



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**CECILIA SOARES VILHENA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ÓLEO DE BURITI POR DIFERENTES  
MÉTODOS DE EXTRAÇÃO.**

**BELÉM - PARÁ**  
**2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**CECILIA SOARES VILHENA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ÓLEO DE BURITI POR DIFERENTES  
METODOS DE EXTRAÇÃO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**ORIENTADOR:**

Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva (PPCGTA/UFPA)

Profa. Dra. Gabriela Alves Macedo (PPGCA/UNICAMP)

**BELÉM - PARÁ**

**2013**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva**  
(PPGCTA/UFPA – Orientadora)

---

**Profa. Dra. Gabriela Alves Macedo**  
(PPGC/FEA/UNICAMP – Co-orientadora)

---

**Profa. Dra. Juliana Alves Macedo**  
(PPGC/FEA/UNICAMP – Membro)

---

**Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues**  
(FEA / UFPA – Membro)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar meu caminho e me ajudar nas melhores escolhas profissionais, além de colocar em minha vida pessoas especiais sem as quais não poderia ter chegado aqui.

Aos meus familiares, em especial minha avó D. Maria, minha mãe Lina, e meus irmãos Débora e Felipe que representam minha maior riqueza e de onde tenho amor verdadeiro e incondicional. Ao meu noivo, Hugo Sérgio, pela ajuda nessa reta final, decisiva para a defesa.

Aos meus tios e primos que sempre me apoiaram e se alegraram a cada conquista nestes anos de estudo.

Aos meus grandes amigos de laboratório que devo muito mais do que belas palavras e que sem os quais não teria conseguido chegar tão longe, pessoas divertidas, prestativas e realmente leais como Carolina, Caroline, Danilo, Débora, Rebeca, Márlia, Danielle, Rafael Vitti, Fabiola e todos outros colegas que passaram pelo laboratório.

Agradeço em especial a minha orientadora Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva, pela confiança, paciência, amizade e por tudo mais que conquistei neste mestrado, ensinamentos para profissão e ensinamentos para a vida.

Ao Prof. Dr. Antonio Rodrigues, por toda ajuda no dia a dia do laboratório para que essas análises pudessem ser realizadas sempre da melhor forma possível.

As professoras Gabriela Macedo e Juliana Macedo, pela orientação durante minha temporada na Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP e pelas correções na banca examinadora.

Ao técnico de laboratório Ricardo, que me ajudou muito na análise final de fibras no laboratório de alimentos da UFRA.

Aos meus colegas de Campinas Livia, Camilo, Fabiola, José, Ruann, Fabiano, Marcela, Joelise, Viviane, Danielle e Paula que me receberam de braços abertos, tanto no laboratório como em suas vidas, hoje deixam grande saudade.

Agradecimento a Capes – CNPq pela concessão de bolsa

## AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ÓLEO DE BURITI POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO.

Cecilia Soares Vilhena

### RESUMO

O buriti (*mauritia flexuosa*) é o fruto originário do buritizeiro, uma palmeira de origem amazônica, com ampla distribuição na região. Atualmente as indústrias tem demonstrado maior interesse na produção do óleo de buriti, por este poder ser empregado como matéria prima cosmética. O óleo obtido do buriti apresenta um alto teor de ácidos graxos insaturados, semelhante ao azeite de oliva, contém também elevado teor de carotenoides, tocoferóis e fitoesteróis conferindo a ele maior estabilidade frente aos processos oxidativos pelo qual passam os óleos vegetais em geral. Para que tal aplicação seja viável é necessário empregar uma forma adequada para a extração do óleo, visando proteção e conservação de seus constituintes naturais além da obtenção de rendimento elevado no seu processo. Após a caracterização física e físico-química do fruto. Estudou-se três métodos de extração de óleo distintos (aquoso, enzimático e assistido por ultrassom). Além da caracterização do material após a extração. Como resultado foi observado um elevado teor médio de lipídios na amostra de 25,22% (b.s), um fruto com potencial fonte de óleo. A razão entre os diâmetros (D1 e D2) e a largura (L) classifica o fruto como arredondado, e não elíptico como comumente observado. O diâmetro médio foi de 5,14cm, a esfericidade de 99% o volume de 46,51 cm<sup>3</sup> e a área superficial de 82,55. Quanto aos métodos de extração, o uso de enzimas (celulase e pectinase) foram as mais eficientes em rendimento, cerca de 80% do valor obtido comparado ao controle, solvente orgânico. A extração aquosa obteve como valor máximo 50%. O aumento do peso da amostra e da diminuição da temperatura do meio de extração, não interferiu no rendimento do óleo obtido apresentando um rendimento de 58%. A extração aquosa apresentou como variável de maior efeito a diluição da amostra (2:1) e o tempo de centrifugação (45min). A extração aquosa enzimática apresentou a variável de maior efeito a concentração enzimática e o tempo de reação. Ambas com efeito positivo sobre o processo. Quanto ao uso de ultrassom como pré-tratamento, não houve variação quanto ao uso do mesmo na redução do valor de acidez do óleo, para os diferentes tempos. Em relação ao valor de peróxido houve redução significativa em relação às amostras sem ultrassom, porém o tempo de extração não variou para cada extração. Quanto ao perfil de ácidos graxos, não houve variação da amostra in natura, em relação às amostras obtidas pelo método enzimático e o método com ultrassom.

## ASSESSMENT OF THE PROCESS OF GETTING OIL BURITI BY DIFFERENT METHODS OF EXTRACTION.

Cecilia Soares Vilhena

### ABSTRACT

The buriti (*auritia flexuosa*) is the fruit of the originating buritizeiro, a palm tree from the amazon, with wide distribution in the region. Currently the industry has shown great interest in the production of buriti oil, by this power be used as cosmetic raw material. the oil obtained from buriti has a high content of unsaturated fatty acids similar to olive oil also contains high levels of carotenoids, tocopherols and phytosterols giving him greater stability in the face of oxidative processes through which pass the vegetable oils in general. To make this application feasible is necessary to employ a form suitable for oil extraction, seeking protection and conservation of their natural constituents beyond obtaining high yield in the process. After the physical and physicochemical fruit. we studied three methods of oil extraction distinct (aqueous, enzymatic and assisted by ultrasound). Besides the characterization of the material after extraction. as a result there was a high content of lipids in the sample average of 25.22% (db), a result with potential oil source. The ratio between the diameters ( $d_1$  and  $d_2$ ) and width ( $l$ ) classifies the fruit as round, elliptical and not as commonly observed. The average diameter was 5.14 cm, the sphericity of 99% the volume of 46.51 cm<sup>3</sup> and the surface area of 82.55. Regarding methods of extraction, the use of enzymes (cellulase and pectinase) were the most efficient in yield, about 80% of the value obtained compared to control, organic solvent. the aqueous extract maximum value obtained as 50%. The increase in weight of the sample and decreasing the temperature of the extraction medium, did not affect the yield of the obtained oil having a yield of 58%. The aqueous extract showed a greater effect of variable sample dilution (2:1) and centrifugation time (45min). The aqueous enzymatic extraction showed the greatest effect of varying the enzyme concentration and reaction time. Both positive effect on the process. Regarding the use of ultrasound as pretreatment, there was no change as to the use thereof in reducing the acid value of the oil, for different times. Regarding the amount of peroxide decreased significantly compared to samples without ultrasound, but the extraction time did not vary for each extraction. regarding the fatty acid profile, there was no change in nature of the sample, for samples obtained by the method and the enzymatic method with ultrasound.

**LISTA DE FIGURAS**

- Figura 01** – Fotos da palmeira do buriti localizada na Universidade Federal do Pará. (Fonte: Cecilia Vilhena) 15
- Figura 02** – Esquema de estimativa de produção de buriti por 1 hectare, adaptado. (SAMPAIO, 2011). 16
- Figura 03** – Foto da polpa amarela e casca vermelha presente nos frutos in natura do buriti (Fonte: Cecilia Vilhena) 17
- Figura 04** - Lotes separados mantidos in natura 25
- Figura 05** - Fruto e Palmeira de buriti. 26
- Figura 06** - Amostra triturada de buriti 27
- Figura 07** - Diagrama dos processamentos de extração do óleo de buriti utilizados neste estudo 29
- Figura 08** - Superfícies de resposta e curvas de contorno para rendimento (%) em função da diluição e do pH (a) e (b); do tempo de centrifugação e do pH (c) e (d); do tempo de centrifugação e da diluição(e) e (f). 46
- Figura 09** - Superfícies de resposta e curvas de contorno para a eficiência (%) em função do tempo de centrifugação e da diluição (a) e (b); do tempo de centrifugação e do pH (c) e (d);da diluição e do pH (e) e (f). 47
- Figura 10** - Superfícies de resposta e curvas de contorno para a eficiência (%) em função do tempo de reação e da concentração enzimática (a) e (b). 52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Composição centesimal da polpa do buriti (g/100g) estudado por vários autores.	18
Tabela 02 – Perfil de ácidos graxos do óleo de buriti	18
Tabela 03 – Teor de carotenoides na polpa, polpa e casca e no óleo de buriti.	20
Tabela 04 - Rendimentos da extração aquosa enzimática de óleos usando diferentes tipos de enzimas.	23
Tabela 05– Níveis das variáveis de entrada.	31
Tabela 06– Tabela de planejamento experimental de extração aquosa	31
Tabela 07 - Níveis das variáveis de entrada.	34
Tabela 08 – Tabela do planejamento experimental de extração enzimática para pectinase e celulase.	35
Tabela 09–Caracterização física dos frutos do buriti	39
Tabela 10 - Resultados das propriedades físicas dos frutos	40
Tabela 11 - Apresenta as porcentagens das partes do fruto do buriti (casca, polpa, caroço e fibra).	40
Tabela 12 – Composição centesimal da polpa e casca do fruto de buriti (g/100g).	41
Tabela 13 – Resultado em rendimento do planejamento experimental por extração aquosa do óleo de buriti (10g/1 hora)	43
Tabela 14 – Coeficientes de regressão do processo de extração aquosa térmica	44
Tabela 15: Análise de variância para o processo de extração com pré-tratamento enzimático	44
Tabela 16 - Resultado do planejamento experimental da extração aquosa do óleo de buriti (60g/2h)	47
Tabela 17 - Coeficientes de regressão para a resposta Y1 (%)	48
Tabela 18 - Análise de variância para a resposta Y1 (%)	48
Tabela 19 - Matriz com resultados expressos em porcentagem de óleo obtido em relação ao valor extraído com solvente	50
Tabela 20 - Coeficientes de regressão para a resposta Y1 (%)	51
Tabela 21 – Análise de variância (ANOVA) para a resposta Y1 (%)	52
Tabela 22 – Comparação entre os rendimentos da extração com ultrassom e sem ultrassom.	53
Tabela 23 – Comparação da eficiência dos processos de extração.	54



Tabela 24 – Valores de ácidos graxos livres no óleo extraído com e sem ultrassom.	56
Tabela 25 – Valores de peróxido no óleo extraído com e sem ultrassom.	57
Tabela 26 – Perfil de fibras nos resíduos de extração de óleo de buriti	58
Tabela 27 – Composição em Ácidos Graxos de três diferentes métodos de extração do óleo de buriti	60

**SUMÁRIO**

RESUMO.....	5
ABSTRACT .....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS .....	8
SUMÁRIO.....	10
1- INTRODUÇÃO .....	12
2 - OBJETIVOS .....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 - REVISÃO DA LITERATURA .....	16
3.1 – CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO DO BURITI .....	16
3.2 – COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO FRUTO .....	18
3.3 – MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS.....	21
<b>3.3.1 – Extração Mecânica .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 – Extração por solvente orgânico.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.3 – Extração Aquosa Assistida por Enzima .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.4 – Extração assistida por ultrassom .....</b>	<b>25</b>
4 - METODOLOGIA.....	26
4.1 – COLETA DA MATÉRIA PRIMA BRUTA .....	26
4.2 - CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO .....	26
4.3 – PREPARO DA AMOSTRA DE LABORATÓRIO .....	27
4.4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA.....	28
<b>4.4.1 – Umidade .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.2 – Proteínas .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.3 – Lipídios.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.4 – Cinzas .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.5 – Carboidratos .....</b>	<b>29</b>

	11
<b>4.4.6 – Fibras dietéticas</b> .....	29
4.5 - PROCESSOS DE EXTRAÇÃO .....	30
4.6 - EXTRAÇÃO COM SOLVENTE.....	30
4.7 - ESTUDO DE EXTRAÇÃO AQUOSA.....	31
<b>4.7.1 – Primeiro Ensaio Aquoso</b> .....	31
<b>4.7.2 – Segundo Ensaio Aquoso</b> .....	33
<b>4.7.3 – Cinética de extração aquosa</b> .....	33
<b>4.7.4 – Extratos enzimáticos</b> .....	34
<b>4.7.5 – Estudo do uso de enzimas na extração</b> .....	35
<b>4.7.6 – Estudo do uso de ultrassom na extração</b> .....	37
<b>4.7.7 – Caracterização em função dos processos aplicados.</b> .....	37
<b>4.7.8 – Análise Estatística dos Dados</b> .....	39
5 - RESULTADOS .....	40
5.1 – PROPRIEDADES FÍSICAS E FÍSICO - QUÍMICAS DO FRUTO DE BURITI ...	40
5.2 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA DA MATÉRIA PRIMA.....	42
5.3 – RESULTADOS DO PRIMEIRO ENSAIO AQUOSO.....	43
5.4 – RESULTADOS DO SEGUNDO ENSAIO AQUOSO .....	47
5.5 – RESULTADOS DO USO DE ULTRASSOM .....	53
5.6 – COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS.....	55
5.7 – CARACTERIZAÇÃO EM FUNÇÃO DOS PROCESSOS APLICADOS.....	57
<b>5.7.1 – Ácidos graxos livres</b> .....	57
<b>5.7.2 – Índice de peróxido</b> .....	58
<b>5.7.3 – Perfil de fibras insolúveis</b> .....	59
<b>5.7.4 – Perfil de ácidos graxos</b> .....	60
6 – CONCLUSÕES .....	63
7 – REFERENCIAS .....	65

## 1- INTRODUÇÃO

A flora amazônica é extremamente rica e diversificada em plantas oleaginosas sendo por isso, incomparável e única. Características de clima, solo, e pluviosidade são muito favoráveis à proliferação da família das palmáceas (MANHÃES, 2007). O açaí (*Euterpe oleraceae*), a ucuuba (*Virola surinamensis.*), o patauá (*Oenocarpusbataua*), o murumuru (*Astrocaryummurumurú*) e o buriti (*Mauritia flexuosa*), são oleaginosas de vasto uso pelas comunidades ribeirinhas podendo ser também boas fontes de matérias-primas de interesse industrial.

