e fibras) e do óleo (acidez, índice de iodo, índice de refração, índice de saponificação, índice de peróxido, perfil de ácidos graxos e análise termogravimétrica) obtidos na melhor condição de prensagem.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente sessão abordará os seguintes tópicos:

- Butiazeiro;
- Extração de óleos e gorduras;
- Prensagem;
- Óleos e gorduras;
- Ácidos graxos presentes no óleo de butiá;
- Qualidade de óleos e gorduras.

2.1 Butiazeiro

O butiazeiro é uma espécie pertencente à família *Arecaceae* (Palmeiras), cujos frutos (butiás) apresentam coloração variando do amarelo ao arroxeadado, com polpa fibrosa e sua amêndoa (semente) possui quantidades significativas de óleo. As palmeiras são uma das espécies mais utilizadas em todo o mundo, isto se deve a notável importância econômica destas na produção de alimentos e produtos agroindustriais (BÜTTOW et al., 2009).

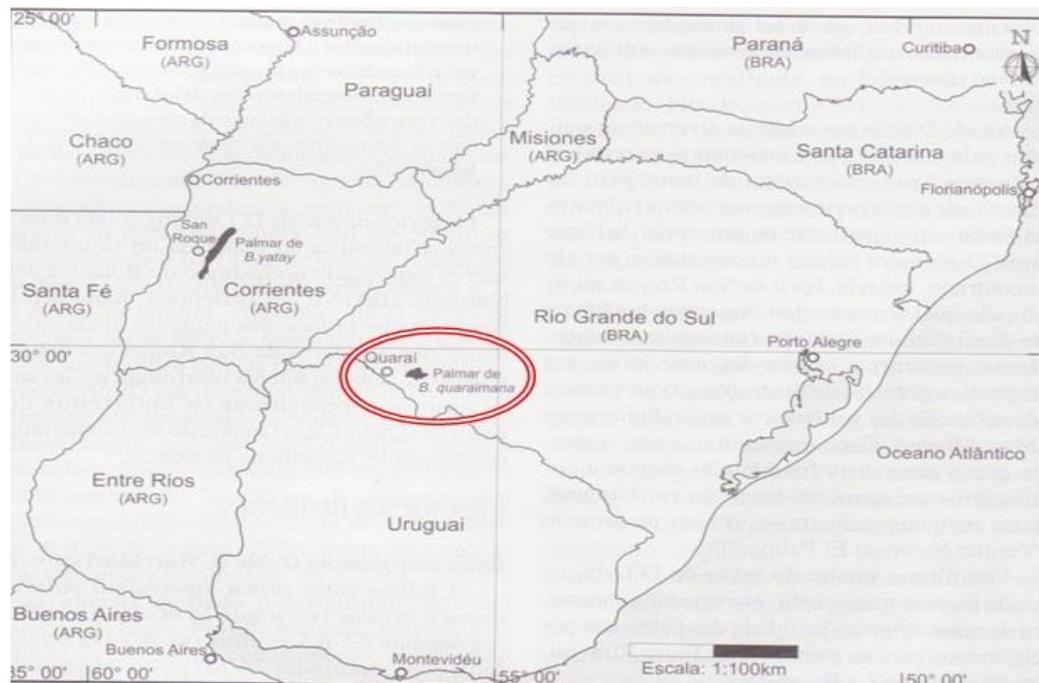
O gênero *Butia* é composto por 18 espécies sul-americanas, sendo que no Brasil ocorrem nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Mato Grosso em áreas abertas de cerrado em solo arenoso; pelo sul no Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, onde cresce também junto à vegetação de restinga e campos (HENDERSON, et al., 1995; LORENZI et al., 2004). Especificamente no estado do Rio Grande Sul é registrado a ocorrência de dez espécies (DEBLE et al. 2011)..

Marchiori et al. (1995) são os autores do mais antigo registro científico sobre a ocorrência natural de butiazeiros no município de Quaraí, Rio Grande do Sul, o qual identificou o *Butia yatay* como a espécie formadora do “Palmar de Coatepe”. Por outro lado, Soares e Witeck Neto (2009), referem-se à palmeira do Coatepe como sendo *Butia paraguayensis*.

Por tal divergência, Deble et al. (2012) realizaram uma pesquisa com o objetivo de elucidar a identidade botânica da espécie de butiazeiro que se encontra no Palmar de Coatepe. Através desta pesquisa os autores constataram que a espécie encontrada no local se trata da hoje conhecida como *B. quaraimana*, antes identificada como *B. yatay*.

Na Figura 1 encontra-se o mapa com a localização dos palmares do *B. quaraimana* no Rio Grande do Sul.

Figura 1 - Mapa de localização dos palmares do *B. quaraimana*, Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil



Fonte: Deble et al. (2012)

Devido ao tamanho das folhas femininas, endocarpo alongado e frutos ovados que são providos de bico no ápice, a espécie *B. quaraimana* é morfologicamente similar ao *B. yatay*, porém difere desta devido a alguns caracteres como: suas palmeiras são menos robustas que as da espécie em comparação, medindo até 8m de altura (vs. 16 m de altura), pelo estipe curto (2,5-6,5 m vs. 6-14 m), pelo menor número de folhas contemporâneas (12-16 vs. 16-24), pelo menor tamanho dos folíolos na parte mediana (45-65 cm x 1,2-2 cm vs. 55-80 cm x 2-3 cm), e pela forma elíptica do endocarpo (vs. ovado-elíptica do *B. yatay*) (DEBLE et al., 2012).

Na Figura 2 pode-se observar a forma e a coloração dos frutos do butiazeiro da espécie *B. quaraimana*.

Figura 2 - Fruto do butiazeiro da espécie *B. quaraimana*



Fonte: Deble et al. (2012)

Os frutos dos butiazeiros em geral apresentam-se como drupas de forma oblata e aromáticas. A cor do epicarpo varia do amarelo ao roxo, contendo membranáceos finos e aderente ao mesocarpo que é carnoso, succulento e fibroso. Seu endocarpo (caroço) é duro e com coloração bege-cinza, abrigando as sementes brancas e oleaginosas. A polpa apresenta intensa coloração amarela e sabor marcante, além de possuir um alto teor de acidez, o que confere sabor agradável aos produtos obtidos a partir desta matéria-prima (DANTAS, 1997). A espécie *B. quaraimana* possui frutos com formato alongado, sendo que o diâmetro longitudinal do fruto ($33,55 \pm 3,68$ mm) e do pirênio ($21,03 \pm 2,45$ mm) estão entre os maiores do gênero. Os frutos pesam em média $9,60 \pm 3,73$ g e o pirênio com formato elíptico contem de 1-3 amêndoas em seu interior (ROSSETO et al. no prelo).

A maturação dos butiás da espécie *B. quaraimana* ocorre de janeiro a abril, concentrando-se principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, levando-se em conta que em geral amadurece um cacho de cada vez no mesmo butiazeiro, com um intervalo de menos de uma semana entre o início do amadurecimento dos frutos e a queda ou dispersão total destes (ROSSETO et al., 2012).

O *B. quaraimana*, segundo dados da safra de 2011, tem um rendimento médio de 5,08 kg de butiás/butiazeiro (ROSSETO et al., 2012). Para a espécie em questão verificou-se que 27,11% do peso do fruto corresponde ao epicarpo, 54,24% ao mesocarpo, 13,70% ao endocarpo e 4,95% às amêndoas (ROSSETO et al. no prelo).

A amêndoa é comestível e fornece em torno de 50% de óleo, que pode ser utilizado em diferentes setores da indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. Esta semente é

muitas vezes considerada um resíduo no processamento deste fruto (ROSSATO et al., 2007; FARIA et al. 2008; SGANZERLA, 2010).

Segundo, Clement et al. (2007) e Kinupp (2008), o extrativismo dos butiazeiros pode ser uma atividade promissora, devido a grande possibilidade de aproveitamento do seu fruto, o que faz surgir oportunidades até mesmo no mercado interno de frutas, o qual enfrenta fatores conjunturais em função dos hábitos alimentares e do padrão de consumo da população brasileira. Os frutos do butiá são muito utilizados no consumo *in natura* e no preparo de doces, licores, sucos e sorvetes (MENTZ et al., 1997).

Embora não se tenham registros na literatura a respeito da composição centesimal das amêndoas do *B. quaraimana* são encontrados dados em relação a outras espécies, os quais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição centesimal das amêndoas das espécies *B. odorata* e *B. eriosphata*

Parâmetros avaliados (%)	Espécies	
	<i>B. odorata</i> *	<i>B. eriosphata</i>
Umidade	28,21	30,88
Cinzas	0,74	0,75
Fibra bruta	8,92	11,75
Lipídios	28,74	26,31
Proteínas	11,09	10,34
Carboidratos	22,29	19,97

*De acordo com Noblick (2011)

Fonte: Adaptado de Sganzerla (2010)

Faria et al. (2008) determinaram a composição química da amêndoa do coquinho azedo (*B. capitata*), que estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química da amêndoa do coquinho azedo (*B. capitata*)

Parâmetros avaliados	Espécie <i>B. capitata</i>
Umidade (%)	9,9
FDN ^a (% MS ^b)	28,4
FDA ^c (% MS)	19,3
Proteína total (% MS)	11,6
Lipídios (% MS)	53,6
Resíduo mineral fixo (% MS)	1,8
Fósforo (mg/100g)	310
Potássio (mg/100g)	327
Cálcio (mg/100g)	46
Magnésio (mg/100g)	114
Enxofre (mg/100g)	141
Boro (ppm)	2,4
Cobre (ppm)	13,0
Ferro (ppm)	39,0
Manganês (ppm)	41,2
Zinco (ppm)	23,2
Alumínio (ppm)	25,1
Sódio (ppm)	7,6

a= Fibra detergente neutro; b= Matéria seca; c= Fibra detergente ácido

Fonte: Adaptado de Faria et al. (2008)

Segundo Sganzerla (2010), têm-se dados sobre a caracterização do óleo obtido, da amêndoa das espécies de *B. odorata* e *B. eriosphata*, que são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização do óleo de amêndoa das espécies *B. odorata* e *B. eriosphata*

Parâmetros avaliados	Espécies	
	<i>B. odorata</i> *	<i>B. eriosphata</i>
Umidade (%p/p)	8,79	13,06
Acidez (% de ácido oléico)	0,59	0,60
Índice de peróxido (meq.kg ⁻¹)	7,71	11,48
Índice de saponificação (mg KOH.g ⁻¹)	243,42	245,83
Índice de iodo (gI ₂ .100g ⁻¹)	16,65	14,73
Índice de refração (a 40°C)	1,443	1,441
Matéria insaponificável (%p/p)	3,24	5,95

*De acordo com Noblick (2011)

Fonte: Adaptado de Sganzerla (2010)

2.2 Extração de óleos e gorduras

Várias espécies vegetais possuem tecidos especializados em armazenar óleos e gorduras, como polpas de frutos e sementes. Devido a esta diversidade de tecidos que armazenam óleos e gorduras, não existe um processo único de extração e purificação dos mesmos, pois estes processos dependem das características da fonte oleaginosa (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

O processo de extração tem como finalidade retirar o óleo do interior do grão obtendo como produtos resultantes o óleo e a torta. A obtenção do óleo vegetal bruto é feita por meio de métodos físicos e químicos sobre as sementes de oleaginosas, onde nos químicos se utiliza um solvente como extrator e no físico é utilizada uma prensa (GONÇALVES et al., 2002; MORETTO et al., 2002).

Comercialmente há três métodos básicos de extração de óleo, podendo passar por algumas modificações ou ser utilizados combinados entre si, são eles: prensagem hidráulica, prensagem mecânica (prensa tipo expeller) e extração por solventes (WEISS, 1983).

Na prensagem hidráulica utilizam-se equipamentos constituídos por um pistão, acionado hidráulicamente, que comprime o material contido em um cesto provido de um orifício de saída para o líquido prensado, em ciclos de tempo e pressões definidas. A operação pode ser manual ou motorizada. As principais variações do dispositivo de prensagem estão

relacionadas quanto ao movimento dos pistões (ascendente ou descendente), quanto ao diâmetro e comprimento dos cestos, quanto à proporção entre diâmetro do cesto e curso do pistão e quanto à automatização de ciclos de operação (RITTNER, 1996).

A prensa tipo expeller é uma prensa contínua em que a polpa do fruto ou sementes é introduzida em um cilindro de paredes espessas contendo um parafuso rotativo polido de tamanho decrescente (BRENNAN et al., 1990). A operação em uma prensa mecânica é simples, não exigindo mão-de-obra qualificada para seu manuseio sendo constituída por um sistema facilmente adaptável a diversos tipos de oleaginosas (SINGH; BARGALE, 2000).

A extração por solvente utiliza as diferenças em interações intermoleculares na fase líquida onde a separação de compostos de produtos naturais pode ser realizada pela transferência destes de uma fase para outra (sólido-líquido, líquido-líquido) dentro de um processo industrial (WENNERSTEN, 1992).

A prensagem é um método que, por não utilizar solvente ou algum tipo de gás, obtém-se um produto com suas propriedades naturais preservadas, porém sua eficiência na retirada de óleo é menor, quando comparado com extração por solvente, a menos que sejam aplicados fatores diferenciados como tempo e pressão, o que reduziria o conteúdo de óleo residual na torta de até 5%, dispensando o subsequente uso do solvente (MORETTO; FETT, 1998).

2.2.1 Prensagem

A prensagem é uma operação de conformação, a qual é baseada na compactação de um pó granulado (massa) contido no interior de uma matriz rígida ou de um molde flexível, através da aplicação de pressão. A operação compreende três etapas ou fases: (1) preenchimento da cavidade do molde, (2) compactação da massa e (3) extração da peça (ALBERO, 2000). No início do processamento há um grande volume, constituído de materiais que serão submetidos a prensagem. Esses materiais serão prensados e transformados em um volume bem inferior, de torta, no final da prensagem (SINGH; BARGALE, 2000; WARD, 1976).

A prensagem descontínua realizada com uma prensa hidráulica cilíndrica a pistão trata-se de um processo onde o material a ser prensado fica em uma câmara cilíndrica, com almofadas ou telas filtrantes na base e no topo, a compressão é feita em um êmbolo, de cima para baixo. Este tipo de prensa é empregado principalmente na indústria de chocolate, na prensagem de azeitona, coco e frutas semelhantes e ainda na separação do líquido de materiais lodosos, como produtos químicos. Com este tipo de prensa obtém-se óleo com alta viscosidade, além de uma extração sem aquecimento do óleo e nem da torta, não ocorrendo

mudanças na cor, odor e no sabor, preservando assim suas características (PERRY; CHILTON, 1980).

A Figura 3 ilustra o tipo de prensa hidráulica utilizada para extração de óleo.