As árvores destas oleaginosas diferem muito entre si, seja em tamanho e forma, seja na qualidade do óleo que elas contêm. São fontes de inúmeros compostos bioativos, que apresentam além de outros benefícios, a potencial capacidade antioxidante, característica relacionada diretamente com a estabilidade e qualidade dos óleos vegetais em geral (ALBUQUERQUE *et al.* 2003).

O buriti (*mauritia flexuosa*) é o fruto originário do buritizeiro, uma palmeira de origem amazônica, com ampla distribuição na região. Pode chegar a medir cerca de 20 a 35m de altura. Há relatos de grandes buritizais nos estados do Acre, Pará, Roraima e em todo oeste da Amazônia brasileira, além de outros países como Peru e Bolívia (FERREIRA, 2010).

Na cidade de Rio Branco/AC já foram quantificados mais de 15 buritizais com aproximadamente 102,5 hectares, estimando-se uma produção de 800 a 1200 kg de frutos/ha (FERREIRA *et al.*, 2011). Ribeiro *et al* (2004), em seu estudo, classificou no município de Cametá/PA os frutos das oleaginosas presente na região com potencial de comercialização e o destaque foi para o buriti com uma produção anual de 866,7 kg/ha em cada safra. Já no estado de Roraima, essa produção é de 3,29 ton/ha/ano de buriti (BARBOSA *et al.*, 2010). Na verdade há uma estimativa de que em todo oeste da Amazônia brasileira exista uma produção de cerca de 08 milhões de hectares de buritizais, com 500 plantas/ha e 05 ton./ha de óleo produzido por ano (MOLION, 2011).

Atualmente as indústrias tem demonstrado maior interesse na produção do óleo de buriti, por este pode ser empregado como matéria prima alimentícia e cosmética. No Pará ainda não temos agroindústrias que processem o buriti para alimentação. Na indústria cosmética seu óleo pode compor protetores solar e outros produtos cosméticos como hidratantes, sabonetes e cremes capilares devido sua capacidade em absorver completamente as radiações eletromagnéticas de comprimento entre 519 nanômetros (cor verde) e 350 nanômetros (ultravioleta), que são prejudiciais à pele humana. (BARBOSA ET AL, 2010; FERREIRA, 2010; SHANLEY & MEDINA, 2005).

As empresas processadoras que vendem o óleo processado mecanicamente a R\$ 50,00 por kg, compram raspa/farinha de buriti das comunidades a R\$ 3,00 por kg colocado no porto de Belém. Sendo o rendimento da indústria em torno de 10% a cada 100 Kg de farinha (R\$ 300,00), conseguem um lucro bruto de R\$ 500,00. Em geral, são essas empresas que fornecem para a indústria de cosmético que atualmente fabricam seus produtos com ativos da Amazônia. (GALDINO, 2007)

Em busca de melhores preços é necessário observar alguns aspectos da produção artesanal da farinha/raspa de buriti e analisar maneiras de melhorar a qualidade do produto final. É necessário empregar uma forma adequada para a extração do óleo, visando à proteção e conservação de seus constituintes naturais. O óleo obtido do buriti apresenta um alto teor de ácidos graxos insaturados, semelhante ao azeite de oliva, contém também elevado teor de carotenoides, tocoferóis e fitoesteróis conferindo a ele maior estabilidade frente aos processos oxidativos, pelo qual passam os óleos vegetais em geral (RIBEIRO, 2008).

Este benefício é atribuído justamente à presença destes compostos, que atuam como agentes antioxidantes naturais. Os antioxidantes são um conjunto heterogêneo de substâncias formadas justamente por vitaminas, minerais, pigmentos, enzimas e outros compostos vegetais capazes de bloquear o efeito danoso dos radicais livres, e nos óleos especificamente, nas insaturações da sua cadeia carbônica. (MESSIAS, 2009)

Os processos de extração de óleo variam de acordo com a matéria-prima processada. Os dois métodos mais convencionais empregados na extração de óleos vegetais são a prensagem e a extração por solvente, ou ainda, o processo combinado. Porém nas últimas décadas tem crescido as pesquisas sobre os processos de extração aquosa de óleos vegetais, com ou sem o uso de enzimas. As vantagens deste processo estão relacionadas com a sustentabilidade, no que tange o meio ambiente, a segurança e ainda aspectos econômicos (ABREU e PINTO, 2009; SANTOS *et al*, 2003; NASCIMENTO, 2008; SANTOS E FERRARI, 2005).

A extração aquosa enzimática se baseia na capacidade das enzimas que hidrolisam a parede celular dos vegetais liberando o óleo para o meio aquoso. O óleo é separado da água por centrifugação, resultando em um produto praticamente isento de fosfatídeos e, conseqüentemente, com baixa turbidez, similar a etapa de degomagem no refino dos óleos vegetais. Porém devido ao elevado custo das enzimas comerciais, a implantação industrial desse processo ainda é limitada. Ainda assim, sabe-se que produtos de qualidade, como óleos extraídos com enzimas, são capazes de conquistar uma fatia nobre do mercado e são, em geral, comercializados com um valor superior ao dos demais óleos vegetais (NASCIMENTO, 2008).

Assim, entendendo a importância econômica do buriti (*M. flexuosa*) em seus diferentes segmentos, o crescente interesse da indústria por produtos com a presença de moléculas bioativas em sua composição, e a cadeia de valor do fruto, este estudo tem por objetivo avaliar através da extração aquosa, a manutenção destes compostos naturais no óleo de buriti, com adição de enzimas e uso da tecnologia de ultrassom no processo de extração.

## 2 - OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Avaliação dos processos de obtenção de óleo de buriti (*mauritia flexuosa*) por diferentes métodos de extração.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a composição físico-química do material estudado (polpa e casca);
- Analisar o perfil de fibras insolúveis no resíduo de extração (celulose, hemicelulose, lignina);
- Avaliar do efeito das variáveis diluição (amostra/tampão), tempo de centrifugação e valor do pH do tampão no processo de extração aquosa sobre o rendimento de óleo extraído;
- Avaliar o efeito do aumento da quantidade de amostra e da diminuição da temperatura no processo de extração aquosa sobre o rendimento do óleo de buriti;
- Selecionar a melhor condição de extração para o estudo da utilização de enzimas (celulase e pectinase) sobre o rendimento do óleo de buriti;
- Avaliar o efeito do ultrassom como pré-tratamento na extração de óleo de buriti sobre o rendimento do óleo de buriti;

### 3 - REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 – CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO DO BURITI

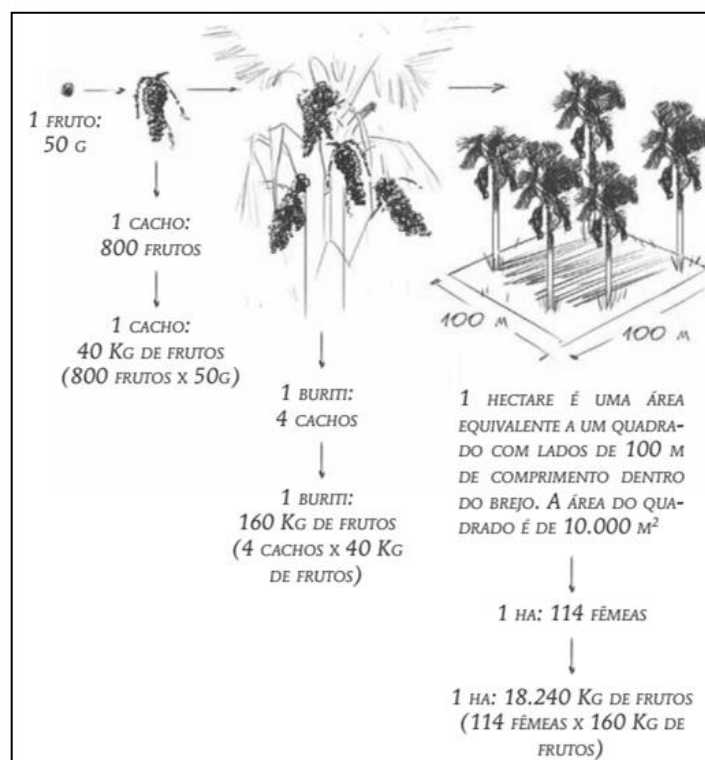
O buriti é fruto de uma palmeira de grande porte que tem o nome derivado do tupi-guarani e significa “o que contem água”. Também conhecida como árvore da vida, pois dela é possível utilizar todas as partes (Figura 01). Botanicamente o buriti faz parte da Classe Liliopsida, Ordem: Arcales, Família: Arecaceae, Gênero: *Mauritia*, Espécie: *Mauritia flexuosa* L. ou *M. viniferamart.* (BICALHO, 2006; BELTRÃO, 2007).



**Figura 01**– Fotos da palmeira do buriti localizada na Universidade Federal do Pará. (Fonte: Cecília Vilhena)

O buritizeiro é uma palmeira dióica, apresenta tanto os indivíduos masculinos quanto femininos, onde a densidade, por hectare, de buritis femininos é maior do que de masculinos. As plantas masculinas florescem nos mesmos meses que as femininas, porém nunca produzem frutos. Na área de Belém, o buritizeiro floresce de setembro a dezembro e frutifica de janeiro a julho e, por vezes, a partir de novembro ou dezembro (SHANLEY e MEDINA, 2005).





**Figura 02** – Esquema de estimativa de produção de buriti por 1 hectare, adaptado. (SAMPAIO, 2011).

Em média pode atingir mais de 15 metros de altura, chegando até 30 metros, como já relatado na literatura. O diâmetro do caule é cerca de 0,50m e quando adulta possui 20 a 30 folhas palmadas, dispostas de forma a conferir aspecto de coroa à palmeira, semelhante a um leque. De acordo com Sampaio (2011) um fruto pesa em média 50g, estima-se que em um hectare tenha cerca de 18.240 kg de fruto conforme esquema (Figura 02).

Em média cada fruto (Figura 03) é constituído por 16% de casca, 50% de caroço, no qual se encontra a semente, 14% de camada fibrosa e 20% de polpa amarela comestível. A credita-se que a produção das palmeiras declina somente após 40 a 60 anos. (BICALHO, 2006; SHANLEY & MEDINA, 2005; SILVA et al, 2009; RIBEIRO, 2008).



**Figura 03** – Foto da polpa amarela e casca vermelha presente nos frutos in natura do buriti (Fonte: Cecilia Vilhena)

Para colheita, esperam-se os frutos maduros caírem, mas também podem ser colhidos ainda presos no cacho, porém mesmo amadurecidos as escamas duras ainda estão fortemente ligadas à polpa. Vários métodos são utilizados para remoção da casca e polpa, considerando que o buriti é um fruto climatérico, e que seu pico de amadurecimento é após o 6º dia de colheita, é possível deixá-lo fechado em sacos plásticos higienizados após a colheita. Também é possível amolecer a casca empregando processo térmico, colocando-o em água na temperatura que pode variar de 60 a 70°C. (CALBO, et al., 2009).

A polpa tem sabor agridoce bastante característica e consistência amilácea e oleosa, envolvendo endocarpo. É muito usada pela culinária regional, sendo uma das principais fontes de nutrientes da população do Cerrado e dos ribeirinhos da Amazônia (BELTRÃO, 2007).

### 3.2 – COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO FRUTO

A composição centesimal do fruto de buriti já foi estudada por vários autores, (Tabela 01) os valores lipídicos são expressivos, em alguns trabalhos, demonstrando ser uma importante fonte de calorias para essas populações (FUJITA, 2007).

**Tabela 01** – Composição centesimal da polpa do buriti (g/100g) estudado por vários autores.

<b>Componentes</b>	<b>Tavares, 2003</b>	<b>Manhães, 2007</b>	<b>Carneiro, 2011</b>	<b>Silva et al, 2011</b>
<b>Umidade</b>	67,2±2,9	62,93±0,12	54,35±0,15	50,5±1,14
<b>Cinzas</b>	1,4±0,3	0,94±0,06	0,66±0,008	0,6±0,00
<b>Lipídios</b>	3,8±1,0	13,85±0,69	18,16±1,52	19,0±0,72
<b>Proteínas</b>	1,5±0,4	2,1±0,19	1,30±0,002	3,7±0,02
<b>Carboidratos</b>	26,1	8,25	25,23	26,2

Ainda é bastante divergente o rendimento da extração do óleo de buriti, há autores que relatam valores entre 10 e 30 kg de fruto para cada quilo de óleo obtido. Sendo aconselhável a produção de uma farinha a partir da trituração de epicarpo e mesocarpo do fruto, para aí então proceder a extração do óleo (BELTRÃO, 2007; FUJITA, 2007; SHANLEY & MEDINA, 2005; SBRT, 2008).

O óleo apresenta cor variando entre o vermelho - alaranjado, com alto teor de provitamina A e tocoferóis. Além do perfil de ácidos graxos monoinsaturados, (Tabela 02) muito semelhantes aos do azeite de oliva (*Olea europaea*) os ácidos láurico e mirístico, encontrado no fruto verde, são também de interesse de laboratórios farmacêuticos. Tudo isso conferindo ainda uma melhor estabilidade oxidativa ao óleo obtido (PEREIRA, 2008; RODRIGUES et al, 2010; SBRT, 2010; RIBEIRO, 2008).

**Tabela 02** – Perfil de ácidos graxos do óleo de buriti.

<b>Ácidos graxos</b>	<b>Albuquerque et al, 2005</b>	<b>Santos, 2005</b>	<b>Melo, 2008</b>	<b>Silva et al., 2009</b>	<b>Rodrigues et al, 2010</b>
Palmítico (16:0)	17,3-19,2	18,3	24,6	16,78	18,75
Esteárico (18:0)	2,0	1,3	3,0	1,77	1,35
Oléico (18:1)	73,3-78,7	76,0	65,1	74,06	75,5
Linoléico (18:2)	2,4-3,9	3,1	2,6	4,94	2,15
Linolênico (18:3)	2,2	2,1	0,1	1,04	0,10

Os tocoferóis e os carotenóides presentes no óleo de buriti são responsáveis pela ação nutracêutica do fruto, tendo papel importante como antioxidante e provitamina-A. De acordo com, Mariathetal. (1989) em seu estudo com doces caseiros de buriti feitos a partir da polpa do fruto foram eficazes no tratamento e prevenção da xerofalminia, doença carencial, em crianças do Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2009).

Os carotenoides são pigmentos naturais, variando de cor entre o amarelo e o vermelho, e há séculos utilizado como corante, através do uso em alimentos de extratos de urucum, açafrão e páprica. Além de serem os responsáveis pela cor de frutos, raízes, flores, peixes, invertebrados e aves. Carotenoides, deriva do nome do seu mais representativo grupo, o  $\beta$ -caroteno, este pigmento laranja foi primeiramente isolado de cenouras (*daucuscarota*), carrots em inglês, por Wackenroder em 1831. Desde então, tem atraído o interesse de pesquisadores de diversas áreas, incluindo química, bioquímica, biologia, ciência e tecnologia de alimentos, medicina, farmácia e nutrição para mais de um século, e estes compostos fascinantes continuam a ser intensamente investigado. (RIBEIRO, 2008; GROSS, 1991; RODRIGUEZ-AMAYA & DELIA, 1997).

O óleo de buriti é rico em carotenoides, especialmente em b-caroteno. Como já visto anteriormente, com o aumento das publicações sobre os benéficos do consumo de carotenoides, a demanda por fontes naturais de  $\beta$ -caroteno tem contribuído para aumentar a industrialização do fruto de buriti pelas usinas de extração de óleos vegetais (RIBEIRO, 2010).

A Tabela 3 apresenta alguns valores de teor de carotenoides totais encontrados na literatura. É possível observar variações nos valores já publicados, possivelmente pela diferença de métodos de extração, tipo de amostra, além do fato de se tratar de uma matéria-prima de origem vegetal, a sua composição pode variar com, local, safra e espécime da palmeira.

**Tabela 03** – Teor de carotenoides na polpa, polpa e casca e no óleo de buriti.

Autor	Fração estudada		
	Óleo	Polpa	Polpa e casca
Godoy & Rodriguez-Amaya, 1995.	–	3531 ppm	–
França, 1999	–	–	10430ppm
Albuquerque et al, 2003.	1700 ppm	–	–
Albuquerque, 2005.	1707 ppm	–	–
De Rosso & Mercadante, 2007.	–	513,87 ppm	–
Lima et al, 2009	–	37211 ppm	–
Ribeiro et al, 2011	1800 ppm	–	–

Nos estudos de Albuquerque et al. (2005), e França et al.(1999) o óleo de buriti se mostrou também uma fonte importante de tocoferóis com valores de 800 mg/kg de tocoferóis no óleo de buriti extraído por prensagem e 19.300 mg/kg de tocoferóis no óleo obtido por extração supercrítica usando CO<sub>2</sub>, respectivamente. Silva (2011) obteve 1169 µg.g<sup>-1</sup> de tocoferóis no óleo de buriti extraído por cromatografia líquida.

O processo mais adotado em indústrias, para extração de óleo de buriti, baseia-se em tecnologias convencionais envolvendo as etapas de despulpamento, secagem e prensagem da polpa, às vezes com a casca, seguida da separação de compostos como carotenoides a partir do uso de solventes orgânicos.

### 3.3 – MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS

#### 3.3.1 – Extração Mecânica

A extração mecânica é a operação de separação de líquidos de sólidos pela aplicação de forças de compressão, e geralmente usada nas indústrias de alimentos e bebidas. Normalmente são necessários pré-tratamentos de despulpamento, redução de tamanho e aquecimento antes da separação do líquido para aumentar o rendimento (BRENNAN et al., 1990).

A principal finalidade desta operação é a máxima separação de óleo, o que significa mínimo valor de ácidos graxos livres no resíduo e perdas mínimas posteriores na purificação (RITTNER, 1996).

Na extração mecânica, a matéria prima é submetida a um processo que pode utilizar alta temperatura para aumentar a capacidade de extração. Em se tratando de matéria prima amazônica os compostos bioativos presentes nas plantas devem ser preservados também nos óleos, manteigas, seivas, e outros produtos obtidos através do uso da chamada extração fria (SILVA et al, 2009; PIGHINELLI, 2010).

Na prensagem hidráulica, um tipo de prensa mecânica, , por não se utilizar solvente ou algum tipo de gás, obtém-se um produto com suas propriedades naturais um pouco mais preservadas. No entanto, normalmente é realizada em processo combinado com a extração por solvente, pela sua menor eficiência na retirada de óleo, a menos que seja aplicada alta pressão, o que reduziria o conteúdo de óleo residual na torta a até 5%, dispensando o subsequente uso do solvente (MORETTO & FETT, 1998).

Os tratamentos mecânico e térmico são capazes de romper estruturas celulares, porém, parte do óleo ainda permanece na célula, sem conseguir ser extraído (SANTOS & FERRARI, 2005). Após a extração do óleo, o que sobra é a torta, que seguindo para a extração com solvente (usualmente hexano), em um processo combinado, aumenta o rendimento da extração para aproximadamente 95%. (MARIANO, 2008).

Na prensa continua o material é pressionado contra o interior de um cilindro por uma espécie de parafuso, onde através de pequenos furos o líquido (óleo) é drenado da torta. Apesar da boa eficiência o consumo de energia é alto e dissipado na fricção e pode aumentar consideravelmente a temperatura do produto (BRENNAN et al., 1990).

### **3.3.2 – Extração por solvente orgânico**

A extração por solvente, desde seu surgimento, mostrou-se o método mais eficiente de se extrair óleos vegetais de suas matrizes. O processo a

solvente é bem sucedido devido a sua capacidade de reduzir a níveis bastante baixos, o resíduo de óleo presente em materiais oleaginosos (ZACHI, 2007)

Na extração por solvente, o óleo é lixiviado (arrastado) do material oleaginoso pelo solvente, basicamente o princípio do método de extração de lipídios com método de SOXHLET (1879). (O'BRIEN, 2004). Apesar do hexano, ser considerado o solvente mais eficiente atualmente existe preocupações quanto a sua toxicidade, alta probabilidade de explosão, incêndio e impactos ambientais. A busca de novas tecnologias para substituir este solvente apresenta alternativas como o uso do álcool etílico, pois é um derivado de fonte renovável e considerado mais barato e mais limpo para o meio ambiente (MARIANO, 2008).

### **3.3.3 – Extração Aquosa Assistida por Enzima**

Uma tecnologia mais moderna para extrair óleos propõe o uso de enzimas para auxiliar no rompimento da parede celular vegetal que envolve o óleo, através da hidrólise. Esse método trás maior liberação de óleo, que por outro método não seria possível, pelo rompimento do complexo molecular lipoproteína e lipopolissacarídeo em moléculas simples (SANTOS & FERRARI, 2005). Além disso, a hidrólise é um processo que consome pouca energia, reduz a aplicação de solventes orgânicos e fornece óleo de maior qualidade associado a proteína da torta de qualidade superior, mais segura para o consumo humano (Santos, 2005).

Há diversas vantagens para uso industrial de extração de óleo que utilizam enzimas, como baixo impacto ambiental, significativa redução do consumo de energia e principalmente aumento da qualidade do produto final. O uso de enzimas na extração de óleos vegetais vem sendo pesquisado intensamente nas últimas décadas (tabela 04) e já foi aplicado para várias oleaginosas de interesse comercial (MARIANO, 2008; ABREU, 2009; SANTOS & FERRARI, 2005; TEIXEIRA et al, 2013)).

**Tabela 04** - Rendimentos da extração aquosa enzimática de óleos usando diferentes tipos de enzimas.

<b>Matéria Prima</b>	<b>Enzima</b>	<b>Concentração ou atividade</b>	<b>Rendimento</b>
<b>Canola</b>	Controle		53,9%
	Pectinase	0,2%	70,0%
	Celulase	0,9%	54,2%
	Pectinase + celulase	0,4:0,1	80,2%
<b>Coco</b>	Controle		12,0%
	Pectinase (Clarex) + $\alpha$ -amilase (Tanase) + protease (HT-proteolítico)	0,1:0,1:0,1	80,0%
	$\beta$ -glucanase (brew-n-zyme)	0,3%	14,4%
	$\beta$ -glucanase (brew-n-zyme) + Pectinase (Clarex) + $\alpha$ -amilase (Tanase) + protease (HT-proteolítico)	0,1:0,1:0,1	93,8%
<b>Abacate</b>	Controle		2,0%
	$\alpha$ -amilase (Tanase) + protease	1,0%	67,0%
	$\alpha$ -amilase (Tanase) + celulase	1,0%	67,0%
	Ultra-SPL (Novozyme)	0,6%	90,0%
<b>Dendê</b>	Controle		
	Pectinase + celulase + tanase	4,0%	81,1%

A capacidade de degradar parede celular vegetal permite o uso de enzimas pectinolíticas para extração de óleo vegetal em processo aquoso, pela liquefação das componentes estruturais das paredes celulares. As preparações comerciais enzimáticas contendo pectinases, celulasas e hemicelulasas (enzimas de maceração), são muito utilizadas na extração de azeite de oliva, adicionadas durante a prensagem das azeitonas. O uso de enzimas de maceração aumenta a quantidade de agentes anti-oxidantes e de vitamina E em óleo de oliva extra virgem, reduzem a indução ao ranço, aumenta a extração, melhora o fracionamento na centrifugação e produz óleo com baixo teor de umidade (UENOJO & PASTORE, 2007).

A seleção das enzimas requer o conhecimento da composição do tecido vegetal da oleaginosa a ser processada. Tendo em vista que a parede celular é composta de diferentes polissacarídeos ligados a uma proteína estrutural, o



extrato enzimático deve conter enzimas com diferentes atividades. (SILVA, 2009)

De forma geral, na extração aquosa a matéria prima é submetida a um pré-processamento que, em geral, consiste na diluição, trituração e aquecimento para inativação das enzimas naturais presentes no produto. A seguir, a mistura é transferida para um reator onde a enzima é adicionada ao substrato mantido sob incubação, seguida de centrifugação e separação do óleo (COURI & FREITAS, 1997).

### **3.3.4 – Extração assistida por ultrassom**

Outro método não convencional é a extração por ultrassom, um método relativamente novo e que vem sendo usado em uma gama de produtos alimentícios. Já há estudos da capacidade de incorporação de compostos fenólicos em uvas, e alcalóides em morangos, compostos com baixo peso molecular, além da capacidade de extração de óleo de amostras de soja, entre outros (NASCIMENTO et al 2006; DANTAS, 2010).