Figura 3 - Prensa hidráulica a pistão



Fonte: Autores (2014)

Os fatores predominantes para que se tenha uma melhor eficiência na extração por prensagem são: parâmetros construtivos da prensa, aquecimento e teor de umidade dos grãos, granulometria da amostra, pressão aplicada na mesma e tempo de prensagem. O aquecimento quebra as células do material a ser prensado facilitando a saída do óleo, o teor de umidade é o fator que mais afeta a quantidade de óleo residual na torta. Em relação à granulometria da amostra, quanto menor for esta mais eficiente é a operação. O tempo de prensagem e a pressão aplicada também são fatores determinantes para que se tenha uma melhor eficiência

na extração de óleo com menor retenção deste na torta (SINGH et al., 1984; SINGH et al., 2002).

Singh et al. (2002), relataram a importância de definir uma faixa de temperatura ótima para determinado teor de umidade, pois segundo estudos dos autores foram observados que valores muito altos reduzem a fricção da massa de grãos causando assim baixos rendimentos e valores muito baixos dificultam o funcionamento da prensa.

Segundo estudos feitos por Lima (2012) em amêndoas de baru e de amendoim, onde foram observados parâmetros de temperatura e velocidade da rosca, as respostas à respeito do rendimento com a prensa tipo mecânica mostraram-se positivas em temperatura maior, já para o óleo de amendoim a temperatura não teve efeito significativo e a elevação da velocidade da rosca diminuiu a extração do óleo. Quanto ao rendimento obtido na melhor extração o índice foi alto como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Rendimento e eficiência da extração na melhor condição de prensagem de óleo da amêndoa de baru e amendoim

Baru		Amendoim	
Quantidade de óleo bruto extraído (%)	Rendimento da extração (%)	Quantidade de óleo bruto extraído (%)	Rendimento da extração (%)
31,09	83,59	39,53	85,67

Fonte: Adaptado de Lima (2012)

Em estudos realizados por Menezes e Pereira (2013) para determinação da melhor condição de extração, com prensa hidráulica, do óleo da semente da uva bordô, foram avaliadas as variáveis de temperatura (30°C a 80°C) de secagem das sementes e o tempo (4, 8 e 12 horas) de extração para cada pressão (14, 18 e 22 toneladas) de operação, e relatado que o maior teor de óleo foi obtido utilizando sementes secas em baixas temperaturas e submetidas a longos tempos de extração, concluindo que o fato da diminuição da temperatura de secagem, bem como o aumento do tempo de extração favorece o processo, ou seja, provocam um aumento no teor de óleo obtido. Foi apresentado também que o teor de óleo obtido com as sementes secas nas temperaturas de 40°C e 80°C foi de 7,5% mostrando uma maior influência da pressão no processo utilizando as sementes secas nas maiores

temperaturas e uma menor influência da pressão para as temperaturas de secagem mais baixas, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Rendimento de extração de óleo da semente da uva Bordô em relação a diferentes variáveis

Temperatura (°C)	Tempo (horas)	Pressão (ton)	Rendimento (%)
40	12	18	12
40	4	14	7,5
80	8	18	7,5

Fonte: Adaptado de Menezes e Pereira (2013)

A prensagem não trata apenas de partículas isoladas, mas também da fase sólida constituída por um conjunto delas, uma das características mais importantes, além de caracterizar a própria partícula, é conhecer a fração do volume de leito não ocupada por material sólido, ou seja, a fração de vazios desta fase sólida, que é denominada de porosidade, grandeza esta adimensional que influencia a queda de pressão no escoamento através da fase sólida (RIBEIRO et al., 2002).

2.3 Óleos e Gorduras

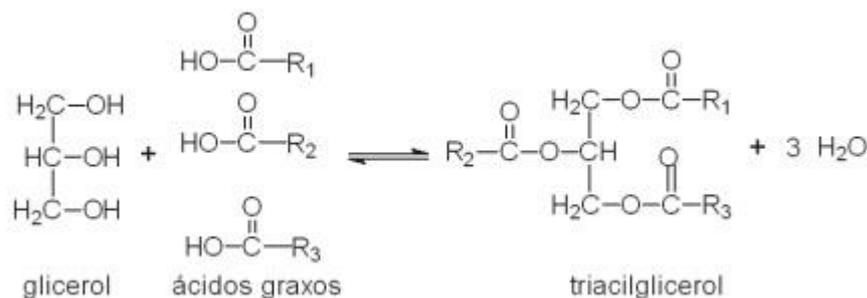
2.3.1 Definições e Estruturas

Óleos e gorduras vegetais são os produtos constituídos principalmente de triacilgliceróis de ácidos graxos de espécies vegetais. Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura. O produto que se apresenta na forma líquida à temperatura de 25°C é designado de “Óleo” e o produto que se apresenta na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25°C pode ser designado de “Gordura” (ANVISA, 2005).

Todo o óleo e gordura vegetal são compostos, principalmente, de triacilgliceróis, ou seja, um glicerol esterificado a três moléculas de ácido graxo (Figura 4). Além disso, esses óleos e gorduras podem conter pequenas quantidades de componentes não-triacilgliceróis, tais como fosfolipídios, esteróis, tocoferóis, carotenos, clorofila, mono e diacilgliceróis e ácidos graxos livres que podem estar presentes em quantidades maiores ou menores de acordo com as características de qualidade e da fonte de matéria-prima (BLOCK; ARELLANO, 2009).

Na Figura 4, é apresentada, de forma genérica, a reação química de formação de um triacilglicerol, na qual contém um éster formado a partir do glicerol (álcool) e três moléculas de ácidos graxos (ácidos carboxílicos de ocorrência natural) em um processo catalisado por enzimas (lipases) ou meio ácido.

Figura 4 – Reação genérica de formação de um triacilglicerol



Fonte: Merçon (2010)

Os óleos e gorduras estão presentes em organelas celulares, em nozes ou sementes oleaginosas, sendo chamados de corpos lipídicos. Tanto em escala comercial ou escala artesanal, para que ocorra a liberação do óleo esses vacúolos devem ser rompidos (BLOCK; ARELLANO, 2009).

Os óleos e gorduras exercem funções nutricionais importantes, como: fornecimento de calorias (9 kcal/g) e ácidos graxos essenciais, como também, transporte das vitaminas lipossolúveis para o interior das células, isolamento térmico e permeabilidade das paredes celulares. São responsáveis pelo sabor e palatabilidade dos alimentos e contribuem na sensação de saciedade após a alimentação (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

As aplicações e as propriedades físico-químicas dos triacilgliceróis dependem da constituição em ácidos graxos da sua molécula. As diferenças são devido principalmente ao tamanho da cadeia estrutural, do grau e da posição das insaturações. Além disso, inúmeros estudos têm demonstrado que a qualidade dos óleos comestíveis é dependente de sua composição em ácidos graxos (SUNDRAM, 1997; ONG; GOH, 2002).

2.3.2 Ácidos graxos

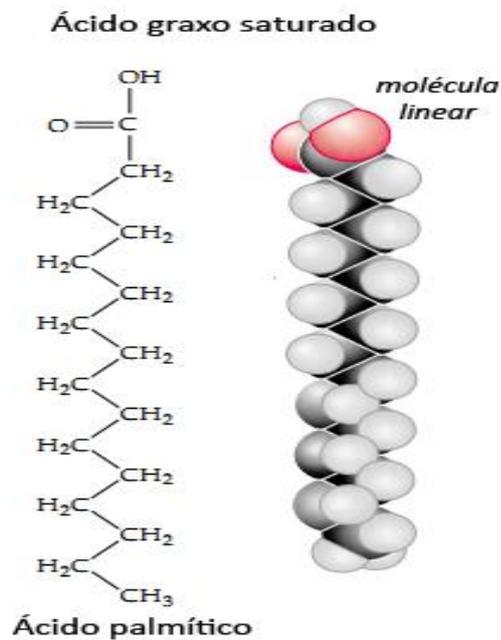
Denominam-se ácidos graxos os ácidos carboxílicos que possuem cadeia carbônica longa ou curta. Além disso, a grande maioria dos ácidos graxos naturais apresenta ramificações e contém um número par de carbonos devido à rota bioquímica de síntese. Os

ácidos graxos diferem entre si pelo número de carbonos da cadeia e também pelo número de insaturações, por essa razão podem ser denominados de ácidos graxos saturados e insaturados (GUSCHINA; HARWOOD, 2006).

2.3.2.1 Ácidos graxos saturados

Os ácidos graxos podem ser chamados de saturados quando houver apenas ligações simples em sua cadeia (WILLIAMS, 1997). Na Figura 5 pode-se observar a estrutura dos ácidos graxos saturados.

Figura 5 - Estrutura dos ácidos graxos saturados



Fonte: Glicerídeos: óleos e gordura (2014)

Na Tabela 6 são apresentados os principais ácidos graxos saturados encontrados em diferentes óleos e gorduras.

Tabela 6 - Principais ácidos graxos saturados encontrados em diferentes óleos e gorduras

Ácido Graxo	Fórmula Molecular	Alimentos
Butírico (C4:0)	$H_3C-(CH_2)_2-COOH$	Gordura do leite
Capróico(C6:0)	$H_3C-(CH_2)_4-COOH$	Gordura do leite, óleos de coco e babaçu
Caprílico(C8:0)	$H_3C-(CH_2)_6-COOH$	Gordura do leite, óleos de coco e de babaçu, óleo de semente de uva
Laurico(C12:0)	$H_3C-(CH_2)_{10}-COOH$	Óleo de semente das Lauraceae, gordura do leite
Mirístico(C14:0)	$H_3C-(CH_2)_{12}-COOH$	Óleo de noz-moscada, gordura de leite e óleo de coco
Palmítico(C16:0)	$H_3C-(CH_2)_{14}-COOH$	Óleos de soja e algodão, oliva, abacate, amendoim, milho, manteiga de cacau, toucinho
Esteárico(C18:0)	$H_3C-(CH_2)_{16}-COOH$	Gordura animal, manteiga de cacau
Araquídico(C20:0)	$H_3C-(CH_2)_{18}-COOH$	Óleo de amendoim
Lignocérico (C24:0)	$H_3C-(CH_2)_{22}-COOH$	Óleos de amendoim, mostarda, gergelim, colza e girassol

Fonte: Adaptado de Ribeiro; Seravalli (2007)

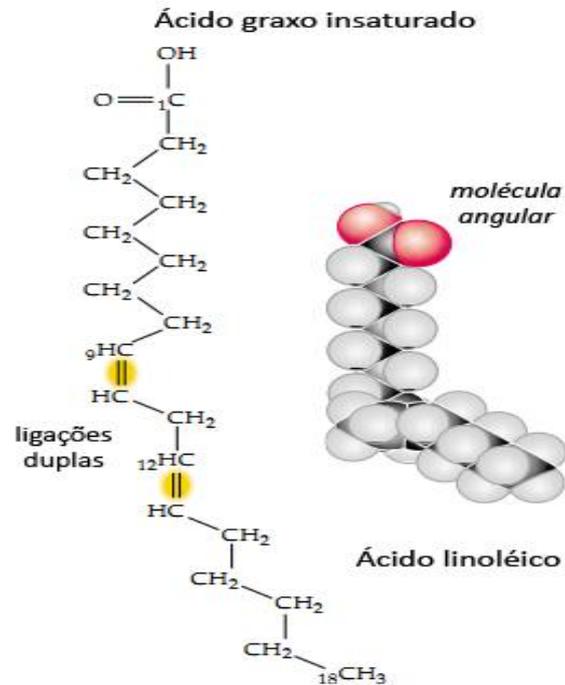
Dentre os ácidos graxos saturados, os mais encontrados nos óleos e gorduras são: láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0). Os ácidos láurico e mirístico estão presentes em grandes proporções nos óleos de babaçu e de amêndoa de palma, já os ácidos palmítico e esteárico ocorrem com mais frequência na maioria dos óleos e gorduras (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

2.3.2.2 Ácidos graxos insaturados

São denominados ácidos graxos insaturados aqueles que apresentam uma ou mais ligações duplas em sua molécula (WILLIAMS, 1997).

A estrutura dos ácidos graxos insaturados pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 - Estrutura dos ácidos graxos insaturados



Fonte: Glicerídeos: óleos e gordura (2014)

Os principais ácidos graxos insaturados presentes em óleos e gorduras estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Principais ácidos graxos insaturados presentes em óleos e gorduras

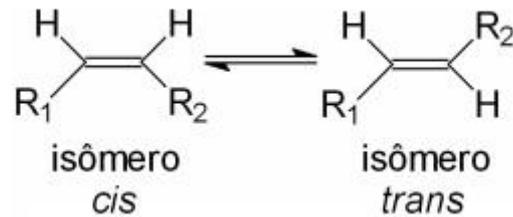
Ácido Graxo	Fórmula Molecular	Óleo ou gordura
Caproléico	$C_9H_{17}-COOH$	Gordura do leite
Lauroléico	$C_{11}H_{21}-COOH$	Gordura do leite
Miristoléico	$C_{13}H_{25}-COOH$	Gordura animal
Fisetérico	$C_{13}H_{25}-COOH$	Óleo de sardinha
Oléico	$C_{17}H_{33}-COOH$	Gorduras animal e vegetal
Gadoléico	$C_{19}H_{37}-COOH$	Óleos de peixes e de animais marinhos
Erúcico	$C_{21}H_{41}-COOH$	Óleos de mostarda e colza
Linoléico	$C_{17}H_{31}-COOH$	Óleos de amendoim, algodão, gergelim e girassol
Linolênico	$C_{17}H_{29}-COOH$	Óleos de soja, gérmen de trigo e linhaça
Eicosapentanóico- EPA	$C_{20}H_{30}O_2$	Óleos de peixes marinhos
Decosaheptaenóico- DHA	$C_{22}H_{32}O_2$	Óleos de peixes marinhos

Fonte: Adaptado de Ribeiro; Seravalli (2007)

Os ácidos graxos insaturados diferem entre si quanto ao número de átomos de carbono, número de duplas ligações, localização das insaturações e sua configuração. Em geral, os ácidos graxos monoinsaturados apresentam a dupla ligação entre os átomos de carbono 9 e 10. Já nos ácidos poliinsaturados a primeira dupla ligação está situada no carbono 9, e as demais duplas encontram-se entre esta e a extremidade não carboxilada da cadeia hidrogenada, separadas por um grupo metileno (CH_2) (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Em função da presença de uma insaturação entre átomos de carbono, tem-se a possibilidade da ocorrência de isomeria, onde esta pode ser classificada de duas maneiras conforme a presença de uma ou mais duplas ligações, podendo ser de posição ou geométrica. A primeira é relacionada com a localização das duplas ligações ao longo da cadeia, a segunda ocorre devido à rotação restrita em torno de uma dupla ligação entre dois átomos de carbono. Desta forma, podem ocorrer dois arranjos possíveis para os átomos de carbono em torno das duplas ligações. Em um dos arranjos, os átomos de hidrogênio se encontram do mesmo lado em relação a dupla (cis) e no outro estão em lados opostos (trans). Esses arranjos podem ser observados na Figura 7 (MERÇON, 2010; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Figura 7 - Reação de isomerização cis e trans



Fonte: Ribeiro; Seravalli (2007)

Na maior parte dos ácidos graxos presentes em alimentos, a configuração cis é a forma que ocorre naturalmente, porém, dependendo das condições de processo podem passar para a configuração trans (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Os óleos e gorduras além de serem importantes fontes de energia são também fontes de ácidos graxos essenciais. O metabolismo humano pode biossintetizar ácidos graxos saturados e insaturados da família ômega-9, porém é incapaz de produzir ácidos graxos insaturados da família ômega-6 e ômega-3 (PIGOTT; TUCKER, 1987).

O ácido graxo poliinsaturado, tipo ômega-3, é extraído de vegetais, algas marinhas e alguns peixes de água fria. Existem basicamente três ácidos graxos (ômega-3), o ácido α -linolênico (C18:3 ômega-3), é encontrado em folhas de muitas plantas e sementes de vegetais como o linho e a colza. Os outros dois, o ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5) e o ácido decosahexaenóico (DHA, C22:6), são encontrados em óleos de peixes e podem também ser obtidos pelo homem e pelos animais através da desidrogenação e alongamento da cadeia do ácido alfa linolênico(PIGOTT; TUCKER, 1987).

A família ômega-6 compreende o ácido graxo essencial linoléico, que pode originar o ácido araquidônico. Uma vez que o ácido linoléico se converte em ácidos graxos poliinsaturados de cadeia mais longa que o ácido araquidônico (C20:4), pode ser convertido em outros ácidos graxos importantes de cadeia longa que atuam como mediadores biológicos (BELDA, 1991).

Os ácidos graxos ômega-3 contribuem para o controle da síntese do colesterol e regulam os processos biológicos em ação conjunta com outros ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-6 (BELDA; CAMPOS, 1991).

2.4 Ácidos graxos presentes no óleo de butiá

Em geral, óleos obtidos a partir de amêndoas de frutos das espécies da família *Palmae*, apresentam ácidos graxos insaturados em quantidades reduzidas, onde prevalecem o ácido

oléico (5 a 30%) e linoléico (máximo 10%). Já o ácido graxo saturado predominante nestes óleos é o ácido láurico (30 a 50%) (LIMA et al., 2007).

Segundo Faria et al. (2008), em pesquisa sobre a gordura da amêndoa de coquinho-azedo (*B. capitata*), esta apresentou predominância de ácidos graxos saturados de cadeia média, como o ácido láurico (C12:0) como pode ser observado na Tabela 8. A gordura extraída da amêndoa do coquinho-azedo (*B. capitata*) tem um índice alto de gordura saturada de cadeia média e é rica em ácido oléico, podendo ser uma opção a mais como ingrediente para o processamento industrial de alimentos e de rações para animais.

Tabela 8 - Composição em ácidos graxos (%) nas gorduras da amêndoa de coquinho-azedo (*B. capitata*)

Ácido Graxo	<i>B. capitata</i> (%)
Capróico (C6:0)	0,4
Caprílico (C8:0)	7,8
Cáprico (C10:0)	8,0
Láurico (C12:0)	42,1
Mirístico (C14:0)	10,5
Palmítico (C16:0)	6,0
Esteárico (C18:0)	4,0
Oléico (C18:1)	16,9
Linoléico (C18:2)	4,2
Araquídico (C20:0)	0,1
Gadoléico (C20:1)	0,04
Saturados	78,9
Insaturados	21,1

Fonte: Adaptado de Faria et al. (2008)

Sganzerla (2010) avaliou a composição de ácidos graxos das amêndoas dos butiás das espécies *B. odorata* e *B. eriosphata*, através da análise de cromatografia gasosa, obtendo os resultados que estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição em ácidos graxos (%) dos óleos das amêndoas de butiás das espécies *B. odorata* e *B. eriosphata* obtidos por extrato etéreo em Soxhlet

Ácidos Graxos	<i>B. odorata</i> * (%)	<i>B. eriosphata</i> (%)
Capróico(C6:0)	1,14	0,83
Caprílico (C8:0)	14,06	15,82
Cáprico (C10:0)	18,83	21,67
Láurico (C12:0)	33,05	33,89
Mirístico (C14:0)	7,31	7,10
Palmítico (C16:0)	4,41	4,58
Estearíco (C18:0)	1,91	2,78
Oléico (C18:1)	13,31	7,36
Linoléico (C18:2)	3,11	4,46
Linolênico (C18:3)	2,34	1,49
Não identificado	0,52	0,02

*De acordo com Noblick (2011)

Fonte: Adaptado de Sganzerla (2010)

Nesta análise, as amostras de óleo obtidas dos frutos de butiá apresentaram a predominância de ácido láurico (33,05% para a espécie *B. odorata* e 33,89% para a espécie *B. eriosphata*). Os óleos de amêndoas das duas espécies de butiá avaliados neste estudo são fonte natural de triacilglicerídeos de cadeia média (MCT), com cerca de 60% do total do conteúdo em óleo correspondente a MCTs (SGANZERLA, 2010).

MCT é o termo que se refere ao triacilglicerol que é composto de uma molécula de glicerol e três cadeias (de 6 a 12 átomos de carbono) de ácidos graxos. Os MCTs vêm sendo relacionados aos benefícios para a saúde humana, onde são usados principalmente como suplemento nutricional em pacientes que sofrem de má absorção causada por problemas intestinais, e também como ingredientes em fórmulas para alimentação infantil (NANDI et al., 2005). De acordo com Marten et al. (2006), os MCTs são responsáveis por efeitos benéficos sobre o controle de peso e da glicose sanguínea, bem como no metabolismo lipídico.

Estudos têm mostrado que os ácidos graxos saturados de cadeia média, assim como o ácido láurico, são responsáveis pela atividade antimicrobiana do leite humano e bovino, inativando tanto bactérias Gram positivas quanto Gram negativas (ISAACS et al., 1995).

2.5 Qualidade de óleos e gorduras

As análises e o monitoramento das características físico-químicas de óleos vegetais são de extrema importância para a avaliação de alternativas de aplicação e da qualidade do óleo, visto que somente a partir de um óleo vegetal bruto de boa qualidade é possível a obtenção de um bom óleo refinado (SHAHIDI, 2005; RODRIGUES; CARVALHO, 2001).

Para avaliar a qualidade de óleos e gorduras é necessário proceder com algumas análises, dentre estas estão: acidez, índice de iodo, índice de refração, índice de saponificação, índice de peróxido, perfil de ácidos graxos e análise termogravimétrica (TGA).

2.5.1 Acidez

A determinação da acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons hidrogênio. A decomposição dos glicerídios é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres. Estes são frequentemente expressos em termos de índice de acidez (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

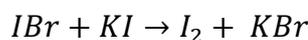
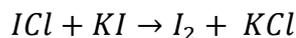
Os métodos de análise de acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou fornecem a concentração de íons de hidrogênio livres, por meio do pH, onde o método que avalia a acidez titulável resume-se em titular com soluções de álcali padrão a acidez do produto ou de soluções aquosas ou alcoólicas do produto e, em certos casos, os ácidos graxos obtidos dos lipídios. O valor obtido pode ser expresso em mL de solução molar, por cento ou em gramas do componente ácido principal (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.5.2 Índice de iodo

O índice de iodo é uma medida do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na gordura, este pode ser definido como os gramas de iodo que são adicionados em 100g de amostra, o seu resultado é apresentado em iodo, independentemente de a reação ter sido com iodo ou com outro halogênio (F, Cl, Br e I). O índice é baseado no fato que o iodo e outros halogênios se adicionam numa dupla ligação da cadeia insaturada de ácidos graxos (CECCHI, 2003).

Basicamente, a determinação do índice de iodo consiste na adição de um halogênio a uma massa determinada de amostra, com posterior determinação da quantidade de halogênio que reagiu. Como o I_2 é pouco reativo, é mais comum a adição de ICl e IBr. Independente de ser adicionado I, Cl ou Br, o resultado é sempre expresso em índice de iodo, portanto deve-se

adicionar KI antes da titulação do excesso do halogênio, para fornecer a quantidade equivalente de iodo do ICl ou IBr, através das reações:



O I₂ proveniente do excesso de ICl é titulado com tiosulfato de sódio, usando amido como indicador. Existem dois métodos de determinação do índice de iodo, uma que utiliza ICl (Wijs) e outro IBr (Hanus). O método de Wijs é o mais utilizado, pois é considerado o mais exato, enquanto que o método de Hanus é mais estável (CECCHI, 2003).

A determinação através deste índice é de extrema importância para a classificação de óleos e gorduras e para o controle de alguns processamentos(CECCHI, 2003).

2.5.3 Índice de refração

O índice de refração de uma substância pura é uma constante, mantidas as condições de temperatura e pressão e, como tal, pode ser usado como meio de identificação da mesma (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Essa análise de alimentos é usada para a avaliação do produto, em certos casos, como o de óleos, gorduras e óleos essenciais, o índice de refração apresenta variação muito pequena, por não tratar de substâncias puras no estrito sentido. A medida do índice de refração pode ser feita diretamente em aparelhos como: refratômetro de Abbé ou refratômetro de imersão que possuem pequeno intervalo de leitura, mas grande precisão, onde esses equipamentos devem ser previamente calibrados com água (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.5.4 Índice de saponificação

Este método é aplicável a todos os óleos e gorduras onde o índice de saponificação refere-se a quantidade de álcali necessário para saponificar uma quantidade definida de amostra e expressa o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para saponificar um grama de amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O valor obtido para este índice indica indiretamente a quantidade em peso de ácidos graxos, obtidos após saponificação, pois é inversamente proporcional ao peso molecular médios dos ácidos graxos dos glicerídeos presentes. É importante para demonstrar a presença de óleos ou gorduras de alta proporção de ácidos graxos de baixo peso molecular em mistura

com outros óleos e gorduras. Segundo Walkyria et al. (1976) quanto menor o peso molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação. Em misturas com outros óleos e gorduras, o índice de saponificação dos acilgliceróis neutros, varia com a natureza dos ácidos graxos constituintes da gordura (MORETTO; FETT, 1998).

2.5.5 Índice de Peróxido

É um dos métodos mais utilizados para medir o estado de oxidação de óleos e gorduras. Como os peróxidos são os primeiros compostos formados quando uma gordura deteriora, toda gordura oxidada dá resultado positivo nos testes de peróxido (CECCHI, 2003).

Este método determina, em moles por 1000g de amostra, todas as substâncias que oxidam o iodeto de potássio; devido à sua ação fortemente oxidante, os peróxidos orgânicos formados no início da rancificação, atuam sobre o iodo de potássio, liberando o iodo que será titulado com tiosulfato de sódio em presença de amido, como indicador (MORETTO; FETT, 1998).

2.5.7 Perfil de ácidos graxos

A determinação da composição de ácidos graxos a partir da análise dos ésteres de ácidos graxos auxilia no estudo de fraudes e na avaliação do conteúdo nutricional de óleos e gorduras de origem vegetal ou animal. Para determinação do perfil de ácidos graxos ésteres metílicos de ácidos graxos são separados, identificados e quantificados por cromatografia em fase gasosa ou líquida. O método é aplicável para a determinação de ésteres metílicos de ácidos graxos contendo de 4 a 24 átomos de carbono, obtidos a partir de ácidos graxos de óleos e gorduras (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.5.8 Análise termogravimétrica (TGA)

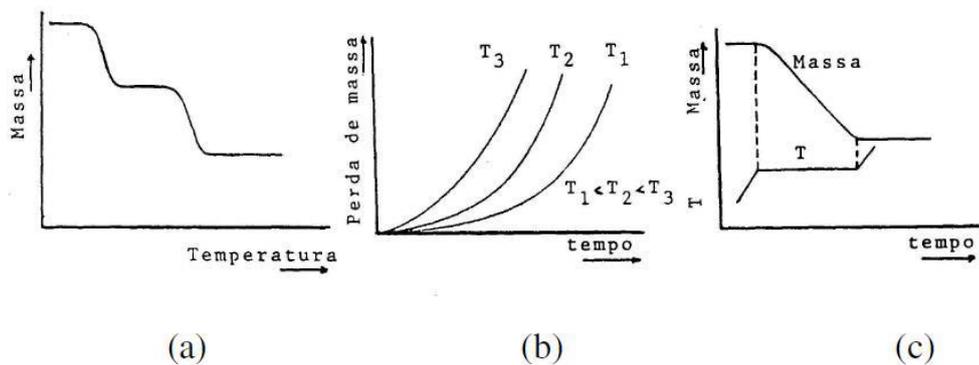
As análises térmicas abrangem um conjunto de técnicas onde uma propriedade física ou química de uma substância, ou de seus produtos de reação é monitorada em função da temperatura ou do tempo, enquanto essa substância é submetida a um programa controlado de temperatura e sob uma atmosfera específica (SILVA et al., 2007)

A análise termogravimétrica (TGA) é uma das técnicas de análise térmica em que as variações de massa da amostra são monitoradas como uma função da temperatura ou tempo, enquanto esta é submetida a um programa controlado de temperatura, sob uma atmosfera especificada (MATOS; FELSNER, 1998). A TGA fornece informações com relação às

variações de massa em função do tempo ou temperatura sob determinadas condições atmosféricas.

As curvas obtidas nesta análise fornecem informações relativas à composição e estabilidade térmica da amostra, dos produtos intermediários e do resíduo formado (WENDLANDT, 1986; SKOOG et al., 1998). Segundo Wendlandt (1986) os métodos termogravimétricos são classificados em dinâmico, isotérmico e quase-isotérmico, conforme podemos observar na Figura 8.

Figura 8 - Classificação dos métodos termogravimétricos



Fonte: Wendlandt (1986)

No método dinâmico a perda de massa é registrada continuamente à medida que a temperatura aumenta. Este método é o mais utilizado, quando se utiliza o termo termogravimetria normalmente refere-se à termogravimetria dinâmica. No método isotérmico a variação de massa da amostra é registrada em função do tempo, mantendo-se a temperatura constante, sendo geralmente utilizado em trabalhos cinéticos. No método quase-isotérmico a partir do momento em que começa a perda de massa da amostra, a temperatura é mantida constante até que a massa se estabilize novamente, neste momento recomeça-se o aquecimento e este procedimento pode ser repetido em cada etapa da decomposição (WENDLANDT, 1986).