Ultrassons são ondas mecânicas com frequências situadas acima do limite audível para o ser humano (acima de 16 kHz) que se propagam em ciclos sucessivos de compressão e rarefação através de qualquer meio material (LIMA, 2010).

A produção de ultrassom é um fenômeno físico baseado na capacidade de criar, aumentar e implodir cavidade de vapor e gases, chamadas de cavitação. As ondas de ultrassom causam mudanças físicas e químicas devido à variação de pressão, produzindo cavitação e microfluxos nos líquidos, aquecimento e ruptura nos sólidos e instabilidade na superfície da interface de sistemas líquido-líquido e líquido gás. Todas essas mudanças favorecem o processo de extração do óleo da parede do vegetal. (FREITAS, 2007; MATOS, 2009).

Esse fenômeno é predominantemente evidenciado para ultrassom de baixa frequência, uma vez que o período de propagação da onda é suficientemente longo para permitir a formação das bolhas de cavitação.

## 4 - METODOLOGIA

### 4.1 – COLETA DA MATÉRIA PRIMA BRUTA

Neste estudo foi necessário realizar a coleta de amostra em dois períodos de produção de frutos diferentes. Um lote (Lote 1) foi coletado na safra de Janeiro de 2011 e o outro lote (Lote 2) foi coletado apenas em dezembro de 2011.

A matéria prima buriti in natura (*Mauritia flexuosa*L.f.) utilizada no desenvolvimento dos experimentos foi coletada de uma árvore localizada no Campus Básico da Universidade Federal do Pará, Belém-Pará-Brasil com as seguintes coordenadas cartesianas: 1o 28' 27.28" Sul, 48o 27' 25.31" Oeste (GPS, Modelo: Eritrek/Vista) e 9 metros de elevação. A amostra foi incorporada ao acervo do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi sob o número MG 199400. Os frutos (Figura 4) foram levados para o Laboratório de Medidas Físicas da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde ocorreram as etapas de higienização, caracterização física, despulpamento e análises físico-químicas.



**Figura 04** - Lotes separados mantidos *in natura*

### 4.2 - CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO

Utilizou-se frutos provenientes de duas coletas, uma realizada em janeiro e outra realizada em dezembro de 2011, de cada coleta foi retirado um cacho inteiro (Figura 05) ambas da mesma árvore, localizada na Universidade Federal do Pará. Frutos provenientes dos dois lotes foram utilizados para caracterização de massa de polpa (MP), casca (MC), fibra (MF) e semente (MS).



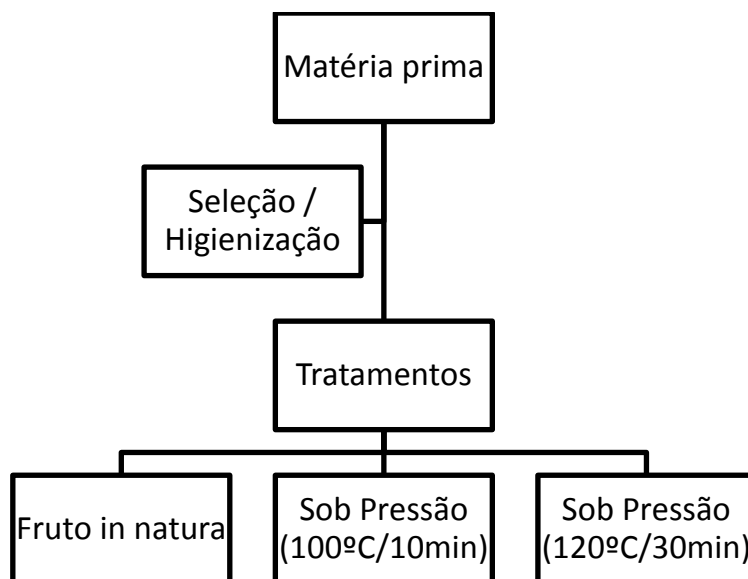
**Figura 05** - Fruto e Palmeira de buriti.

Os dados obtidos foram tratados e analisados usando um programa de análise estatístico para valores de média e desvio padrão.

A caracterização física através das medidas de diâmetro, largura, e altura dos frutos foi realizada no lote 2 (dezembro 2011) melhor época para colheita do fruto, onde já estão no ponto de maturidade. Foram realizadas as medidas físicas de Diâmetro equivalente, Esfericidade, Volume (V) e Área superficial a partir de equações propostas por (JAIN e BAL, 1997 e MOHSENIN, 1986).

#### 4.3 – PREPARO DA AMOSTRA DE LABORATÓRIO

Após a coleta os frutos passaram por uma seleção e pela separação dos frutos presos ao cacho para serem submetidos a três diferentes procedimentos visando avaliar a melhor forma de remoção da casca, polpa e fibra presentes no fruto como mostra a Figura 11. No primeiro procedimento a remoção da casca e polpa foi efetuada sem tratamento térmico prévio. Enquanto os dois outros procedimentos foram efetuados com tratamento térmico. Sendo que nestes dois casos a temperatura e o tempo de tratamento foram de 100°C e 10min para o tratamento A e 120°C e 30 min para o tratamento B. O tratamento A foi realizado em um sistema aberto, enquanto o tratamento B em um sistema fechado (autoclave).



**Figura 11** – Tratamentos utilizados nas amostras de buriti.

Após a remoção da camada fibrosa e das sementes, a casca e polpa resultantes foram embaladas a vácuo e armazenadas sob refrigeração (temperatura entre 5°C e 10°C) até o momento das análises. Para melhorar a homogeneidade da amostra, casca e polpa foram processadas, ainda congeladas, em processador de alimentos (WALITA MASTERS) (Figura 06) e em seguida embaladas em sacos de polietileno de 500g e novamente congeladas até o momento das análises.



**Figura 06** - Amostra triturada de buriti

#### 4.4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA

A caracterização físico química foi realizada na porção polpa e casca de acordo com os métodos oficiais de análises (AOAC, 1997; AOCS, 2002). As análises foram realizadas, em triplicata e estão descritas abaixo.

#### **4.4.1 – Umidade**

O teor de umidade foi determinado pelo método AOAC 931.04 (AOAC, 1997), em estufa de circulação de ar, na temperatura de  $105 \pm 1$  °C até peso constante. O resultado foi expresso em porcentagem a partir da perda de massa da amostra.

#### **4.4.2 – Proteínas**

A determinação de proteínas totais foi feita de acordo com o método AOAC 920.152 (AOAC, 1997), o qual é baseado na determinação da quantidade de nitrogênio total existente na amostra, utilizando-se o fator 6,25.

#### **4.4.3 – Lipídios**

Os lipídios foram extraídos e quantificados de acordo com o método Ba 3-38 (AOAC, 2000), utilizando o equipamento de Soxhlet e éter de petróleo como solvente de extração. Os resultados foram expressos em porcentagem.

#### **4.4.4 – Cinzas**

A determinação de cinzas foi efetuada por gravimetria, realizada em mufla a 550 °C durante 24 horas, segundo o método AOAC 940.26 (AOAC, 1997).

#### **4.4.5 – Carboidratos**

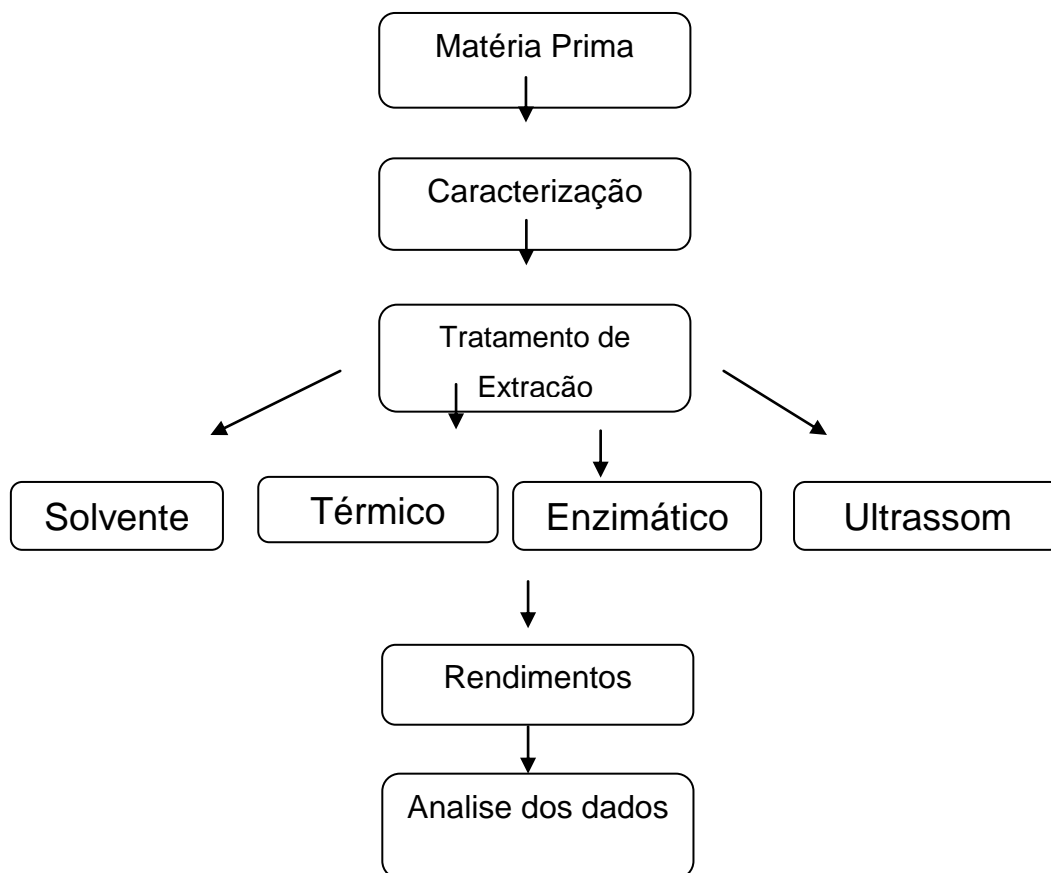
Os carboidratos foram calculados por diferença.

#### **4.4.6 – Fibras dietéticas**

O teor de fibras dietéticas, solúvel e insolúveis foi determinado pelo método oficial 985.29 enzimático-gravimétrico da AOAC (2002). Na quantificação da fração insolúvel é realizada a dedução das frações de proteínas residuais e componentes inorgânicos (cinzas) e o resultado obtido é corrigido pelo valor de lipídios da amostra. O teor de fibras solúveis foi determinado por diferença entre as frações de fibras totais dietéticas e fibras insolúveis.

#### 4.5 - PROCESSOS DE EXTRAÇÃO

O trabalho foi realizado de acordo com processo de extração apresentado no fluxograma abaixo (Figura 07):



**Figura 07:** Diagrama dos processamentos de extração do óleo de buriti utilizados neste estudo

#### 4.6 - EXTRAÇÃO COM SOLVENTE.

Antes de iniciar o estudo da extração aquosa o material processado foi caracterizado com relação ao seu teor em óleo através do método de Soxhlet (1973) e o valor encontrado usado como referência para se calcular o rendimento do óleo extraído pelos processos empregados nesse estudo. Para cada lote (janeiro e dezembro de 2011) foi calculado um valor total de lipídeos.

Para extração com solventes se utilizou o método de extração com SOXHLET preconizado pela (AOAC, 1973) adaptado. Foram preparados cartuchos em papel de filtro com aproximadamente 03 gramas de amostra de

buriti, e estes levados para o extrator. O sistema foi aquecido até 60°C, utilizando como solvente de extração éter de petróleo, a extração ocorreu por seis horas. Ao final da extração o solvente foi recuperado e o balão levado a estufa, para posterior pesagem. Em seguida mediu-se o peso do balão previamente tarado e obteve-se o teor de óleo da amostra de acordo com a fórmula

$$R = \frac{M_{bo} - M_b}{M_a} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

M<sub>bo</sub> = massa do balão com óleo

M<sub>b</sub> = massa do balão seco

M<sub>a</sub> = massa da amostra (g)

O valor obtido com a extração com solvente serve como um controle para comparação dos rendimentos obtidos pelos outros métodos de extração propostos por esta pesquisa. O Cálculo de Eficiência das Extrações foi realizado a partir da fórmula abaixo:

$$R(\%) = \frac{M_o}{M_s} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

R(%) = Rendimento das extrações (p/p)

M<sub>o</sub> = Massa de óleo obtida (g)

M<sub>s</sub> = massa de óleo na amostra determinada por solvente orgânico (g)

#### 4.7 - ESTUDO DE EXTRAÇÃO AQUOSA

Dois estudos de extração aquosa térmica foram realizados a fim de conhecer o efeito da variação da quantidade de amostra e da temperatura do banho de extração em relação ao rendimento. A obtenção de um bom rendimento a partir da utilização de amostra em maior escala e em temperaturas mais amenas ( $\pm 60^\circ\text{C}$ ) pode representar maior economia, em um possível processo industrial de extração, com considerável redução de gasto energético, além da melhoria da qualidade do produto final.