3 METODOLOGIA

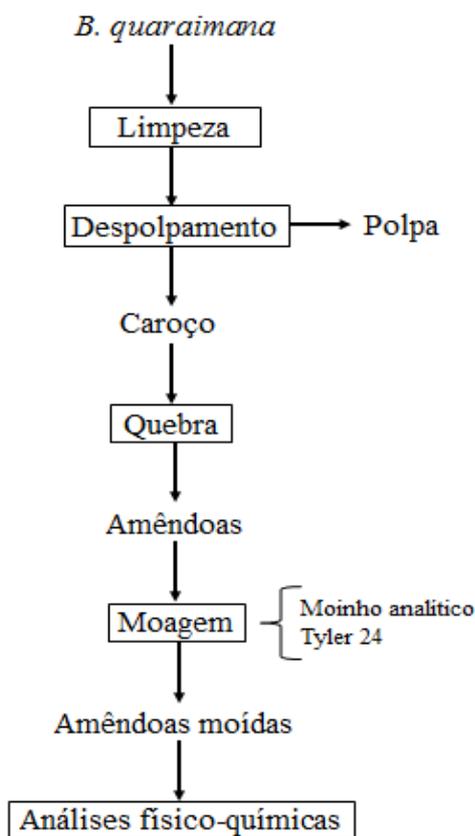
3.1 Metodologia Experimental

3.1.1 Obtenção da matéria Prima

As amostras de butiá da espécie *B. quaraimana* utilizadas para a realização deste trabalho foram obtidas do Palmar do Coatepe localizado no município de Quaraí a sudoeste do Rio Grande do Sul, estas amostras foram colhidas na safra de 2014 e conduzidas para Bagé onde foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas congeladas.

As amêndoas dos butiás foram obtidas conforme apresentado no fluxograma da Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma de obtenção da amêndoa do *B. quaraimana*



Fonte: Autores (2014)

Para obtenção das amêndoas para as análises, conforme o fluxograma da Figura 9, inicialmente foi efetuado uma limpeza nas amostras de *B. quaraimana*, onde esta limpeza foi realizada através de uma lavagem em água corrente e posteriormente as mesmas secaram

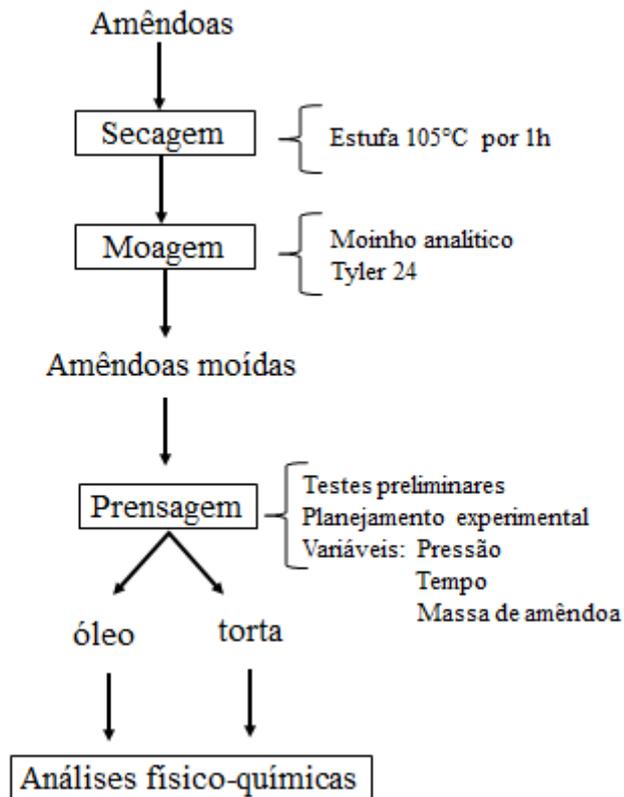
naturalmente. Em seguida realizou-se a etapa de despulpamento dos frutos, onde a mesma foi feita manualmente com o auxílio de facas de aço inox, nesta etapa houve a separação da polpa e do caroço. A polpa foi encaminhada para outros projetos de pesquisa da universidade, e o caroço foi acondicionado sob toalhas de papel em temperatura ambiente por cerca de dois dias, a fim de facilitar sua posterior quebra.

Depois de seco, o caroço foi submetido à quebra, com o auxílio de uma morsa de bancada, obtendo-se assim as amêndoas. Estas amêndoas foram então moídas, com o auxílio de um moinho analítico e posteriormente foram realizadas as análises físico-químicas na mesma. Todo este processo de obtenção das amêndoas demandou um tempo total de cerca de quatro dias, dependendo da quantidade de amostra.

As amêndoas que não foram utilizadas logo após a obtenção, foram armazenadas sob temperatura de congelamento.

3.1.2 Metodologia de extração de óleo da amêndoa do *B. quaraimana* por prensagem

Após obtenção das amêndoas, as mesmas foram submetidas à prensagem para extração do óleo, o fluxograma da Figura 10 ilustra este procedimento.

Figura 10 - Fluxograma da prensagem da amêndoa do *B. quaraimana*

Fonte: Autores (2014)

Com a finalidade de facilitar a extração do óleo, a amostra de amêndoas inteiras foi previamente seca antes de ser submetida à prensagem. Após a secagem foi realizada a moagem das amêndoas com o auxílio de um moinho analítico. Em seguida as mesmas foram submetidas à prensagem em uma prensa hidráulica de 15 ton (Figura 11).

Figura 11- Prensa para extração do óleo de *B. quaraimana*



Fonte: Autores (2014)

No estudo da prensagem fez-se uso da metodologia do planejamento experimental (item 3.3), tendo este como objetivo principal servir de ferramenta para minimizar o número de experimentos e analisar os resultados, tendo como base a análise estatística. Os níveis das variáveis de estudos foram, tempo, pressão e massa de amêndoa onde foram determinados a partir de referências da literatura, tomando como base Menezes e Pereira (2013), e de testes preliminares, onde a variável resposta foi a quantidade de óleo bruto extraído. Este planejamento foi realizado visando a obtenção de um melhor rendimento de óleo extraído com uma menor retenção de óleo na torta.

Com a realização da prensagem obteve-se o óleo e a torta, o óleo foi acondicionado em vidro âmbar coberto com papel alumínio e armazenado sob refrigeração, a fim de evitar qualquer tipo de deterioração no mesmo. A torta foi acondicionada em sacos plásticos e armazenada em dessecador, onde em seguida realizou-se as análises subsequentes em ambos (óleo e torta).

3.1.3 Testes preliminares de extração do óleo

Foram realizados testes preliminares de extração do óleo a fim de se obter a faixa de tempo de prensagem a ser utilizado no trabalho, fez-se necessário a aplicação destes testes devido ao fato de não haverem estudos para a prensagem de amêndoas da espécie estudada. A pressão e quantidade de amostra foram fixadas em seus valores máximos com relação aos utilizados no planejamento experimental, (conforme Tabela 10), e foi avaliado o rendimento do processo ao longo do tempo de prensagem; desta forma, evitou-se utilizar um tempo de prensagem excessivo. Verificou-se que um tempo de prensagem superior a duas horas não promoveu uma redução significativa no teor de óleo extraída.

3.2 Metodologia Analítica

3.2.1 Caracterização química

A caracterização química da amêndoa do *B. quaraimana* e da torta de prensagem foi realizada a partir das análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibra bruta e carboidratos, conforme metodologia oficial do Instituto Adolfo Lutz (2008). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.2.2 Caracterização física

A caracterização física das partículas foi realizada para a semente moída, onde se determinou o diâmetro de partícula e a porosidade do leito de partículas.

Diâmetro de partícula

A determinação do diâmetro de partícula foi realizada através do ensaio de peneiramento, onde pretende-se utilizar as peneiras 6, 8, 12, 14, 24 e 60 Mesh com o jogo de peneiras montado de modo que a malha de maior abertura ficasse acima da malha de menor abertura com um coletor no fundo onde foram as partículas mais finas do material. O jogo de peneiras foi conduzido para uma mesa vibratória onde se realizou o ensaio de peneiramento. A partir da massa de partículas retida em cada peneira foi calculado o diâmetro médio de Sauter (Equação 1) (CREMASCO, 2012).

$$D_{ps} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{D_i}\right)} \quad (1)$$

Sendo:

D_{ps} = diâmetro médio de Sauter

n = número de peneiras

x_i = fração mássica das partículas retida em uma peneira

D_i = diâmetro médio das malhas das peneiras correspondentes às partículas passantes em uma peneira e retidas na próxima peneira.

Porosidade

A porosidade do leito de partículas foi obtida a partir dos ensaios de picnometria gasosa e de proveta, os quais forneceram a massa específica real e aparente, respectivamente (CREMASCO, 2012).

A massa específica real das partículas foi determinada através de picnômetro a gás (hélio), como pode ser observado na Figura 12. O picnômetro gasoso é da marca Quantachrome Instruments, ultrafoam1000e, modelo UPY-30F; para estes ensaios, foi utilizada uma balança analítica da marca SHIMADZU, modelo AUY220 (precisão de $\pm 0,0001$ g).

Figura 12 - Picnômetro a gás (hélio)



Fonte: Autores (2014)

O picnômetro a gás determina o volume verdadeiro de um sólido, por variação da pressão do gás numa câmara de volume conhecido (WEBB; ORR, 1990). Normalmente é utilizado gás hélio, pois este gás, além de inerte, penetra mais facilmente nos poros acessíveis da amostra, devido ao pequeno tamanho dos átomos. A principal vantagem deste método é a sua capacidade de medir apenas o volume da amostra, ou seja, descontar do volume total da amostra todos os poros (a menos que estes estejam fechados ou inacessíveis ao gás) (MOURA et al., 2002).

Para o cálculo da massa específica aparente utilizou-se a Equação 2.

$$\rho_{aparente} = \frac{m_{amostra}}{V_p} \quad (2)$$

Sendo:

$\rho_{aparente}$ = massa específica aparente da amostra

$m_{amostra}$ = massa da amostra

V_p = volume da proveta

A massa específica real (ρ_{real}) foi obtida através da realização da picnometria gasosa. Com a massa específica real e aparente foi possível determinar a porosidade do leito e partículas através da Equação 3.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{aparente}}{\rho_{real}} \quad (3)$$

Sendo:

ρ_{real} = massa específica real da amostra

$\rho_{aparente}$ = massa específica aparente da amostra

ε = porosidade

Para o ensaio de proveta, uma proveta de 100 mL foi pesada e em seguida preenchida com as partículas sólidas, onde foi verificada a massa da proveta com a amostra.

3.2.3 Análises para verificação da qualidade do óleo obtido das amêndoas do *B. quaraimana*

As amostras de óleo obtidas através do método de extração por prensagem na melhor condição obtida a partir dos resultados do planejamento experimental foram analisadas segundo o índice de acidez, índice de iodo, índice de refração, índice de saponificação, índice de peróxido e perfil de ácidos graxos.

Análise de acidez

O método utilizado para a determinação de ácidos graxos livres baseia-se na titulação da amostra (diluída em uma solução de éter-álcool etílico) com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N, utilizando como indicador a fenolftaleína, segundo metodologia o Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados são expressos em mg KOH. g⁻¹ ou em percentual de ácido oléico, onde os resultados podem ser obtidos através das Equações 4 e 5.

$$\text{Acidez (mg KOH. g}^{-1}\text{)} = \frac{v \cdot 5,61}{m} \quad (4)$$

$$\text{Acidez em ácido oléico(\%)} = \frac{v \cdot M \cdot 28,2}{m} \quad (5)$$

Sendo:

v = volume em mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação

m, p = massa em g de amostra

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio

Índice de Iodo

Para a determinação do índice de iodo o método utilizado baseia-se na titulação da amostra diluída em uma solução de clorofórmio tratada com uma solução de Wijs e iodeto de potássio, em uma solução de tiosulfato de sódio, usando amido como indicador segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O valor obtido é expresso em termos do número de centigramas de iodo absorvido por grama da amostra (% iodo absorvido). O índice de iodo pode ser obtido através da Equação 6.

$$\text{Índice de iodo} = \frac{(v_A - v_B) \cdot M \cdot 12,69}{m} \quad (6)$$

Sendo:

M = molaridade da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

v_B = volume em mL gasto na titulação do branco

v_A = volume em mL gasto na titulação da amostra

m = massa em g de amostra

Índice de refração

Para determinação do índice de refração foi utilizado um refratômetro Abbe digital de bancada modelo 076780 (Figura 13) ajustado com água destilada à de 20°C, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Figura 13 - Refratômetro utilizado para a determinação do índice de refração



Fonte: Autores (2014)

Índice de saponificação

Para a determinação do índice de saponificação o óleo foi saponificado por meio de uma solução alcoólica de hidróxido de potássio 0,5 M. O excesso de álcali não utilizado para a saponificação foi titulado por meio de uma solução de ácido clorídrico 0,5 M. A diferença entre a prova em branco e o amostra nos deu a quantidade de hidróxido de potássio utilizado na saponificação do alimento lipídico de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O índice de saponificação pode ser determinado pela Equação 7.

$$\text{índice de saponificação} = \frac{26,06 \cdot f (v_B - v_A)}{m} \quad (7)$$

Sendo:

v_A = volume gasto na titulação da amostra

v_B = volume gasto na titulação do branco

f = fator da solução de HCl 0,5 M

m = peso em g de amostra

Índice de peróxido

O índice de peróxido foi determinado segundo a metodologia o Instituto Adolfo Lutz (2008), onde por esse método determina-se todas as substâncias, em termos de miliequivalentes de peróxido por 1000 g de amostra, que oxidam o iodeto de potássio.

Os resultados para este índice são obtidos através da Equação 8.

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{v \cdot N \cdot 1000}{m} \quad (8)$$

Sendo:

v = volume em mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 (ou 0,01 N) gasto na titulação da amostra

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio

m = massa em g da amostra

Perfil de ácidos graxos

O Perfil de Ácidos Graxos foi determinado por cromatografia gasosa. As análises foram realizadas no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL), localizado na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

A amostra de óleo foi saponificada em solução metanólica de KOH, esterificadas em solução metanólica de H_2SO_4 (HARTMAN; LAGO, 1973), e analisadas usando um cromatógrafo a gás Agilent Technologies (HP 6890) acoplado a uma coluna capilar Agilent DB-23 (60 m x 0.25 mm x 0.25 μ m) e detector de ionização em chama. As temperaturas do injetor e do detector foram ajustadas em 250°C e 280°C, respectivamente e foi utilizado nitrogênio como gás de arraste (0,6 ml/min). Após a injeção (1 μ l, razão de divisão de amostra

50:1), a temperatura do forno foi mantida em 150°C por 1 min, aumentada até 240°C com taxa de aumento de 4°C/min, e mantida nesta temperatura por 12 min. Padrões de ácidos graxos metilados (37-component FAME Mix, Sigma, Saint Louis, MO, EUA) foram analisados nas mesmas condições para determinação dos seus tempos de retenção, que foram usados para identificar os ácidos graxos das amostras. A quantidade de ácidos graxos foi expressa como porcentagem do total de ácidos graxos identificados.