##### 4.7.1 – Primeiro Ensaio Aquoso

Inicialmente foi realizada uma extração aquosa em menor escala (10g de amostra) para conhecer e determinar as melhores condições para extração

do óleo do fruto de buriti. Os ensaios de extração utilizaram condições selecionadas com base em dados da literatura (TEIXEIRA, 2013; NASCIMENTO, 2008; SANTOS *et al*, 2005) e um planejamento experimental foi realizado para definir o intervalo das variáveis do processo a serem utilizadas.

Foi delineado um planejamento fatorial  $2^3$  com três réplicas no ponto central, totalizando 11 ensaios experimentais, executados em ordem aleatória, para avaliar simultaneamente os efeitos do pH do tampão, do tempo de centrifugação do material extraído, e da melhor diluição (amotra:tampão) em relação ao rendimento da extração.

Os níveis das variáveis estudadas e a matriz do planejamento experimental estão apresentados nas tabelas 05 e 06.

**Tabela 05**– Níveis das variáveis de entrada.

<b>Variáveis</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>
pH	03	04	05
Diluição (g:mL)	1:2	1:3	1:4
Tempo centrifugação (min.)	15	30	45

**Tabela 06**– Tabela de planejamento experimental de extração aquosa

<b>Codificados</b>				<b>Reais</b>		
<b>Ensaio</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>pH</b>	<b>Diluição</b>	<b>Centrifugação</b>
<b>01</b>	-1	-1	-1	03	20	15
<b>02</b>	1	-1	-1	05	20	15
<b>03</b>	-1	1	-1	03	40	15
<b>04</b>	1	1	-1	05	40	15
<b>05</b>	-1	-1	1	03	20	45
<b>06</b>	1	-1	1	05	20	45
<b>07</b>	-1	1	1	03	40	45
<b>08</b>	1	1	1	05	40	45
<b>09</b>	0	0	0	04	30	30
<b>10</b>	0	0	0	04	30	30
<b>11</b>	0	0	0	04	30	30

- X1 – valores de pH; X2 – Relação Volume solução (mL)/(g) massa de fruto (Diluição); X3 – tempo de centrifugação(min).

#### 4.7.1.1 – Metodologia de Extração Aquosa

A extração foi realizada em banho de aquecimento, com agitação magnética e temperatura controlada de 50°C a 120°C precisão de  $\pm 2^\circ\text{C}$ , (FISATOM 555). Pesou-se 10g de amostra, em erlenmeyer de 125 mL, sendo



em seguida deixados por 5 minutos a 90°C no banho, para inativação das enzimas naturais presentes na amostra. A adição do tampão foi de acordo com o planejamento, variando o valor do pH e volume. A extração ocorreu por 60 minutos à temperatura de 90°C.

Após o término do processo de extração a amostra foi distribuída em tubos e levada a centrifugação por 15 a 45 min (planejamento experimental). A centrifugação objetiva a separação física das fases oleosa, aquosa e resíduo. O óleo separado foi pesado e armazenado sob refrigeração. A eficiência foi calculada de acordo com formula (2) no item 4.6.

#### **4.7.2 – Segundo Ensaio Aquoso**

Houve a necessidade de realizar um segundo ensaio de extração aquosa utilizando uma quantidade maior de amostra, e uma temperatura menor do banho de extração, para que o óleo produzido fosse suficiente para a realização de todas as análises em triplicata, para verificação de reprodutibilidade de resultados em escala maior e para melhoria do processo de extração com a utilização de temperatura amena, característica importante para implantação deste processo de extração pelas indústrias de beneficiamento.

A extração ocorreu em banho térmico à temperatura de 60°C por um período de 120 minutos. Pesou-se 60g de amostra com adição de tampão em valor de pH e volume de acordo com o mesmo planejamento experimental do primeiro ensaio (item 4.7.1). Após a extração submeteu-se as amostras a centrifugação. O tempo de centrifugação seguiu conforme planejamento experimental. A massa de óleo foi determinada gravimetricamente. A eficiência foi calculada de acordo com formula (2) no item 4.6.

#### **4.7.3 – Cinética de extração aquosa**

A cinética de extração aquosa foi realizada com o objetivo de verificar o efeito do aumento do tempo de extração e do aumento da quantidade de amostra no rendimento final do processo.

Para realização da cinética de extração do óleo de buriti foram pesados 100g de amostra com diluição (2:1) em tampão de pH 04. A amostra foi

colocada para extrair em banho térmico com 60° C e agitação mecânica a 7x100 rpm. Os tempos de extração variaram em 01, 02, 03 e 04 horas. Após a extração a amostra foi levada para centrifugação por 60 min a 2200rpm.

Posteriormente o óleo foi retirado e pesado para quantificação. A eficiência foi calculada de acordo com formula (2) no item 4.6. Foram realizadas análises de acidez e peróxido em cada amostra coletada para avaliar a qualidade do óleo final.

#### **4.7.4 – Extratos enzimáticos**

Foram utilizados dois tipos de extratos enzimáticos para extração do óleo de buriti com o intuito de promover ação de diferentes atividades sobre a parede celular da matéria prima. Empregou-se o extrato comercial de pectinase e celulase com relação a atividade de poligalacturonase e carboximetilcelulase respectivamente.

##### **a) Poligalacturonase (PG)**

Incubar 0,5mL de solução de 0,1% pectina cítrica em tampão citrato- fosfato 0,1M pH 5,5 em tubos de ensaios em banho-maria 40°C por 20 minutos. interromper em banho de ebulição por 10 min. Adicionar 1 mL de solução enzimática na concentração adequada. Paralisar a reação imergindo os tubos em banho de gelo. Seguiu-se a determinação pelo método de Somogy-Nelson para açúcares redutores

##### **b) Carboximetilcelulase (CMCase)**

Pipetou-se 4mL de solução 0,5% de substrato Carboximetilcelulase em tampão citrato-fosfato 0,05M pH 5,0 em tubos de ensaios, incubou-se em banho-maria 40°C por 10 minutos. Em seguida foi adicionado 1mL de solução enzimática (*Celulase Sygma ATCC 26921*) na concentração adequada. Paralisando a reação imergindo os tubos em banho de gelo. Seguiu-se a determinação pelo método de Somogy-Nelson para açúcares redutores.

##### **c) Determinação de açúcares redutores**

Preparar previamente as soluções SNI e SNII. Pipetar 0,5mL da amostra com 01 mL do Reagente SNI, encubar em banho-maria em ebulição por 6 min. Paralisar a reação em banho de gelo. Adicionar 1mL de reagente SNII, após

agitação deixar 5 min em repouso. Adicionar 10mL de água destilada. Leitura em absorbância a 540nm contra o branco. Calcular com base na curva padrão de glicose.

#### 4.7.5 – Estudo do uso de enzimas na extração

Para avaliação do efeito das variáveis Temperatura do meio reacional, Concentração de Enzima (pectinase e celulase) e o Tempo de Reação sobre o rendimento das extrações enzimáticas do óleo de buriti realizou-se um planejamento experimental fatorial completo  $2^3$  com 03 repetições no ponto central utilizando delineamento composto central rotacional (DCCR) combinado com metodologia de superfície de resposta (MSR).

Foi fixado valores de pH (04) do tampão para a utilização das duas enzimas (pectinase e celulase), diluição (2:1) volume : amostra e tempo de centrifugação (60 minutos) de acordo com o estudo realizado preliminarmente. As variáveis independentes do processo de entrada e a matriz do planejamento experimental estão presentes nas tabelas 07 e tabela 08

**Tabela 07** - Níveis das variáveis de entrada.

Variáveis	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
T (°C)	40	44	50	56	60
[E] (pectinase/celulase)	0,6	01	02	03	3,6
Tempo de reação (min)	30	45	60	75	90

**Tabela 08** – Tabela do planejamento experimental de extração enzimática para pectinase e celulase.

Ensaio	Codificados			Reais		
	X1	X2	X3	T (°C)	[E] (mg/ml)	Tempo reação (min)
01	-1	-1	-1	44	1	45
02	1	-1	-1	56	1	45
03	-1	1	-1	44	3	45
04	1	1	-1	56	3	45
05	-1	-1	1	44	1	75
06	1	-1	1	56	1	75
07	-1	1	1	44	3	75
08	1	1	1	56	3	75
09	-1,68	0	0	40	2	60
10	+1,68	0	0	60	2	60
11	0	-1,68	0	50	0,6	60
12	0	+1,68	0	50	3,4	60
13	0	0	-1,68	50	2	30
14	0	0	+1,68	50	2	90
15	0	0	0	50	2	60
16	0	0	0	50	2	60
17	0	0	0	50	2	60

• X1 – Temperatura de reação; X2 – Concentração de enzima [E]; X3 – Tempo de reação (min).

#### 4.7.5.1 - Metodologia de extração aquosa enzimática

A extração enzimática foi realizada em banho termostático com agitação magnética a partir do uso de duas enzimas: Pectinase, Celulase em pH padrão. 10g de amostra foi pesada e adicionou-se 20ml de tampão de pH 04 em erlenmeyer de 125mL. Em seguida as enzimas foram adicionadas em concentração de acordo com o planejamento experimental estudado. Após o processo de extração a amostra foi centrifugada por 45 min até separação das fases oleosa, aquosa e o resíduo. A massa de óleo foi determinada

gravimetricamente. A eficiência foi calculada de acordo com formula (2) no item 4.6.

#### **4.7.6 – Estudo do uso de ultrassom na extração**

O ultrassom foi empregada como pré-tratamento na amostra a fim de se estudar os efeitos desta tecnologia sobre a parede vegetal do buriti. Uma cinética de extração foi então realizada e posteriormente comparada aos resultados da cinética de extração aquosa do item 4.7.3.

Foram pesados 100g de amostra com diluição (2:1) em tampão citrato-fosfato pH 04. A amostra sofreu um pré-tratamento em ultrassom por 20 minutos a 25kHz. Posteriormente a amostra foi colocada para extrair em banho térmico com 60° C e agitação mecânica a 7x100rpm. Os tempos de extração variaram entre 01 e 04 horas. Após a extração a amostra foi levada para centrifugação por 60min a 2200rpm. Posteriormente o óleo foi retirado e pesado para quantificação. A eficiência foi calculada de acordo com formula (2) no item 4.6. Foram realizadas análises de acidez e peróxido em cada amostra coletada.

#### **4.7.7 – Caracterização em função dos processos aplicados.**

##### 4.7.7.1 – Ácidos graxos livres

Foi realizado pelo método oficial da AOCS (Ca 5a-40) por titulação, onde as amostras foram neutralizadas com hidróxido de sódio 0,1M em uma quantidade de 1g de amostra. A %AGL foi calculada tendo como base o ácido oléico:

$$\%AGL = \frac{Vol(mLNaOH)}{Amostra(g)} \times 28,2 \quad (03)$$

##### 4.7.7.2 – Perfil de ácidos graxos

A obtenção de metil-esteres foi realizada via saponificação e esterificação segundo metodologia descrita por RODRIGUES et al., (2010). Os ésteres metílicos foram preparados através de saponificação e esterificação com hidróxido de potássio em metanol (0,1 mol L-1) e ácido clorídrico em

metanol (0,12 mol L<sup>-1</sup>). O cromatógrafo foi equipado com uma coluna capilar (Varian Inc., EUA) CP-Sil 88 (60 m x 0,25 mm) e um detector de ionização de chama. Os parâmetros de análise foram: Temperatura injetor (245°C), Temperatura detector (280°C), Temperatura de coluna (175°C) por 26 minutos, aumentando na taxa de 30°C/minuto até 205°C, permanecendo nessa temperatura por 20 minutos. O Hélio foi usado como gás de arraste. Os picos dos ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção: a curva de calibração foi feita com uma mistura de esteres metílicos padrão. Cada amostra foi analisada em triplicata.

#### 4.7.7.3 – Índice de Peroxido

Foi pesado 1g de amostra em um erlenmeyer de 250 ou 500 ml de boca esmerilhada com tampa, adicionado 30 ml de solução de ácido acético/clorofórmio 3:2, e agitou-se até dissolver a amostra, em seguida foi adicionado 0,5 ml de solução de iodeto de potássio saturada usando pipeta volumétrica. Mantido sob agitação por 1 minuto e adicionado 30 ml de água destilada para titular com solução de tiosulfato de sódio 0,01 N, adicionando gradualmente com agitação constante, até a cor amarela desaparecer, adicionar em seguida 0,5 ml de solução de amido 1%, continuou-se titulando com constante agitação, especialmente perto do ponto final, para liberação de todo o iodo da camada de solvente. Adicionou-se a solução de tiosulfato gota a gota até a cor azul desaparecer. O resultado é registrado em Índice de peróxido por mEq peróxido / Kg da amostra.

$$\text{Índice de Peróxido} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{m} \quad (04)$$

#### 4.7.7.4 – Perfil de fibras insolúveis

O perfil de fibra insolúvel (lignina, hemicelulose e celulose) foi obtido dos resíduos dos tratamentos de extração, pela metodologia de determinação não enzimático-gravimétrico a partir da diferença dos valores das análises de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) e determinação de lignina a partir da digestão a quente. (VAN SOEST, 1967).