3.2.4 Caracterização térmica

Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica foi utilizada para avaliar a termoestabilidade do óleo da amêndoa do *B. quaraimana*, onde empregou-se o método quase-isotérmico. A curva termogravimétrica (TG) do óleo bruto foi obtida em uma termobalança (Shimadzu, TGA-50) (Figura 14), com fluxo de nitrogênio 50 mL.min.⁻¹ e uma taxa de aquecimento de 10°C min.⁻¹. As amostras foram colocadas em cadinhos de alumínio e aquecidas na faixa de temperatura de 0°C a 500°C. Estes parâmetros foram adaptados de Garcia (2004). Para determinar as temperaturas de máxima degradação foi utilizada a curva de DrTG (Termogravimetria Derivada), a qual é relativa à primeira derivada da curva termogravimétrica.

Figura 14 - Equipamento utilizado na análise termogravimétrica, modelo Shimadzu TGA-50



Fonte: Autores (2014)

3.3 Metodologia estatística

A organização dos experimentos de extração do óleo por prensagem foi realizada através de um planejamento experimental fatorial 2³, utilizando-se três pontos centrais, sendo

ordenados segundo uma matriz de planejamento experimental, totalizando onze ensaios. A principal finalidade desta metodologia foi verificar a influência das variáveis de estudo (tempo, pressão e massa de amostra) na quantidade de óleo bruto extraído, bem como obter uma melhor região de trabalho para o processo de prensagem.

A Tabela 10 ilustra a Matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 , utilizado no processo de extração do óleo da amêndoa do *B. quaraimana*.

Tabela 10 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 , utilizada no processo de extração do óleo das amêndoas do *B. quaraimana*

Experimentos	Tempo (h)		Pressão (ton*)		Massa de amostras (g)	
	Variáveis		Variáveis		Variáveis	
	Codificadas	Reais	Codificadas	Reais	Codificadas	Reais
1	-1	1	-1	4	-1	20
2	+1	2	-1	4	-1	20
3	-1	1	+1	8	-1	20
4	+1	2	+1	8	-1	20
5	-1	1	-1	4	+1	40
6	+1	2	-1	4	+1	40
7	-1	1	+1	8	+1	40
8	+1	2	+1	8	+1	40
9	0	1,5	0	6	0	30
10	0	1,5	0	6	0	30
11	0	1,5	0	6	0	30

Fonte: Autores (2014)

* 1 tonelada = 41,24 kgf/cm²

Os resultados da matriz do planejamento experimental empregado nos experimentos da extração por prensagem foram analisados estatisticamente, utilizando *software* adequado, através da Análise de Variância, a fim de se obter as variáveis que influenciam a resposta considerada, bem como as faixas de operação adequadas.

Este estudo permite obter as melhores condições de prensagem, em relação às condições iniciais da matéria-prima prensada, tais como tempo, pressão e massa de amostra para se maximizar a variável dependente (resposta) do planejamento, que foi o óleo bruto extraído. Essa quantidade de óleo bruto extraído foi calculada relacionando o teor de óleo

extraído e com a massa inicial de amêndoas submetidas à prensagem (Equação 9). A análise conjunta entre as variáveis estudadas e as respostas analisadas permitiu encontrar a faixa experimental que melhor atendesse ao objetivo do presente estudo.

A Equação 9 foi utilizada para o cálculo da quantidade de óleo extraído através do método de prensagem

$$\text{Quantidade de óleo (\%)} = \frac{m_{\text{óleo}}}{m_{\text{amostra}}} * 100 \quad (9)$$

Utilizando a Equação 10 determinou-se o rendimento de óleo para o óleo extraído, onde se relaciona o óleo extraído por prensagem e por soxhlet.

$$\text{Rendimento de óleo (\%)} = \frac{m_{\text{óleo}}}{m_{\text{óleo soxhlet}}} * 100 \quad (10)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química das amêndoas do *B. quaraimana*

Os resultados obtidos a partir da caracterização química realizada para as amêndoas moídas estão representados na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados obtidos a partir da caracterização química das amêndoas moídas do *B. quaraimana*

Parâmetros avaliados (%)	<i>B. quaraimana</i>
Umidade	10,8±0,1
Cinzas	1,4±0,0
Proteínas	3,6±1,2
Carboidratos	17,1±2,6
Lipídios	45,5±0,3
Fibras	21,5±2,8

Fonte: Autores (2014)

De acordo com os valores apresentados na Tabela 11 pode-se observar o alto teor de lipídios das amêndoas (45,5% em base úmida ou 51,1% em base seca) demonstrando que há um grande potencial para a obtenção de óleo, o qual pode ser utilizado para diversas finalidades. Este percentual apresenta-se próximo ao valor encontrado por Faria et al. (2008) para o *B. capitata* (56,6%) e superior quando comparado com os dados obtidos por Sganzerla (2010) (28,7% para o *B. odorata* e 26,3% para o *B. eriosphata*) e a outras matérias-primas de origem vegetal como a soja (20%), o girassol (40%) e a canola (35%) (Zambiazzi, 2006). O alto teor de óleo presente nas amêndoas de butiás sugere que a prensagem pode ser uma alternativa à extração do óleo, pois apresenta um rendimento relativamente alto em matérias-primas com altos teores de lipídios; além disso, na prensagem tende-se a obter um produto com boa qualidade, já que pode ser realizada a temperaturas inferiores (ambiente a 40°C, por exemplo) a outros métodos de extração, como os métodos clássicos de extração via solvente.

A umidade encontrada para as amêndoas (10,8%), pode ser considerada baixa quando comparado aos valores obtidos para outras espécies por Sganzerla (2010) (28,2% para o *B. odorata* e 30,9% para o *B. eriosphata*); isto é um fator positivo, visto que a umidade é um parâmetro que aumenta a resistência à transferência de massa do óleo presente nas partículas, reduzindo o rendimento da extração.

Os valores determinados para proteínas e carboidratos, 3,6% e 17,1%, respectivamente, são menores quando comparados aos obtidos por Sganzerla (2010) (Tabela 1) e aos valores obtidos por Kross (2008), para amêndoa da castanha de caju, onde estes foram, 20,0% para proteínas e 22,0% para carboidratos. O contrario ocorreu para as fibras, onde o valor encontrado de 21,5%, mostrou-se superior aos obtidos pelos autores supracitados, onde para o *B. odorata* foi de 8,9% , *B. eriosphata* 11,7% e para a castanha do caju 1,2%, respectivamente. Esta divergência de valores se da pelo fato de se tratarem de matérias-primas de espécies diferentes.

4.2 Caracterização física das amêndoas do *B. quaraimana*

Na Tabela 12 estão representados os resultados obtidos para a caracterização física das amêndoas moídas.

Tabela 12 - Resultados obtidos a partir da caracterização física das amêndoas moídas do *B. quaraimana*

Amostra	Dp_s (mm)	$\rho_{aparente}$ (g/cm ³)	ρ_{real} (g/cm ³)	ε
<i>B. quaraimana</i>	1,266	0,320	1,054±0,02	0,696

Fonte: Autores (2014)

O valor do diâmetro médio de Sauter (Equação 1) encontrado para a amêndoa moída foi 1,266 mm. O processo de moagem reduziu o tamanho das amêndoas como era esperado, favorecendo a extração de óleo, pois há um aumento da área superficial das partículas, facilitando a transferência de massa e conseqüentemente, tendendo a aumentar o rendimento da extração de óleo durante a prensagem.

A massa específica aparente ($\rho_{aparente}$) e real (ρ_{real}) obtidas para as amêndoas em estudo, 0,320 g/cm³ e 1,054 g/cm³, respectivamente, podem ser comparadas as determinadas por Ribeiro (2002) para o amendoim, onde para a massa específica aparente o autor encontrou um valor superior ao descrito neste estudo, 0,683 g/cm³, e para a massa específica real, o valor obtido foi semelhante ao determinado para as amêndoas do *B. quaraimana*, 1,102 g/cm³, os valores diferem-se pelo fato de se tratar de amêndoas de espécies diferentes.

A porosidade do leito de partículas apresentou-se alta (cerca de 70%), o que também favorece a extração do óleo por meios físico-mecânicos, tais como a prensagem, vindo ao encontro dos objetivos do presente trabalho. A alta fração de vazios no leito de partículas tende a favorecer o escoamento do óleo, pela redução à transferência de massa através do

leito. Sabe-se que as pressões comumente utilizadas na prensagem de amêndoas com alto teor de óleo, tendem a reduzir a porosidade do leito de partículas, já que o processo produz uma torta mais compacta. Entretanto, leitões não compactados de partículas com uma alta fração de vazios tendem a produzir uma torta compacta com uma porosidade não tão baixa a ponto de reduzir drasticamente o rendimento do processo.

4.3 Planejamento experimental

A Tabela 13 apresenta a matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 , com a variável resposta quantidade de óleo bruto extraído.

Tabela 13 - Matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 , com a variável resposta, do processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do *B. quaraimana*

Experimentos	Tempo (h)	Pressão (ton)	Massa de amostra (g)	Quantidade de óleo bruto extraído (%)
1	1	4	20	26,64
2	2	4	20	25,47
3	1	8	20	29,53
4	2	8	20	30,19
5	1	4	40	36,68
6	2	4	40	36,31
7	1	8	40	34,48
8	2	8	40	35,21
9	1,5	6	30	32,98
10	1,5	6	30	33,54
11	1,5	6	30	32,76

Fonte: Autores (2014)

A Tabela 14 ilustra a análise de variância (ANOVA) realizada com um intervalo de confiança de 95%. A ANOVA permite analisar estatisticamente os fatores e suas interações, onde valores do p-level (p) menores que 0,05 são estatisticamente significativos e devem ser considerados.

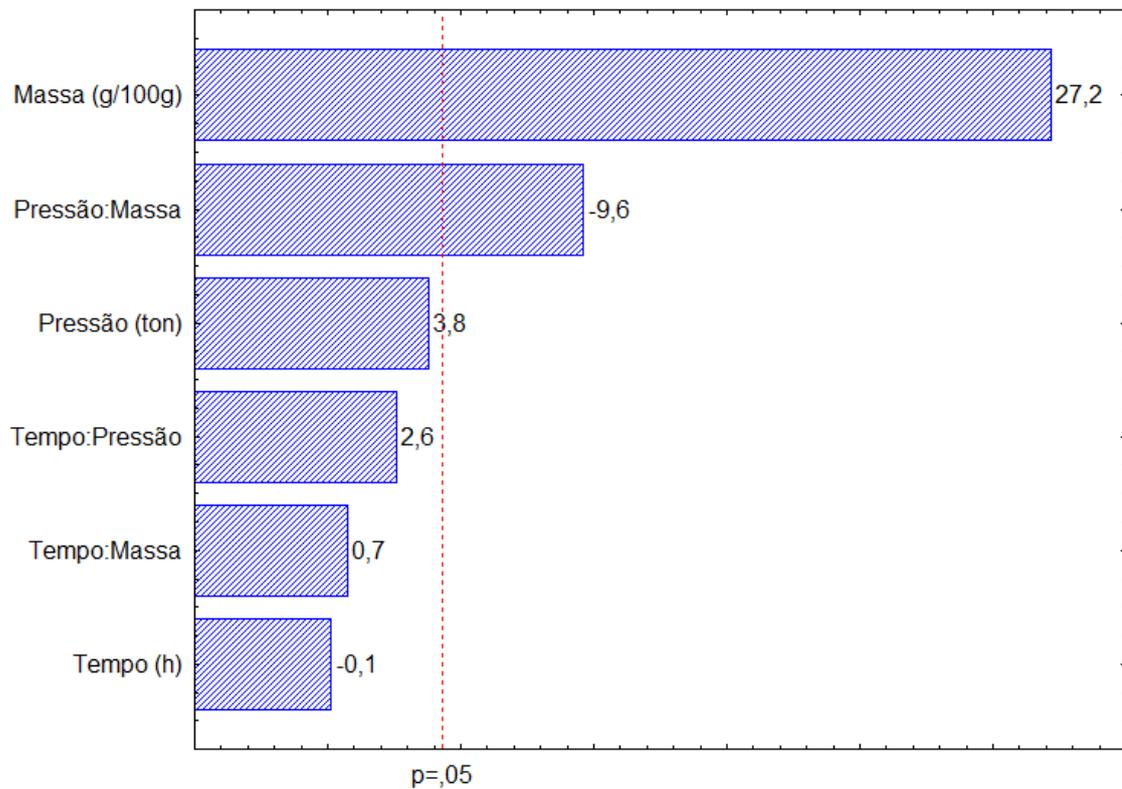
Tabela 14 - Análise de variância (ANOVA), referente a matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 , para processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do *B. quaraimana*

Parâmetros	Soma quadrática	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Significância (p)	R²
Pressão	0,003	1	0,003	0,003	0,957	0,971
Tempo	2,319	1	2,319	2,327	0,201	
Massa	119,037	1	119,037	119,475	0,000	
Tempo:Pressão	1,067	1	1,067	1,071	0,359	
Tempo:Massa	0,092	1	0,092	0,093	0,775	
Pressão:Massa	14,872	1	14,872	14,926	0,018	
Erro	3,985	4	0,996			
Total	141,377	10				

Fonte: Autores (2014)

Na Tabela 14 (ANOVA), os parâmetros que apresentaram uma significância (p) superior a 0,05 não tiveram uma influência significativa (intervalo de confiança de 95%) na variável resposta (quantidade de óleo bruto extraído na prensagem). A influência dos parâmetros sobre a variável resposta pode ser melhor visualizada na Figura 15, através do Diagrama de Pareto, o qual foi obtido com base na tabela de ANOVA.

Figura 15 - Diagrama de Pareto, referente a matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 , para processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do *B. quaraimana*



Fonte: Autores (2014)

Através do Diagrama de Pareto (Figura 15) é possível visualizar graficamente as variáveis cujos efeitos influenciaram a resposta, os que apresentam valores após a linha divisória ($p=0,05$) podem ser considerados significativos em um intervalo de confiança de 95%. Considerando apenas os efeitos principais, pode ser observado que apenas a massa de amostra apresentou efeito significativo para a extração de óleo bruto (massa de óleo extraída por 100 g de amostra). Isso significa que aumentando a massa de amostra de 20 g para 40 g, a quantidade relativa de óleo bruto extraído foi maior. Este fato pode ser explicado em função da relação entre a massa de amostra e a área de prensagem do equipamento ($43,1 \text{ cm}^2$). Sabe-se que há uma relação adequada entre estes dois parâmetros, de modo que se obtenha um maior rendimento do processo.

Considerando uma área de prensagem fixa, uma quantidade de amostra muito elevada tende a promover uma torta mais espessa, o que aumenta a resistência à transferência de massa na prensagem, tendendo a diminuir a quantidade de óleo extraída; já uma quantidade de amostra muito pequena, tende a produzir uma torta muito compacta com uma porosidade do leito muito baixa, o que também aumenta a resistência ao escoamento do óleo através da torta.

As relações entre a massa de amostra e a área de prensagem utilizadas no presente trabalho variaram de 0,465 a 0,942 g/cm²; logo, dentro da faixa de trabalho utilizada, percebeu-se que a melhor região de trabalho está ao redor de 0,9 g_{amostra}/cm²_{área prensagem}, o que promoveu um maior rendimento de extração.

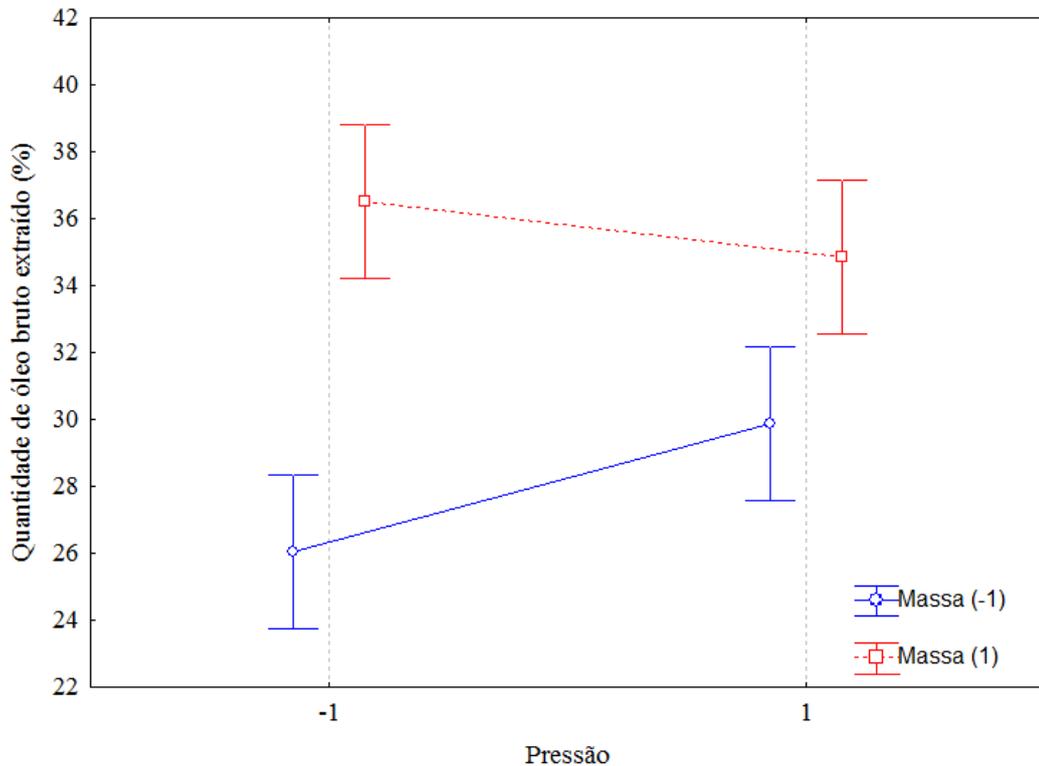
Considerando ainda apenas os efeitos principais, dentro da faixa de trabalho utilizada, tanto a pressão utilizada na prensagem (4 e 8 ton) quanto o tempo de prensagem (1 e 2 h) não influenciaram significativamente no rendimento do processo. Observou-se experimentalmente que em torno dos primeiros quarenta minutos de processo, o escoamento do óleo através da célula de prensagem foi mais intenso em que ocorreu a extração da maior quantidade de óleo das amostras.

Foi realizada também uma análise estatística (ANOVA) da compactação da torta para cada um dos experimentos realizados. Observou-se que a relação entre o volume da torta (V_{torta}) e o volume aparente da amostra (V_{aparente}) não foi influenciado significativamente (significância de 5%) por nenhum dos parâmetros avaliados. A referida relação percentual ($V_{\text{torta}}/V_{\text{aparente}}$) apresentou um valor de $16,6 \pm 2,3\%$. Esses resultados reforçam ao que foi explicado sobre a não influência do tempo e da pressão de prensagem sobre a quantidade relativa de óleo extraído.

Como o grau médio de compactação da torta não foi influenciado por estes dois parâmetros, a resistência à transferência de massa também foi semelhante. Além disso, apesar do grau médio de compactação ter sido semelhante, a maior quantidade de amostra utilizada neste trabalho (40 g) deve ter produzido uma torta mais porosa, o que favoreceu um maior rendimento do processo, conforme pôde ser observado pela análise estatística.

Analisando o efeito das interações, pôde ser observado que apenas a interação entre as variáveis massa de amostra e pressão de trabalho influenciou significativamente na resposta. O efeito desta interação pode ser melhor visualizado na Figura 16.

Figura 16 - Diagrama do efeito das interações entre massa de amostra e pressão sobre a quantidade relativa de óleo bruto extraído por prensagem

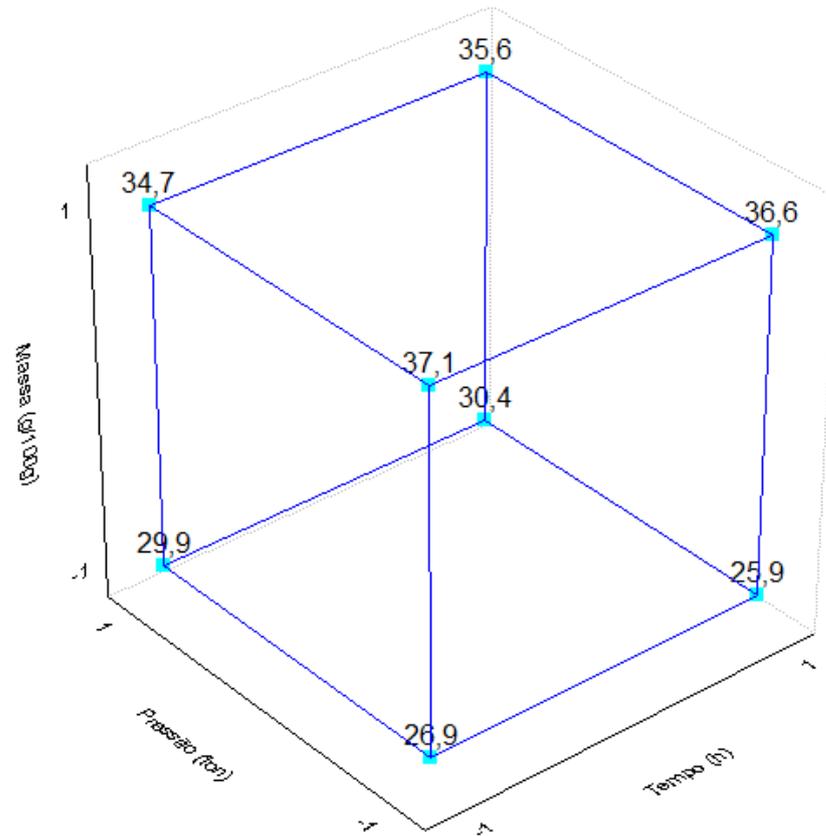


Fonte: Autores (2014)

A Figura 16 mostra que no nível inferior de massa de amostra utilizada, o efeito do aumento da pressão foi no sentido de aumentar a quantidade relativa de óleo extraído; já no nível superior de massa amostra, o efeito do aumento da pressão foi no sentido de diminuir a quantidade relativa de óleo extraído. Quando a massa de amostra foi menor (20 g), o efeito da pressão auxiliou no escoamento do óleo devido à menor espessura da torta; quando a massa de amostra foi maior (40 g), foi formada uma maior espessura de torta, o que aumentou a resistência à transferência de massa, anulando o efeito da pressão.

Na Figura 17 pode-se observar a interpretação geométrica dos efeitos do planejamento 2^3 na forma de um cubo de respostas; os ensaios da matriz de planejamento correspondem aos vértices do cubo.

Figura 17 - Cubo de resposta, referente a matriz do planejamento experimental fatorial 2^3 , para processo de extração por prensagem do óleo das amêndoas do *B. quaraimana*



Fonte: Autores (2014)

Ao observar o cubo de respostas pode-se visualizar que a melhor resposta corresponde aos níveis (-1, -1, +1), para as variáveis tempo, pressão e massa de amostra, respectivamente, ou seja, a melhor extração foi observada quando se empregou um menor tempo (1 h), uma menor pressão (4 ton) e uma maior massa (40 g). Esta melhor condição de trabalho pode ser considerada vantajosa, uma vez que um menor tempo de extração com maior rendimento torna o processo mais econômico.

4.4 Análise dos produtos resultantes do processo de extração por prensagem do óleo da amêndoa do *B. quaraimana* na melhor condição

4.4.1 Quantidade e rendimento de óleo

Com a utilização das equações 9 e 10 foi possível calcular a quantidade e o rendimento do óleo extraído na melhor condição de prensagem. Os resultados podem ser observados na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados obtidos para quantidade e rendimento de óleo na melhor condição de prensagem

Parâmetros (%)	Óleo da amêndoa do <i>B. quaraimana</i>
Quantidade de óleo bruto	36,1±0,2
Rendimento de óleo bruto	79,3±0,1

Fonte: Autores (2014)

Visto que a amêndoa possui 45,5% de óleo em sua totalidade, ao analisar a Tabela 15 pode-se observar que a quantidade de óleo extraída na melhor condição de prensagem foi de 36,1%, comparando estes valores pode-se dizer que a extração pode ser considerada eficiente, pois sabe-se que a prensagem é um método que, por não utilizar solvente ou algum tipo de gás, tem como resultado um produto com suas propriedades naturais preservadas, porém, sua eficiência na retirada de óleo é menor, quando comparado com a extração por solvente, e considerando estas perdas a quantidade de óleo extraída é aceitável. Lima (2012) obteve para óleo da amêndoa de baru uma quantidade de óleo extraída de 31,1%, em sua melhor condição de prensagem. A amêndoa do baru possui 37,2% de óleo, com esta quantidade de óleo extraído o autor considerou sua extração eficiente. Assim, a extração do óleo da amêndoa do *B. quaraimana* pode ser considerada eficiente.

O mesmo autor observou uma quantidade de óleo bruto extraído para o amendoim, também na melhor condição de prensagem, de 39,5%. O amendoim utilizado neste estudo possui em sua totalidade 46,1% de óleo, e a extração foi considerada eficiente pelo autor.

Com relação ao rendimento de óleo (79,3%), este valor mostrou-se superior ao obtido por Lima et al. (2004) para a amêndoa do caju (45,7%) e próximo aos obtidos por Lima (2012) para a amêndoa do baru (83,6%) e para o amendoim (85,7%).

4.4.2 Caracterização química da torta resultante da prensagem

Por ser uma espécie ainda pouco conhecida e sem uma cadeia produtiva estabelecida no Brasil, são escassas as informações sobre a torta resultante da prensagem das amêndoas do butiá. A caracterização desse co-produto é de extrema importância na avaliação da viabilidade

dessas novas oleaginosas, uma vez que a composição dessa torta pode ser decisiva na definição de seus usos potenciais. Os resultados obtidos para a caracterização química da torta estão ilustrados na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados da caracterização química da torta de amêndoas de *B. quaraimana* resultante da melhor condição de prensagem

Parâmetros avaliados (%)	Torta resultante da operação de prensagem
Umidade	5,8±0,8
Cinzas	3,8±0,1
Proteínas	24,4±0,6
Carboidratos	23,5±0,0
Lipídios	8,8±0,3
Fibras	33,6±0,3

Fonte: Autores (2014)

Nota-se através da Tabela 16 que a operação de prensagem das amêndoas elevou os conteúdos de proteína, cinzas, fibras e carboidratos na torta, e reduziram-se os níveis de umidade e lipídios em relação à amêndoa in natura (Tabela 11). O teor de proteína bruta aumentou de 3,6% para 24,4% (um acréscimo de 20,8%) e da mesma forma houve um aumento de 2,4% no teor de cinzas e de 11,2% no teor de fibras, para carboidratos houve um aumento de cerca de 6%. Por outro lado houve uma redução de 36,7% no teor de lipídios e de 5,1% no teor de umidade. Estes resultados são esperados, pois uma vez que se diminuem alguns parâmetros (umidade e lipídios) outros por consequência tendem a aumentar.

Um comportamento semelhante nos teores destas determinações também foi constatado por Lima et al. (2004) quando estudaram a obtenção e caracterização dos principais produtos de caju como também por Kross (2008) em seu estudo a respeito processamento de amêndoas de castanha de caju.

De acordo com Singh e Bargale (2000), a torta pode conter em média 8 a 14% em peso de óleo, demonstrando que a torta da amêndoa em estudo retém um teor de óleo dentro dos padrões estabelecidos na literatura.

Os valores obtidos sugerem que esta torta possui potencial para ser reaproveitada, uma vez que sua extração não requer o uso de produtos químicos, portanto, por possuir um elevado teor de proteínas (24,4%), fibras (33,6%) e carboidratos (23,5%); este co-produto pode vir a ser aplicado

na fabricação de ração humana, barras de cereais, ração animal ou até mesmo como adubo orgânico, reduzindo assim as perdas no processo.

4.4.3 Caracterização do óleo obtido das amêndoas do *B. quaraimana*

A caracterização foi realizada no óleo obtido na melhor condição de prensagem. Os dados obtidos podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17 - Tabela parâmetros de identidade e qualidade do óleo das amêndoas de *B. quaraimana*

Parâmetros	<i>B. quaraimana</i>
Acidez (% de ácido oleico)	0,67±0,00
Acidez (mg KOH.g ⁻¹)	1,30±0,00
Índice de peróxido (meq.kg ⁻¹)	Ausente
Índice de saponificação (mg KOH.g ⁻¹)	136,59±3,54
Índice de iodo (gI ₂ .100g ⁻¹)	19,62±1,15
Índice de refração (20°C)	1,457±0,00

Fonte: Autores (2014)

Os dados da qualidade do óleo de amêndoas de butiá são escassos na literatura, no entanto pode-se estabelecer comparações com dados disponíveis para outras espécies de palmeiras e de óleos extraídos de outras variedades de amêndoas.

O teor de acidez e o índice de peróxidos são importantes parâmetros para determinar a qualidade de óleos e gorduras (FAO, 1981), uma vez que indicam a presença de rancidez hidrolítica e oxidativa, respectivamente (YUYAMA et al., 1998).

Com relação ao teor de acidez determinado para o óleo das amêndoas do *B. quaraimana* (1,30±0,0 mg KOH.g⁻¹), este apresenta-se dentro do limite da legislação observado para óleos brutos (0,6 – 4 mg KOH.g⁻¹) e se encontram a baixo do índice de acidez máximo para óleos prensados a frio e não refinados, cujo valor é 4 mg KOH.g⁻¹ (ANVISA, 2005).