#### **4.7.8 – Análise Estatística dos Dados**

Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Cada tratamento teve o valor médio calculado e aplicado o teste de Tukey (ANOVA) com nível de significância  $p < 0,05$ .

## 5 - RESULTADOS

### 5.1 – PROPRIEDADES FÍSICAS E FÍSICO - QUÍMICAS DO FRUTO DE BURITI

A partir do Lote 2 (coletado em dezembro/2011) foram determinados os valores médios do comprimento (L), diâmetros ( $D_1$  e  $D_2$ ) do buriti e seus respectivos desvios padrão, que estão mostrados na tabela 09. O comprimento (L) teve variação de 5,66 cm a 4,65 cm, com valor médio de 5,19 cm, enquanto que  $D_1$  apresentou valores de 5,61 cm a 4,76 cm, com valor médio de 5,13 cm e  $D_2$  entre 5,75 cm a 4,03 cm (media = 5,12 cm). A partir da razão comprimento/diâmetro acima de 01, podemos classificar o fruto como arredondado, e não elíptico, como grande parte dos frutos já estudados. Barbosa *et al* (2010) em sua pesquisa sobre a Biometria de Frutos do Buriti na savana de Roraima, encontraram entre os 5 morfotipos estudados apenas um de forma arredondada (razão  $\geq 01$ ) o restante foi classificado como elíptico.

A caracterização física de um fruto é medida importante para correta produção dentro das indústrias de beneficiamento de matérias primas amazônicas, o dimensionamento dos equipamentos e as etapas dos processos são fatores determinados por esta característica.

**Tabela 09**–Caracterização física dos frutos do buriti

<b>Parâmetros analisados</b>	Fruto inteiro
<b>Comprimento (L) (cm)</b>	5,19±0,18
<b><math>D_1</math> (cm)</b>	5,13±0,14
<b><math>D_2</math> (cm)</b>	5,12±0,18

Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho e Muller (2005) e Albuquerque e Regiane (2006).

A partir dos valores médios das dimensões do fruto, foram determinadas as propriedades físicas diâmetro equivalente ( $D_{eq}$ ), Esfericidade ( $\phi$ ), Volume (V) e Área superficial ( $A_{supf}$ ). Os resultados encontram-se na tabela 10.



Tabela 10 - Resultados das propriedades físicas dos frutos

<b>Parâmetros analisados</b>	<b>Fruto inteiro*</b>
<b>D<sub>eq</sub> (cm)</b>	5,14
$\phi$	0,99
<b>V (cm<sup>3</sup>)</b>	46,51
<b>A<sub>supf</sub></b>	82,55

\* Valor obtido por equações propostas por (JAIN e BAL, 1997 e MOHSENIN, 1986).

A partir destes dados coletados é possível confirmar a tendência de esfericidade do fruto (99%). Melo (2008) em seu estudo sobre a potencialidade tecnológica do fruto do buriti encontrou resultado semelhante apresentado esfericidade de 96%.

Foram realizadas duas coletas de frutos de buriti e os valores obtidos podem ser visualizados na Tabela 11, que apresentam a média e o desvio padrão dos frutos de buriti e de suas partes constituintes.

**Tabela 11** - Apresenta as porcentagens das partes do fruto do buriti (casca, polpa, caroço e fibra).

<b>Composição</b>	<b>Lote 01</b>		<b>Lote 02</b>	
	<b>Massa(g)</b>	<b>(%)</b>	<b>Massa(g)</b>	<b>(%)</b>
<b>Massa</b>	66,37±0,22	100	70,66±0,43	100
<b>Casca</b>	10,81±0,38	16,3	12,37±0,44	17,52
<b>Polpa</b>	13,47±1,24	20,3	17,22±0,32	24,38
<b>Fibra</b>	8,95±0,67	13,5	10,66±0,80	15,10
<b>Caroço</b>	33,31±0,08	50,2	30,56±0,69	43,26

Lote 01 – Coleta janeiro/2011; Lote 02 – Coleta dezembro/2011.

Conforme tabela 11, os lotes apresentaram frutos de massas e média de composição diferentes. O valor polpa para o lote 2 (17,22%) foi superior ao lote 1 (13,47%). Apesar de ter sido retirado frutos de uma mesma árvore, houve diferença nos valores observados da sua composição, fatores como época de colheita e estágio de maturação dos frutos são fundamentais para a variação da composição do fruto no momento da análise. (PESCE, 2009)

O maior percentual foi observado para o caroço e a casca, que juntos somam aproximadamente 63,5% (lote 01). Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Barbosa et al (2010), e Carvalho (2011). Já para a pesquisa de Carneiro et al (2011) o valor de polpa foi de 25% de casca, 63,88% de caroço e apenas 10% de polpa. Essas diferenças entre as pesquisas se dão possivelmente pela origem dos frutos, a biomassa dos frutos do cerrado, por exemplo, é muito baixa em relação as outras florestas tropicais (MELLO, 1999).

## 5.2 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA DA MATÉRIA PRIMA

A tabela 12 representa o resultado da caracterização físico química da polpa e casca do buriti *in natura* e estão de acordo com a literatura conforme discutido abaixo.

**Tabela 12** – Composição centesimal da polpa e casca do fruto de buriti (g/100g).

<b>Componentes</b>	<b>Base úmida</b>	<b>Base seca</b>
<b>Umidade</b>	50,62±1,9	49,37±0,32
<b>Lipídios</b>	12,45±0,33	25,22±0,23
<b>Proteínas</b>	1,92±0,12	3,89±0,060
<b>Cinzas</b>	0,82±0,05	1,67±0,16
<b>Carboidratos</b>	34,19	19,85
<b>Fibras totais</b>	14,16±0,08	28,69±0,24
• <b>Fibras solúveis</b>	8,85±0,84	17,94±2,42
• <b>Fibras insolúveis</b>	6,23±3,21	10,75±1,87

Os resultados de lipídios de 25,22% em b.s., o qualifica para ser utilizado como matéria prima na indústria oleoquímica já que além da capacidade produtiva a oleaginosa deve ter um valor lipídico elevado. O teor lipídico da polpa de buriti é comparável ao de algumas oleaginosas exploradas comercialmente, ratificando o fruto como boa fonte de óleo vegetal. Guedes (2006) encontrou valor médio de 36% de lipídios em b.s., no óleo de tucumã,

resultado acima do encontrado nessa pesquisa, ratificando a importância do estudo das oleaginosas como fonte de óleo vegetal.

Vários estudos já determinaram a composição centesimal do fruto de buriti, Silva et al (2011) encontrou valor menor (19%) em relação a nossa pesquisa. Carneiro (2011) e Manhães (2007) encontraram valores de 18% e 13% respectivamente.

### 5.3 – RESULTADOS DO PRIMEIRO ENSAIO AQUOSO.

Foi delineado um planejamento fatorial  $2^3$  com três réplicas no ponto central, totalizando 11 ensaios experimentais, executados em ordem aleatória, para avaliar simultaneamente os efeitos do pH do tampão, do tempo de centrifugação após a extração, e da diluição no rendimento da extração. O uso de pontos centrais em triplicata teve como objetivo a determinação do erro experimental, e este está relacionado a reprodutibilidade dos ensaios.

Os rendimentos do planejamento experimental por extração térmica foram obtidos a partir do teor total de lipídios da amostra estudada (tabela 13) determinado pela análise de Soxhlet, este planejamento conseguiu extrair até cerca de 50% do valor total da amostra.

**Tabela 13** – Resultado em rendimento do planejamento experimental por extração aquosa do óleo de buriti (10g/1 hora).

Ensaio s	Reais			Resultado	
	pH	Diluição	Tempo	Observado (%)*	Predito (%)
01	03	20	15	11,50	13,47
02	05	20	15	06,96	04,98
03	03	40	15	22,93	20,95
04	05	40	15	14,28	16,25
05	03	20	45	50,67	48,69
06	05	20	45	45,92	47,89
07	03	40	45	13,93	15,90
08	05	40	45	20,88	18,90
09	04	30	30	34,98	34,63
10	04	30	30	32,77	34,63
11	04	30	30	36,16	34,63

(\*): Resultado calculado de como rendimento em relação ao total de óleo na amostra.

A análise estatística dos efeitos mostrou que a diluição, o tempo e a interação entre elas foram as variáveis mais significativas do processo de extração aquosa térmica, em nível de 5% de confiabilidade para Teste t de *student*. A diluição teve valor negativo indicando uma relação inversa com o rendimento, já o tempo de centrifugação teve sentido positivo e foi a variável mais significativa do processo apresentando um comportamento linear em à resposta rendimento (tabela 14). As superfícies de resposta do processo estão apresentadas na figura 08.

**Tabela 14** – Coeficientes de regressão do processo de extração aquosa térmica.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(3)	p - valor	Estimativas por intervalo (95%)	
					Limite inferior	Limite superior
Média	37,97	2,72	13,97	<0,0001	29,32	46,621
(1) ph (L)	-1,37	1,66	-0,83	0,47	-6,67	3,924
pH (Q)	-14,59	3,19	-4,58	0,02	-24,73	-4,442
<b>(2)Diluição (m/v)(L)</b>	-5,38	1,66	-3,23	0,05	-10,68	-0,081
<b>(3)Tempo reação (L)</b>	9,47	1,66	5,69	0,01	4,17	14,764
1 com 2	0,95	1,66	0,57	0,61	-4,35	6,246
1 com 3	1,92	1,66	1,16	0,33	-3,37	7,221
<b>2 com 3</b>	-10,07	1,66	-6,05	0,01	-15,36	-4,769

\*Efeitos significativos a 5% de confiabilidade.

A partir desses parâmetros, foi gerado o modelo matemático e as suas superfícies de resposta:

$$Y = 37,97 - 14,59.X^2 - 5,38.X_2 + 9,47.X_3 - 10,07.X_2X_3$$

A adequação dos dados do estudo ao modelo predito foi feita através da análise de variância (ANOVA), apresentada na Tabela 15.

**Tabela 15:** Análise de variância para o processo de extração com pré-tratamento enzimático.

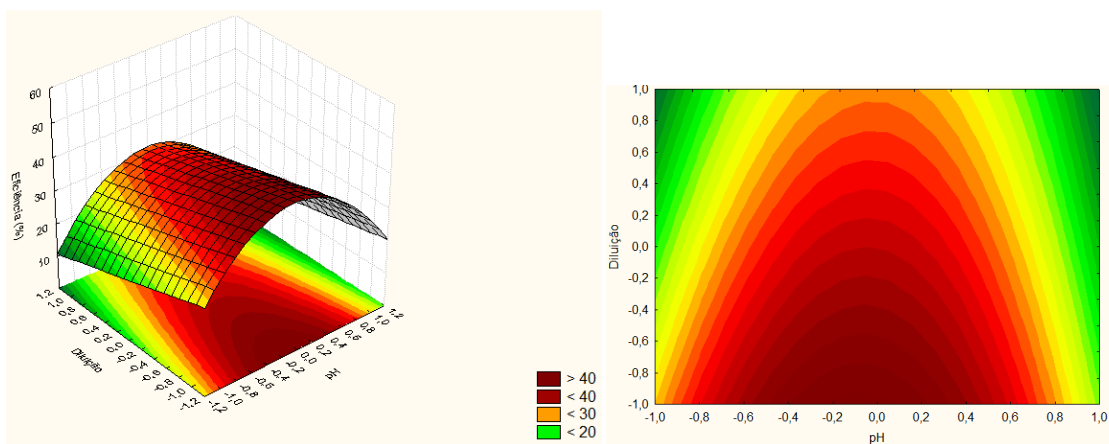
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	de Quadrado médio	F cal	F critico	R <sup>2</sup> (%)
Regressão	2223,163	4	555,79	28,16	4,53	97,16
Resíduo	118,405	6	19,73			
Total	2341,568	10				

\*Efeitos significativos a 5% de confiabilidade. SQ- Soma dos quadrados, gL- Graus de liberdade, QM-Quadrado Médio

O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) apresenta uma proporção de variância explicada pelo modelo de 97,16% dos resultados obtidos nos ensaios

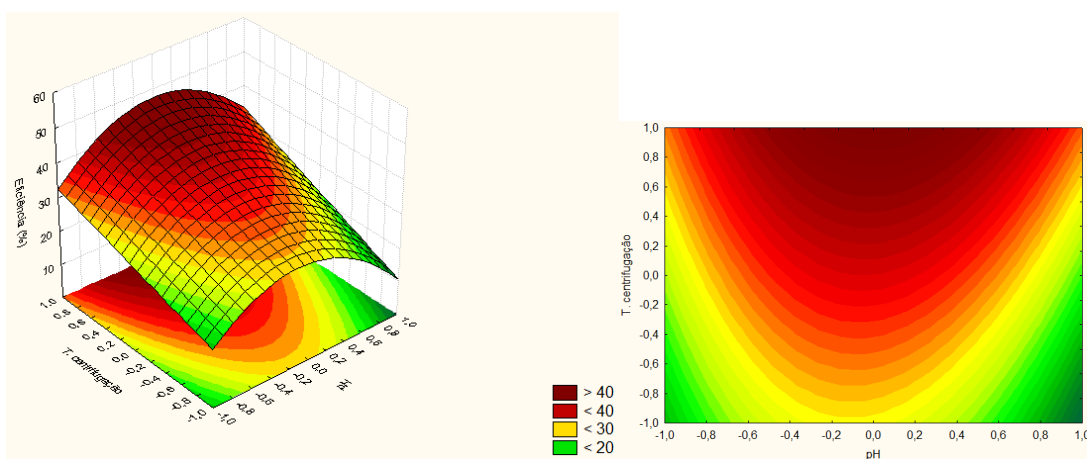
( $p < 0,05$ ), indicando que o rendimento da extração aquosa térmica tem correlação com as variáveis independentes.