Sganzerla (2010) obteve valores de acidez para o óleo de amêndoas de outras espécies de butiá, *B. odorata* e *B. eriosphata*, sendo 0,59% e 0,60% de ácido oléico, respectivamente, valores estes semelhantes ao obtido neste trabalho (0,67±0,0% de ácido oléico).

Esses resultados para a acidez demonstram que este óleo foi preservado em relação a deterioração hidrolítica durante a extração por prensagem e armazenamento do óleo e que,

provavelmente, a temperatura de refrigeração e as condições de armazenamento nas quais as amostras se encontravam não afetaram sobre maneira os ácidos graxos constituintes, sendo comprovada pela acidez dos óleos dentro dos padrões de conformidade.

O valor ausente do índice de peróxido apresentado pela amostra indica o bom estado de conservação da mesma, a legislação estabelece um valor máximo de 15 meq.kg^{-1} , portanto as amostras analisadas encontram-se enquadradas neste valor. A ausência de peróxido sugere que o óleo não passou por processos de oxidação, evidenciado pela baixa acidez (maior acidez, maior peróxido), pois um índice de acidez elevado colabora com as reações de oxidação. Este valor próximo a zero para o índice peróxido também foi observado por Sganzerla (2006), em seu estudo à respeito da caracterização química da amêndoa e avaliação do óleo extraído de frutos de butiá (*B. capitata*). A autora observou que devido ao baixo valor de acidez (0,11%) e baixo índice de peróxido encontrado em seu estudo, que o óleo avaliado não apresenta ácidos graxos livres oriundos de processos hidrolíticos, e que apresenta grande estabilidade em relação aos processos oxidativos.

Sganzerla (2010) relatou em seus estudos com óleo de butiá valores superiores de índice de saponificação, em relação aos obtidos para o óleo em estudo, onde a autora relata $243,42 \text{ mg KOH.g}^{-1}$ para *B. odorata* e $245,83 \text{ mg KOH.g}^{-1}$ para *B. eriosphata*. O índice de saponificação é inversamente proporcional ao tamanho da cadeia de ácidos graxos, ou seja, quanto maior for este índice menor será o tamanho da cadeia, o óleo da amêndoa do *B. quaraimana* é rico em ácidos graxos saturados de cadeia média, tendo um índice de saponificação elevado. Estes valores foram menores que os encontrados por Sganzerla (2010), visto que o óleo avaliado pela mesma possui menores teores de ácidos graxos saturados de cadeia média (Tabela 9). A diferença deste índice se dá também pela diferença das espécies estudadas.

O índice de iodo obtido para este óleo foi de $19,62 \text{ gI}_2.100^{-1}$, este índice indica o grau de insaturação do óleo, considerando que o iodo reage com as duplas ligações verifica-se que quanto maior o grau de insaturação, maior será o índice de iodo, desta forma, o valor baixo encontrado para o índice de iodo indica que o óleo em estudo possui pouca proporção de ácidos graxos insaturados na sua composição. Sganzerla (2006) teve a mesma constatação obtendo um índice de iodo igual a $22,6 \text{ gI}_2.100\text{g}^{-1}$ para a amêndoa do *B. capitata*.

Pode-se destacar ainda, o estudo realizado por Amaral (2007) a respeito das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba, onde o autor obteve um índice de iodo igual a $28,68 \text{ gI}_2.100\text{g}^{-1}$, valor este ligeiramente superior ao obtido para o óleo da amêndoa do butiá deste estudo. Esta superioridade pode ocorrer devido ao fato do

óleo da amêndoa de macaúba possuir mais ácidos graxos insaturados (28,8%) que o óleo da amêndoa do *B. quaraimana* (19,14%), pois quanto maior for a capacidade de reação com o iodo, maior será o grau de instauração.

Oliveira et al. (2013) obteve para o índice de refração do óleo bruto da amêndoa de babaçu um valor de 1,4557, valor este bem próximo ao encontrado neste trabalho para o óleo da amêndoa do *B. quaraimana* (1,457). Este índice encontra-se também próximos aos obtidos por Sganzerla (2010) (Tabela 3) para outras espécies de butiá e semelhante à maioria dos óleos vegetais comestíveis, que variam de 1,448-1,477 (ANVISA, 2005). Este índice também está relacionado ao grau de insaturação dos óleos, seu baixo valor confirma o baixo grau de insaturação que este óleo em estudo possui.

Acerca dos ácidos graxos, estes constituem as unidades básicas dos lipídeos e sua determinação é fundamental para o conhecimento da qualidade dos óleos, para a verificação do efeito de processamentos, adequação nutricional do lipídio ou do alimento que o contém (FORMO, 1979).

Os resultados obtidos para o perfil dos ácidos graxos do óleo da amêndoa do *B. quaraiamana* podem ser observados na Tabela 18.

Tabela 18 - Composição em ácidos graxos (%) do óleo das amêndoas de butiá da espécie *B. quaraimana*

Ácidos Graxos	<i>B. quaraimana</i> (%)
Capróico (C6:0)	0,82
Caprílico (C8:0)	9,45
Cáprico (C10:0)	10,06
Láurico (C12:0)	42,50
Mirístico (C14:0)	9,40
Palmítico (C16:0)	5,58
Esteárico (C18:0)	2,99
Oléico (C18:1)	14,75
Linoléico (C18:2)	4,23
Araquídico (C20:0)	0,06
Saturados	80,86
Insaturados	19,14

Fonte: Autores (2014)

Conforme resultados apresentados na Tabela 18 pode-se observar claramente com relação aos ácidos graxos saturados a predominância do ácido láurico (42,50%), valor próximo ao encontrado por Santos (2008) para o óleo de babaçu (41%) e por Faria et al. (2008) em óleo de butiá da espécie *B. capitata* (42,1%). Sganzerla (2010), obteve para os óleos das amêndoas de *B. dorata* e *B. eriosphata* valores para o ácido láurico inferiores aos encontrados para o óleo em estudo, 33,05% e 33,89%, respectivamente.

Dentre os ácidos graxos insaturados presentes neste óleo pode-se destacar o ácido oléico (14,75%), este possui extrema importância uma vez que participa do nosso metabolismo, desempenhando um papel fundamental na síntese de hormônios (MENDES et al., 2012).

Considerando os resultados obtidos neste estudo, quanto a composição total de ácidos graxos saturados no óleo da amêndoa do *B. quaraimana* (80,86%), observa-se similaridade aos valores obtidos por Sganzerla (2010) (80,71% para a espécie *B. odorata* e 86,67% para a espécie *B. eriosphata*) e superioridade em relação ao encontrado por Faria et al. (2008) em óleo da amêndoa da espécie de *B. capitata*, 78,9%. Já os ácidos graxos insaturados encontram-se em quantidade inferior, 19,14%.

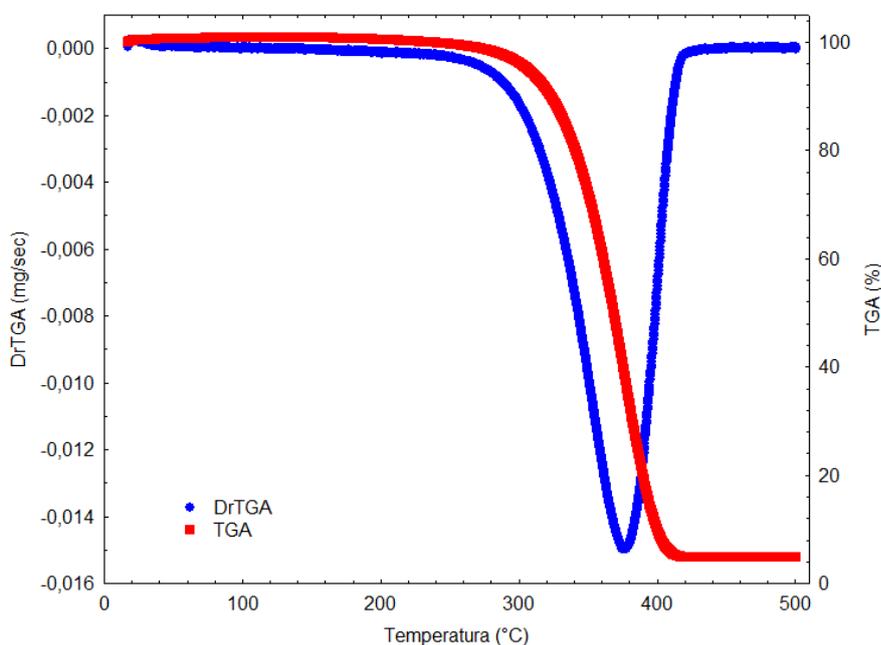
A predominância em ácidos graxos saturados não é um fator preocupante, uma vez que o óleo da amêndoa de butiá avaliado neste estudo confirmou ser fonte natural de triglicerídeos de cadeia média (MCT), ácido láurico (C12:0), e devido a esta característica, mesmo sendo altamente saturado, faz com que este óleo seja líquido a temperatura ambiente.

Os ácidos graxos de cadeia média, como já citado neste trabalho, têm sido relacionados a benefícios para a saúde humana, sendo usados principalmente como suplemento nutricional em pacientes que sofrem de má absorção causada por problemas intestinais, e também como ingredientes em fórmulas para alimentação infantil (NANDI et al., 2005). De acordo com Marten et al. (2006), os MCTs são responsáveis por efeitos benéficos sobre o controle de peso e da glicose sanguínea, bem como no metabolismo lipídico, e ainda são responsáveis pela atividade antimicrobiana do leite humano e bovino, inativando tanto bactérias Gram positivas quanto Gram negativas (ISAACS et al., 1995).

Ainda pode-se destacar que o perfil de ácidos graxos do óleo em estudo pode ser comparado ao óleo de coco, segundo Rodrigues (2012), o óleo de coco é fonte de ácidos graxos saturados de cadeia média (MCT), onde há a predominância do ácido láurico (44-47%). Este óleo já vem sendo utilizado no preparo de refeições, devido ao fato do ácido láurico ser muito estável em altas temperaturas e também como suplemento devido aos benefícios à saúde que os MCT's vêm sendo relacionados, e assim como o óleo do *B. quaraimana* é extraído através da prensagem a frio, conservando suas características e obtendo um óleo mais puro. Rodrigues (2012) evidencia que os MCT's são rapidamente absorvidos no intestino, mesmo sem sofrer ação da enzima lipase pancreática.

Com relação a análise termogravimétricas, as curvas TGA/DrTGA, representadas na Figura 18, indicam o comportamento térmico da amostra do óleo da amêndoa do *B. quaraimana*.

Figura 18 - Curvas TGA/DrTGA em atmosfera de nitrogênio do óleo das amêndoas do *B. quaraimana*



Fonte: Autores (2014)

Na curva TGA, Figura 18, pode-se observar que o óleo da amêndoa do *B. quaraimana* apresentou uma tendência de perda de massa inicial a partir de aproximadamente 300°C, e sua decomposição térmica, ocorreu em uma única etapa, finalizando-se entre 380°C a 405°C. Através da curva DrTGA podemos visualizar a máxima degradação do óleo, onde a mesma ocorreu na temperatura de 380°C.

Santos (2008) obteve para o óleo de babaçu uma temperatura inicial de decomposição de 209,3°C, indicando este óleo como tendo uma boa estabilidade térmica, característica essa que pode ser atribuída para o óleo em estudo, pois este apresenta uma temperatura inicial de degradação superior a observada pelo autor.

Ainda pode-se destacar os dados obtidos por Faria et al. (2002), que obteve para os óleos de guariroba e babaçu 282°C e 180°C, respectivamente, reforçando que o óleo em estudo neste trabalho apresenta uma boa estabilidade térmica.

Segundo Reda e Carneiro (2007) a estabilidade térmica dos óleos depende de sua estrutura química, os óleos com ácidos graxos saturados são mais estáveis do que os insaturados. Devido a isto, esta estabilidade pode se dar também, pelo fato deste óleo possuir em sua fração majoritária de ácidos graxos saturados de cadeia média. Lima et al. (2004) confirmaram a boa estabilidade do óleo da amêndoa de castanha de caju devido à predominância de ácidos graxos saturados.

Vale ressaltar que o ponto de fusão dos ácidos graxos aumenta com o aumento da cadeia, mas também diminui com o aumento do número de insaturações, fazendo então com que este óleo possua uma estabilidade maior devido ao fato de possuir poucas insaturações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As amêndoas de butiá da espécie *B. quaraimana* apresentaram um alto teor de lipídios, 45,5% em base úmida ou 51,1% em base seca, demonstrando que há um grande potencial para a obtenção de óleo, o qual pode ser utilizado para diversas finalidades.

Com relação à caracterização física da amêndoa moída, obteve-se para o diâmetro médio de Sauter 1,266 mm. O processo de moagem reduziu o tamanho das amêndoas como era esperado, favorecendo a extração de óleo.

A porosidade do leito de partículas apresentou-se alta (cerca de 70%), o que também favorece a extração do óleo por meios físico-mecânicos, tais como a prensagem.

Através do planejamento experimental foi possível realizar uma análise de variância, com esta verificou-se que dentre as variáveis estudadas a massa de amêndoa mostrou-se significativa sobre a variável resposta, pois quanto maior a massa maior foi a quantidade de óleo bruto extraído. Analisando o efeito das interações, pôde-se observar que apenas a interação entre as variáveis massa de amostra e pressão de trabalho influenciou significativamente na resposta.

Através deste planejamento, foi possível verificar também que a melhor condição de trabalho encontrou-se quando foi aplicado um menor tempo (1 h), uma menor pressão (4 ton) e uma maior massa de amêndoa (40 g). Esta melhor condição de trabalho pode ser considerada vantajosa, uma vez que um menor tempo de extração, com um maior rendimento torna o processo mais econômico.

Com relação a quantidade de óleo bruto extraído e rendimento, obtidos na melhor condição de prensagem, cujos valores foram de 36,1% e 79,3%, respectivamente, pode-se observar através de comparações com a literatura que a extração mostrou-se eficiente, com relação a outras variedades de amêndoas.

O óleo obtido a partir da prensagem das amêndoas do *B. quaraimana* apresentou-se de boa qualidade, observado através das análises da qualidade do óleo, como índice de acidez e índice de peróxido, os quais obteve-se 1,30 mgKOH.g⁻¹ e ausente, respectivamente, indicando o bom estado de conservação do óleo. Os valores encontrados para as análises de índice de saponificação, iodo e refração, indicaram o baixo grau de insaturação que este óleo possui, sendo rico em ácidos graxos saturados de cadeia média.