Os resultados de análise de variância para a Regressão e para Falta de ajuste revelam que a Regressão foi significativa enquanto a Falta de ajuste não. Isso demonstra que o modelo definido pela regressão é adequado para representar o mecanismo do processo aquoso enzimático de extração de óleo nas presentes condições. A Falta de ajuste não significativa demonstra que os pontos experimentais tiveram um baixo desvio em relação aos pontos preditos pelo modelo polinomial.



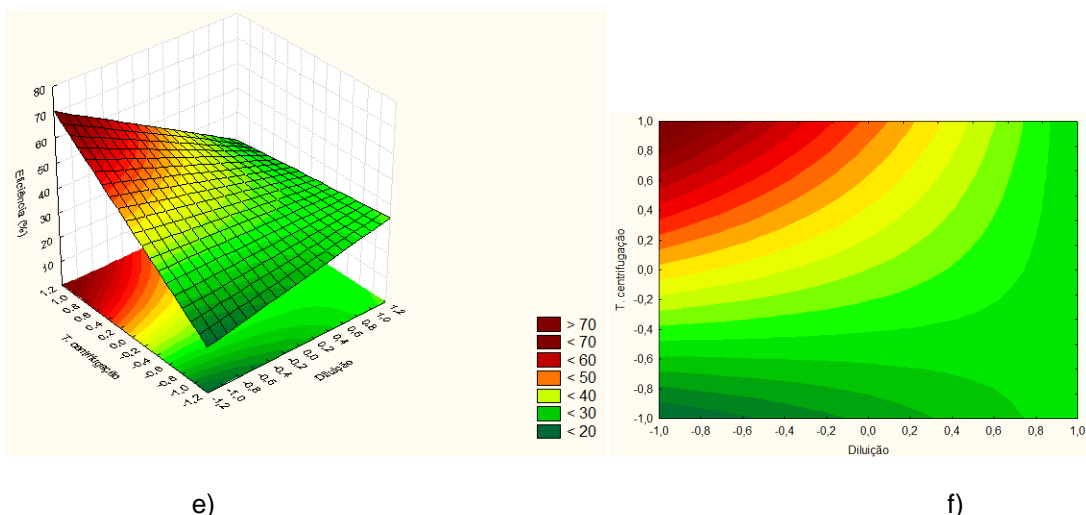
a)

b)



c)

d)



**Figura 08** - Superfícies de resposta e curvas de contorno para rendimento (%) em função da diluição e do pH (a) e (b); do tempo de centrifugação e do pH (c) e (d); do tempo de centrifugação e da diluição(e) e (f).

De acordo com a análise de superfície de resposta, as variáveis significativas apresentam melhor rendimento com o uso do maior tempo de centrifugação e os menores valores de diluição. O pH não teve efeito significativo portanto ao utilizar este parâmetro na extração enzimática, seria viável utilização do pH ideal de atividade de cada enzima.

#### 5.4 – RESULTADOS DO SEGUNDO ENSAIO AQUOSO

Na tabela 16 temos o resultado do planejamento experimental por extração térmica a partir da utilização de 60g de amostra em duas horas de extração e com a utilização de temperatura de 60°C. O resultado foi calculado com base no valor total de lipídios encontrado na amostra pela análise de soxhlet. Assim o rendimento desse planejamento foi de até 58% do total de óleo presente na amostra.

**Tabela 16** - Resultado do planejamento experimental da extração aquosa do óleo de buriti (60g/2h).

Reais				
Ensaio	Diluição	pH	Centrifugação	Y <sub>1</sub> (%) Observado
01	20	3	15	42,81
02	40	3	15	21,03
03	20	5	15	47,13
04	40	5	15	25,95
05	20	3	45	57,64
06	40	3	45	28,67
07	20	5	45	58,02
08	40	5	45	30,71
09	30	4	30	36,46
10	30	4	30	36,23
11	30	4	30	36,38

(\*): Resultado calculado de como rendimento em relação ao total de óleo na amostra.

A análise estatística dos efeitos mostrou que o pH (Q), a diluição (L), o tempo de centrifugação (L) e a interação diluição x tempo de centrifugação foram as variáveis mais significativas do processo de extração aquosa térmica, com 60g/2h, em nível de 5% de confiabilidade para Teste t de *student*. O pH teve sentido negativo indicando uma relação inversa com a eficiência, já o tempo de centrifugação teve sentido positivo e foi a variável mais significativa do processo apresentando um comportamento linear em à resposta rendimento (tabela 17). As superfícies de resposta do processo estão apresentadas na figura 09.



**Tabela 17** - Coeficientes de regressão para a resposta  $Y_1$  (%)

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	p - valor	Estimativas por intervalo (95%)	
					Limite inferior	Limite superior
Média	38,0	2,424	15,66	0,004	27,5	48,40
(1)pH (L)	-1,4	1,484	-0,93	0,452	-7,8	5,01
pH (Q)	-14,6	2,842	-5,13	0,036	-26,8	-2,36
<b>(2)Diluição(L)</b>	-5,4	1,484	-3,62	0,068	-11,8	1,01
<b>(3)Tempo centrifugação(L)</b>	9,5	1,484	6,38	0,024	3,1	15,85
1L by 2L	0,9	1,484	0,64	0,588	-5,4	7,34
1L by 3L	1,9	1,484	1,30	0,324	-4,5	8,31
<b>2L by 3L</b>	-10,1	1,484	-6,78	0,021	-16,5	-3,68

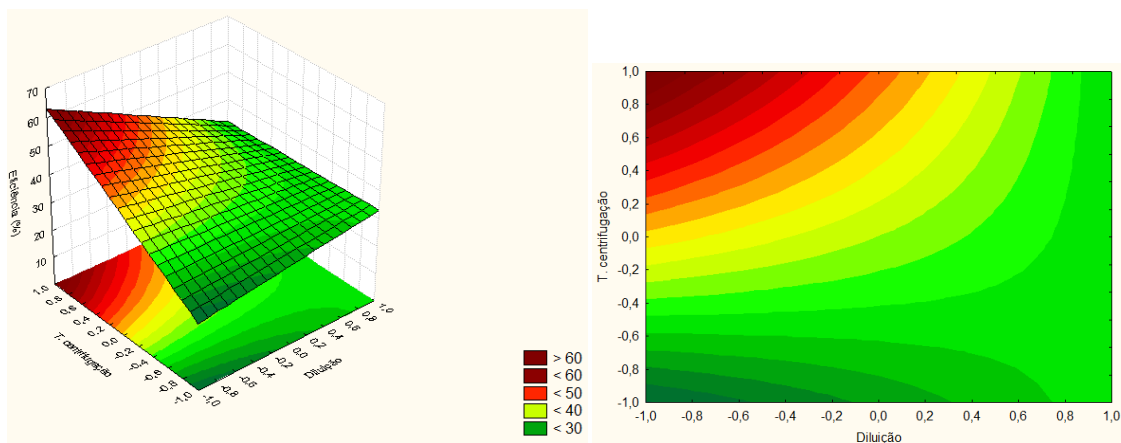
A partir desses parâmetros, foi gerado o modelo matemático e as superfícies de resposta:

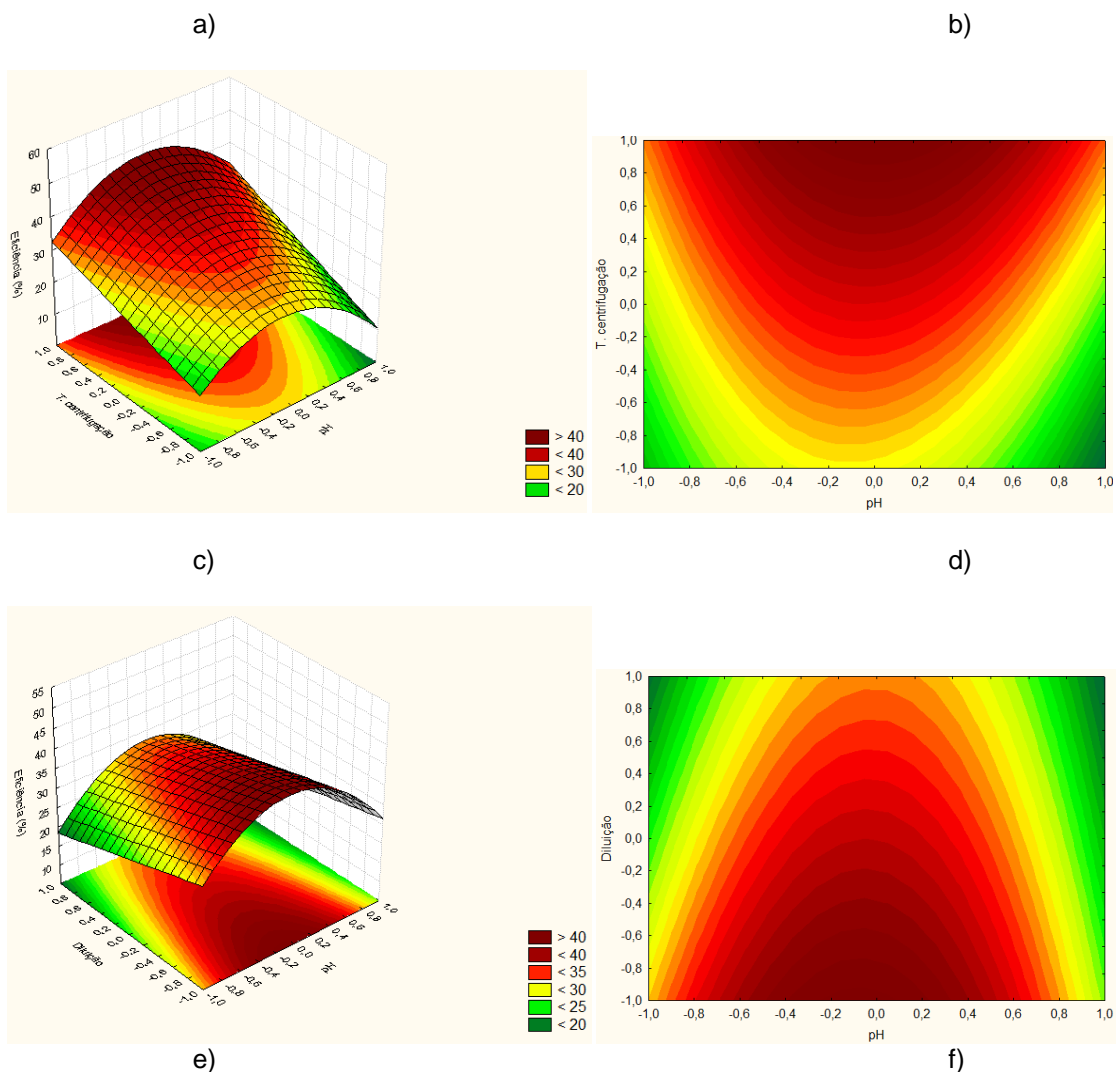
$$Y = 38,0 - 14,6.X^2 + 9,5.X_3 - 10,1.X_2X_3$$

A adequação dos dados do estudo ao modelo predito é feita através da análise de variância (ANOVA), apresentada na Tabela 18.

**Tabela 18** - Análise de variância para a resposta  $Y_1$  (%)

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F cal	F critico	$R^2$ (%)
Regressão	1991,73	3	663,91	13,32	4,34	98,25%
Resíduo	348,83	7	49,83			
Total	2341,56	10				





**Figura 09** - Superfícies de resposta e curvas de contorno para a eficiência (%) em função do tempo de centrifugação e da diluição (a) e (b); do tempo de centrifugação e do pH (c) e (d); da diluição e do pH (e) e (f).

De acordo com a análise de superfície de resposta, as variáveis significativas apresentam melhor rendimento com o uso do maior tempo de centrifugação e os menores valores de diluição. O pH não teve efeito significativo sobre o rendimento.

### 5.5 – Resultados do Estudo de Enzimas na Extração

Para a análise do estudo enzimático na extração do óleo de buriti foi realizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). O Delineamento consiste no planejamento fatorial completo  $2^3$  com 3 repetições no ponto central combinado com a metodologia de superfície de resposta para

melhor visualização do comportamento do processo nas condições estudadas. Os resultados estão expressos na tabela 19.