Com a análise do perfil de ácidos graxos foi possível observar quais ácidos graxos encontram-se em maiores quantidades no óleo da amêndoa do butiá em estudo, com esta observou-se a predominância do ácido graxo saturado de cadeia média, ácido láurico (42,5%) e dentre os ácidos graxos insaturados, o ácido oléico (14,7%).

A predominância dos ácidos graxos de cadeia média neste óleo é de grande valia, uma vez que estes ácidos graxos vem sendo relacionados a diversos benefícios para a saúde humana, sendo usados principalmente como suplemento nutricional em pacientes que sofrem de má absorção causada por problemas intestinais, e também como ingredientes em fórmulas para alimentação infantil.

A avaliação da estabilidade térmica do óleo através da análise termogravimétrica demonstrou que o óleo em questão apresenta boa estabilidade térmica, onde obteve-se uma temperatura inicial de decomposição a partir de 380°C, finalizando em 405°C. Esta estabilidade está relacionada a predominância de ácidos graxos saturados no óleo, pelo fato destes possuírem uma estabilidade térmica maior que os insaturados.

Através da realização deste trabalho foi possível constatar que o aproveitamento de resíduos agroindustriais, como a amêndoa do butiá, para a obtenção do óleo é uma boa alternativa para agregação de valor desses resíduos já que o óleo obtido apresentou valores dentro dos padrões de qualidade quando comparado com a literatura consultada.

O alto conteúdo de ácido láurico na óleo da amêndoa do butiá em estudo pode ser de interesse para o desenvolvimento de alimentos com este óleo, visto que este ácido graxo vem sendo relacionado a diversos benefícios a saúde.

6 PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Realização de estudos a respeito da influência do tempo de armazenamento das amêndoas em relação à qualidade do óleo.

Abranger um estudo mais amplo das condições de prensagem, visando a obtenção de rendimentos maiores para a extração do óleo.

Tendo em vista que o óleo estudado apresenta um elevado conteúdo de ácidos graxos saturados de cadeia média (ácido láurico), que estão sendo relacionados a diversos benefícios para a saúde, como foram descritos no decorrer deste trabalho, propõe-se um estudo a respeito das aplicações deste óleo no ramo alimentício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOISSA- Óleos Vegetais. Disponível em:
<<http://www.aboissa.com.br/equipamentos/categoria/2/prensa/seminovos.html>>. Acessado em fevereiro de 2014.

AMARAL, F. P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart]**. Dissertação (Mestrado em agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, campus de Botucatu, Botucatu, SP, 2007.

ANVISA. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**.

ALBERO, J. L. A. A Operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial parte I: O preenchimento das cavidades do molde, **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 28, 2000.

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O.E.S. BARONE, J.S. **Química analítica quantitativa elementar**. São Paulo: Edgard Blucher, cap.8, p.191-270: Práticas de laboratório, 2001.

BELDA, M. C. R.; CAMPOS, M.A.P. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 11, n. 01, p. 5-35, 1991.

BLOCK, J. M.; ARELLANO, D. B. **Temas selectosen aceites y grasas**. Procesamiento, v. 1, São Paulo: Edgar Blucher, 2009.

BRENNAN, J. G. et al. **Food engineering operations**. Linton Road, England: Elsevier Applied Science, 1990.

BÜTTOW, M. et al. Conhecimento tradicional associado ao uso de Butiás (*Butia* spp., *Arecaceae*) no sul do Brasil, **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 31, n. 4, p. 1069-1075, 2009.

CAETANO, M. O desafio do biodiesel. **Globo Rural**, n. 253, p. 40-49, 2006.

CARVALHO, C. O. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* L.f. (ARECACEAE - buriti) para o uso sustentável na reserva de desenvolvimento tupé:**

rendimento e atividade antimicrobiana. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais) Universidade do Estado do Amazonas, 2011.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2ª ed., Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

CLEMENT, C. R. et al. Conservação on farm. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 860 p., 2007.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos.** São Paulo: Blucher, 2012.

DANTAS, A. C. M. **Butia sp.** Monografia (Curso de pós-graduação em Agronomia na área de concentração fruticultura de clima temperado). UFPEL, Pelotas, 1997.

DEBLE, L. P. et al. *Butia quaraimana (Arecaceae)*, uma nova espécie para o Rio Grande do Sul (Brasil). **Balduinia**, n. 33, p. 09-20, 2012.

FAO - **Food and Agriculture Organization.** Amino acid content foods. Roma. (Nutritional Studies no 24). 287 p., 1981.

FARIA, A. E. et al. Estudo da estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais por TG/DTG e DTA. **Eclética Química**, v. 27, 2002.

FARIA, J. P. Caracterização química da amêndoa de coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*), **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 549-552, 2008.

FONSECA, L. X. **Caracterização de frutos de butiazeiro (*Butia odorata* Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi e estabilidade de seus compostos bioativos na elaboração e armazenamento de geleias.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

FORMO, M. V. et al. **Bailey' s industrial oil and fatt products.** 4 ed. New York: J. Wiley & Sons, p. 839, 1979.

FREIRE, R. M. M., SANTOS, R. C., BELTRÃO, N. E. Qualidade nutricional e industrial de algumas oleaginosas herbáceas cultivadas no Brasil. **Óleos & Grãos**, v. 5, n. 28, p. 49-53, 1996.

GONÇALVES, C. et al. Liquid–Liquid Equilibrium Data for the System Corn Oil + Oleic Acid + Ethanol + Water at 298.15 K. **Journal of chemical engineering**, v.47, n.3, p.416-420, 2002.

Glicerídeos: óleos e gordura. Disponível em:

<<http://dc217.4shared.com/doc/tgnzXlql/preview.html>>. Acessado em janeiro de 2014

GUSCHINA, I. A., HARWOOD, J. L. Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. **Progressin Lipid Research**, 2006.

HARTMAN, L., LAGO, B.C. A rapid preparation of fatty methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475–477, 1973.

HENDERSON, A. et al. **A field guide to the palms of the Americas**. Princenton: Princeton University Press, p.363, 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos-físicos para análises de alimentos**. São Paulo. 4º. ed. São Paulo Instituto Adolfo Lutz, 1020 p., 2008.

ISAACS, C. E.; LITOV, R. E.; THORMAR, H. Antimicrobial activity of lipids added to human milk, infant formula, and bovine milk. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 6, p. 362-366, 1995.

KINUPP, V.F. Frutas e hortaliças silvestres, um grande potencial inexplorado. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Genéticos de Frutas e Hortaliças**, Resumos e Palestras, Pelotas, p.139-143, 2005.

Kross, R. K. **Processamento de amêndoas de castanha de caju: secagem, extração e estabilidade do azeite**. Tese (Programa de doutorado em engenharia de processos) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 114 p., 2008.

LIMA, E. S. et al. Diversidade, estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado *sensu stricto* no Brasil Central – DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3. p. 298-305. 2003.

LIMA, C. A. et al. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim CEPPA**, v.22, n.1, p.133-144, 2004.

LIMA, J. C. R. **Efeitos dos parâmetros da extração e avaliação a qualidade física e química dos óleos de baru e amendoim.** Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2012.

LIMA, J. R. O.; SILVA, R. B. S. et al. Biodiesel de Babaçu (*Orbignya sp.*) obtido por via etanólica. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**, 3º edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2004. 375 p.

MARCHIORI, J. N. C.; ELESBÃO, L.E. G.; ALVAREZ FILHO, A. O palmar de Coatepe. **Ciência & Ambiente**, n. 11, p. 93-104, 1995.

MARTEN, B.; et al. Medium-chain triglyceride (review). **International Dairy Journal**, v. 16, p.374–1382, 2006.

MATOS, J. R.; FELSNER, M. L. Análise da estabilidade térmica e temperatura de oxidação de óleos comestíveis comerciais por termogravimetria. **Associação Brasileira de Química**, v. 47, p.308-318, 1998.

MENDES, B. D. et al. Teor de ácido oleico nos óleos de girassol, milho e soja. **Revista de Trabalhos Acadêmicos**, v.3, n. 6, p. 1-2, 2012.

MENEZES, M. L.; PEREIRA, N. C. Estudo da extração do óleo de semente de uva da variedade bordô por prensagem. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 1, p. 18-25. 2013.

MENTZ, L.A.; LUTZEMBERGER, L.C.; SCHENKEL, E.P. Da flora medicinal do Rio Grande do Sul: Notas sobre a obra de D'Ávila (1910). **Caderno de Farmácia**, v. 13, n. 1, p. 25-48, 1997.

MERÇON, F. Conceitos Científicos em Destaque, O que é uma Gordura Trans? **Química nova na escola**, v. 32, n. 2, p. 83, 2010.

MOURA, M. J.; FIGUEIREDO, M. M. “Aplicação das Técnicas de Picnometria de Gás e de Porosimetria de Mercúrio à Caracterização da Madeira de *E. globulus*”, **Silva Lusitana. EFN**, Lisboa. Portugal, v. 10, n. 2, p. 207-216, 2002.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998.

NANDI, S.; GANGOPADHYAY, S.; GHOSH, S. Production of medium chain glycerides from coconut and palm kernel fatty acid distillates by lipase catalyzed reaction. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 36, p. 725–728, 2005.

NUNES, A. M. et al. Caracterização molecular de butiazeiro por marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p.702 - 707, 2008.

OLIVEIRA, L.R., NEVES, J. R., SILVA, M. J. M. S. Avaliação da qualidade físico-química do óleo bruto da amêndoa de babaçu (*Orbignya spp*). **Comunicata Scientiae**, v. 4, p. 161-167, 2013

ONG, A.S; GOH, S.H. Palm oil, “A Healthful Cost-Effective Dietary Component”. **Food and Nutrition Bulletin**, v.23, n.1, p. 11-22, 2002.

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

PERRY, R. H.; CHILTON, C. H. **Manual de engenharia química**, 5ª edição, 1980.

PIGOTT, G. M.; TUCKER, B.W. Science opens new horizons for marine lipids in human nutrition. **Food Reviews International**, v. 3, p. 105-138, 1987.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z.A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual Química**, 15 p., 2013.

REDA, Y. S.; CARNEIRO, B. I. P. Óleos e Gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, nº 27, 2007.

RIBEIRO, V. S. et al. Propriedades físicas de produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.1-6, 2002.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2ª edição, São Paulo: Edgard Blucher, 184 p., 2007.

RITTNER, H. **Óleo de mamona e derivados**. São Paulo, 559 p., 1996.

RODRIGUES, A. Óleo de Coco – Milagre para Emagrecer ou Mais um Modismo? **Revista Abeso**, 2012.

ROSSATO, M. et al. Caracterização molecular de populações de palmeiras do gênero *Butia* do Rio Grande do Sul através de marcadores ISSR. **Magistra**, v. 19, n. 4, p. 311-318, 2007.

ROSSETO, V. et al. Manejo Sustentável e Participativo de Butiazeiros no Município de Quaraí, RS - Ano III. In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão- IV SIEPE, 2012, Bagé. **Anais do IV SIEPE**, 2012.

ROSSETO, V. et al. A relação entre o butiazal e a comunidade rural no município de Quaraí/RS, Brasil. In: XI Congresso Iberoamericano de Extensión Universitaria, 2011, Santa Fé. **Anais do XI Congresso Iberoamericano de Extensión Universitaria**, 2011.

SANTOS, J. R. J. **Biodiesel de babaçu: avaliação térmica, oxidativa e misturas binárias**. Tese de doutorado (Centro de ciências exatas e da natureza da Universidade Federal da Paraíba). João Pessoa, PB, 2008.

SCHWARTZ, E. et al. Avaliação de Populações de *Butia capitata* de Santa Vitória do Palmar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 736-745, 2010.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMANN, T. A. **Principles of instrumental analysis**. 5^a ed. New York: Saunders, 1998.

SGANZERLA, M. **Caracterização físico-química e capacidade antioxidante do butiá**. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 107 p., 2010.

SGANZERLA, M. et al. Caracterização química da amêndoa e avaliação do óleo extraído de frutos de butiá (*Butia capitata*). **XV Congresso de iniciação científica (CIC)**, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. p. 2-3, 2006.

SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil & fat products**. 6^a ed., v. 6, 3616 p., 2005.

SILVA, E. C.; PAOLA, M. V. R. V.; MATOS, J. R. Análise térmica aplicada à cosmetologia. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n.3, 2007.

SINGH, M. S. et al. Development of mathematical models to predict sunflower oil expression. **Transactions of the ASAE**, v.27, p.1190-1194, 1984.

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

SINGH, K. K., et al. Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.79, p.165–170, 2002.

SOARES, K.; WITECK NETO, L. Ocorrência de *Butia capitata* e outras espécies do gênero *Butia* na região central do Rio Grande do Sul. In: GEYMONAT, G.; ROCHA, N. (Eds.). **Butia: Ecossistema único em el mundo**. Castillos, Rocha, Uruguay: Casa Ambiental, p. 37-41, 2009.

SOARES, K. P.; LONGHI, S. J. Uma nova espécie de *Butia* (becc.) becc. (arecaceae) para o Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 203-208, 2011.

SUAREZ, P. A. Z. I. et al. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p.667-676, 2007.

SUNDRAM, K. Modulation of Human Lipids and Lipoproteins by Dietary Palm Oil and Palm Olein: A Review, **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.6, n.1, p. 12-16, 1997.

TANDY, D. C. Oilseed extraction. In: WAN, P. J. **Introduction to fats and oils technology**. Champaign, Illinois: American Oil Chemists' Society, 1991.

WARD, J. A. Processing high oil content seeds in continuous screw presses. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 53, p. 26 –264, 1976.

YUYAMA, L. K. O. et al. Biodisponibilidade dos carotenóides do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em ratos. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1998.

WALKYRIA, A. B. et al. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2. ed. São Paulo: **D. D. E. Rebocho**, 376 p., 1976.

WEBB, P.A., ORR, C. **Analytical Methods in Fine Particle**. Technology Micrometrics Instrument Corporation, USA, p. 301, 1990.

WEISS, E. A. Oilseed crops. Cap. 11–**Oilseed processing and products**, p. 528–596 ,1^a ed., London: Longman, 1983.

WENDLANDT, W.W. **Thermal analysis** 3^a ed. New York: John Wiley & Sons, 1986

WENNERSTEN, R. Extraction of organic compounds. Chap 9. In: YDBERG, J.; MUSIKAS, C.; CHOPPIN, G. R. **Principles and practices of solvent extraction**. New York: Marcel Dekker, p. 115-356, 1992.

WILLIAMS; S. R. **Gorduras. Fundamentos de Nutrição e Dietoterapia**. 6^a ed. Porto Alegre: Artmed Editora, p. 63-75, 1997.

ZAMBIAZI, R. C. **Apostila de tecnologia de óleos e gorduras**. Universidade Federal de Pelotas, 2006.

APÊNDICE

Apêndice I – Cromatograma referente ao óleo da amêndoa do *B. quaraimana*