**Tabela 19** - Matriz com resultados expressos em porcentagem de óleo obtido em relação ao valor extraído com solvente.

Ensaio	Reais			Resultados	
	T (°C)	[P+C] (mg/ml)	Tempo de Reação (min)	Y <sub>1</sub> (%)*	Preditos (%)
01	44	1,0	45	59,65	62,92
02	56	1,0	45	64,59	60,82
03	44	3,0	45	67,83	69,53
04	56	3,0	45	69,77	70,80
05	44	1,0	75	78,18	75,81
06	56	1,0	75	74,81	71,77
07	44	3,0	75	76,55	78,98
08	56	3,0	75	82,91	78,30
09	40	2,0	60	79,31	75,60
10	60	2,0	60	67,65	73,33
11	50	0,6	60	65,50	68,45
12	50	3,4	60	80,21	79,23
13	50	2,0	30	60,54	58,53
14	50	2,0	90	71,28	75,26
15	50	2,0	60	76,35	77,05
16	50	2,0	60	77,21	77,05
17	50	2,0	60	78,21	77,05

(Y)\*: Resultado calculado de como rendimento em relação ao total de óleo na amostra.

Na tabela 19 temos o resultado do planejamento experimental para extração enzimática a partir do uso das enzimas de maceração pectinase e celulase. O resultado foi calculado com base no valor total de lipídios encontrado na amostra pela análise de soxhlet. Assim o rendimento desse planejamento foi de até aproximadamente 80% do total de óleo presente na amostra.

Sabe-se que o tratamento enzimático em meio aquoso tem se mostrado realmente eficiente na degradação da parede dos tecidos vegetais, e possível observar essa eficiência, na diferença de rendimento encontrados nos tratamentos térmicos e enzimáticos.

A extração enzimática de óleos vegetais, principalmente para aumentar o rendimento de extração de óleo fornece resultados promissores baseando se na capacidade das enzimas de atingirem as paredes vegetais para liberar os óleos presos nessas dentro das células vegetais.

A análise estatística dos efeitos mostrou que a concentração de enzima (L), o tempo de reação (L) e (Q) foram as variáveis mais significativas do processo de extração aquosa enzimática, em nível de 5% de confiabilidade para Teste t de *student*. O tempo de reação (Q) teve sentido negativo indicando uma relação inversa com a eficiência, já o tempo de reação (L) e a concentração enzimática tiveram sentido positivo, sendo esta ultima a variável mais significativa do processo apresentando um comportamento linear em à resposta rendimento (tabela 20).

**Tabela 20** - Coeficientes de regressão para a resposta  $Y_1$  (%)

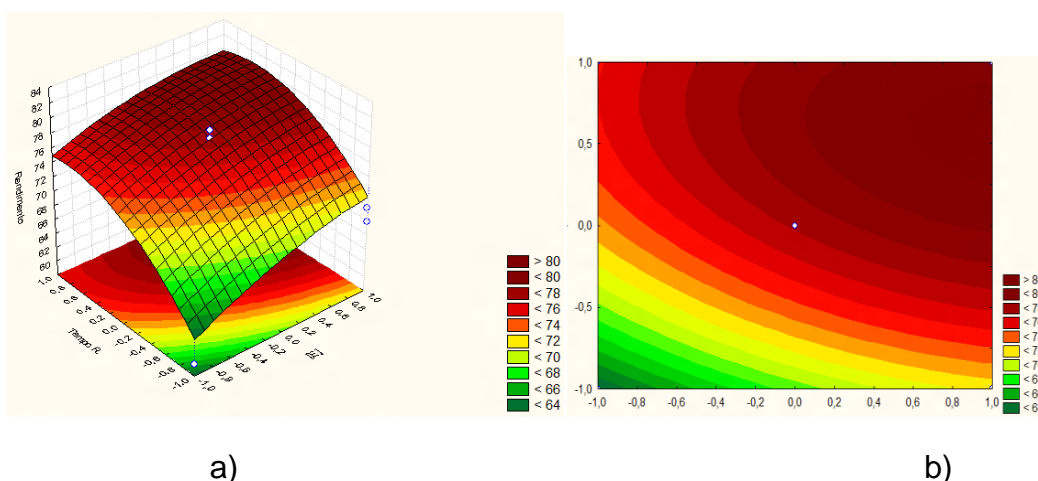
Fatores	Coeficiente		t(7)	p - valor	Estimativas por intervalo (95%)	
	de regressão	Erro padrão			Limite inferior	Limite superior
Média	77,2	2,63	29,3	<0,0001	70,9	83,4
(1)T (C°)(L)	-0,7	1,24	-0,6	0,58	-3,6	2,2
T (C°)(Q)	-1,0	1,36	-0,7	0,48	-4,2	2,2
<b>(2)[Enz](L)</b>	3,3	1,24	2,6	0,03	0,3	6,2
[Enz](Q)	-1,2	1,36	-0,9	0,39	-4,5	2,0
<b>(3)T. reação(L)</b>	5,0	1,24	4,1	0,04	2,1	8,0
<b>T. reação(Q)</b>	-3,7	1,36	-2,7	0,03	-6,9	-0,5
1x 2L	0,8	1,62	0,5	0,62	-3,0	4,7
1x 3L	-0,5	1,62	-0,3	0,77	-4,3	3,3
2x 3L	-0,9	1,62	-0,5	0,61	-4,7	3,0

A partir desses parâmetros, foi gerado o modelo matemático e as suas Superfícies de resposta figura 10:

$$Y = 77,2 + 3,3.X_2 + 5.X_3 - 3,7.X_3^2$$

**Tabela 21** – Análise de variância (ANOVA) para a resposta  $Y_1$  (%)

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F cal	F crítico	$R^2$ (%)
Regressão	644,56	03	214,85	16,73	3,41	82,9%
Resíduo	167,02	13	12,84			
Total	811,58	16				

**Figura 10** - Superfícies de resposta e curvas de contorno para a eficiência (%) em função do tempo de reação e da concentração enzimática (a) e (b).

Ao observar as superfícies de resposta do planejamento experimental enzimático, os melhores rendimentos são obtidos com o aumento da concentração enzimática e do tempo de reação. Sabemos que por se tratar de um planejamento que utiliza enzimas, a temperatura do meio reacional é um parâmetro importante para atividade enzimática máxima.

## 5.5 – RESULTADOS DO USO DE ULTRASSOM

A fim de se estudar os efeitos do uso da tecnologia de ultrassom sobre a parede vegetal da amostra, foram aplicados um pré tratamento por 20 minuto, temperatura de 35°C e frequência de 25kHz, em cada amostra extraída. Para comparar o efeito desta tecnologia foi realizada uma cinética de extração nos mesmos tempos. Os resultados estão na tabela 22.

**Tabela 22** – Comparação entre os rendimentos da extração com ultrassom e sem ultrassom.

<b>Cinéticas - Ultrassom</b>		
	Ultrassom (%)	Sem Ultrassom (%)
1 hora	27,23 <sup>a</sup> ±0,10	28,30 <sup>a</sup> ±0,32
2 horas	40,85 <sup>b</sup> ±0,28	40,37 <sup>b</sup> ±0,20
3 horas	47,44 <sup>c</sup> ±0,03	48,80 <sup>c</sup> ±0,22
4 horas	57,00 <sup>d</sup> ±0,24	56,69 <sup>d</sup> ±0,21

- Médias seguidas de mesma letra na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Uma possível vantagem para utilização do ultrassom deve-se ao fato deste melhorar a extração do óleo da estrutura das células vegetais graças a cavitação produzida pela onda sônica, e portanto reduzindo tempo de extração, quantidade de solvente e melhoria da qualidade da amostra (DANTAS, 2010)

De acordo com a análise estatística de Tukey, não houve variação significativa entre as duas extrações, demonstrando que as amostras sonificadas não modificaram sua estrutura física a ponto de permitir uma maior liberação de óleo. Em relação ao aumento do tempo de reação (uma, duas, três e quatro horas) foi possível observar que houve diferença significativa entre os tempos de extração. Assim conclui-se que quanto maior o tempo de extração, maior o valor do rendimento.

A ausência de melhora no rendimento do óleo de buriti, em muito pode ser atribuída a falta de investigação de alguns parâmetros que influenciam o processo de formação de microcâmaras de cavitação na amostra, principal responsável pelo rompimento da parede vegetal da amostra e liberação do óleo. A literatura reporta que a extração com ultrassom depende da intensidade da contração, tempo de exposição ao ultrassom, e temperatura do banho. Possivelmente este tempo de 20 min pode ainda ser muito baixa para

promover esse efeito pelo ultrassom. (Matos et al, 2010; Ametaj et al 2003; Freitas, 2007).

Resultado semelhante foi encontrado por Ametaj et al (2003), sobre a extração de óleo de fígado bovino, mesmo quando aplicado em tempos diferentes. Freitas (2007) em seu estudo sobre extração de óleo de semente de uva, também não obteve melhor rendimento com o uso de ultrassom.

## 5.6 – COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS

Para comparação, quatro processos de extração foram utilizados neste estudo, dois ensaios de extração aquosa, uma extração enzimática e uma extração assistida por ultrassom. A tabela 23 apresenta valores de rendimento e as principais condições empregadas para sua extração.

**Tabela 23** – Comparação da eficiência dos processos de extração.

<b>Tipo de extração</b>	<b>Valor de rendimento (%)</b>
<b>Primeiro Ensaio Aquoso</b>	50,6
<b>Segundo Ensaio Aquoso</b>	58,0
<b>Ensaio Enzimático</b>	82,9
<b>Ensaio com Ultrassom</b>	57,0
<b>Ensaio Sem Ultrassom</b>	56,6

O primeiro ensaio de extração aquosa utilizou 10g de amostra e uma temperatura de 90°C do banho em um tempo de 60 min de extração, no segundo ensaio a extração teve uma quantidade maior de amostra (60g) e um maior tempo de extração (2h), porém a temperatura usada no banho foi muito menor (60°C) e apesar da diferença de condição o resultado foi semelhante em rendimento.

Por tanto o processo poderá ser repetido em escala industrial, sem detrimento do valor de óleo obtido. Além disso a redução da temperatura utilizada de 90°C para 60°C representa uma economia para o processo, devido a redução da energia dispensada durante a extração para manutenção de altas temperaturas.

Sem falar da melhora da qualidade do produto final, a possibilidade de auto-oxidação por hidrólise dos ácidos graxos é maior quando se extrai óleo na presença de água a elevadas temperaturas. As insaturações presentes nos óleos e gorduras são centros ativos que, entre outras coisas, podem reagir com o oxigênio. Esta reação culmina na formação de produtos de oxidação que podem tornar os óleos ou a gordura impróprios para o consumo (FARIAS, 2010).

A extração enzimática a partir do uso das enzimas pectinase e celulase, foi capaz de extrair os melhores valores de óleo (82%). Quando se fala em extração com enzimas, se fala em extração sustentável, devido a natureza biológica das enzimas, e não é, mas possível ignorar os pontos negativos advindos da extração com solventes orgânicos. Assim comparado aos outros métodos empregados a extração aquosa enzimática representa um ótima opção de extração para óleos vegetais.

A utilização da tecnologia de ultrassom teve como objetivo facilitar a liberação do óleo presente nas micelas do vegetal através da formação de bolhas de cavitação que romperiam as rígidas estruturas da parede vegetal. O material sonificado, porém não apresentou diferença significativa em rendimento em relação ao material sem a aplicação do ultrassom como pré-tratamento. Em 4 horas de extração obtivemos aproximadamente 57% de rendimento para ambos os processos. Possivelmente o tempo e a frequência a que foi exposto o material ainda foram baixos e insuficientes para promover degradação da parede vegetal.

Oliveira em seu estudo sobre a extração de óleo de buriti por três diferentes métodos (artesanal, prensa hidráulica e solvente), concluiu que a extração artesanal, muito comum ainda nas comunidades ribeirinhas, foi o método que teve menor rendimento. Ao comparar a prensa e a extração por solvente, a autora viu que os rendimentos eram próximos, indicando assim a extração por prensa hidráulica. Como já discutido neste trabalho, a prensa hidráulica seria uma boa alternativa para extração, porém necessita de energia e altas temperaturas.



Cabe, portanto recomendar a investigação de novas metodologias de extração, chamadas de não convencionais como a aquosa e a assistida por enzima e ultrassom como as estudadas nessa pesquisa.

## 5.7 – CARACTERIZAÇÃO EM FUNÇÃO DOS PROCESSOS APLICADOS.

### 5.7.1 – Ácidos graxos livres

Os óleos obtidos na cinética de extração em 01 hora, 02 horas, 03 horas e 04 horas com e sem ultrassom foram analisados quanto ao seu valor de acidez (tabela 24) e peróxido (tabela 25). Visando relacionar o tempo de extração e a tecnologia de ultrassom com o aumento ou diminuição da produção de ácidos graxos livres.

De acordo com Lutz (1985), a determinação de acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres, tornando-se portanto, indispensável sua quantificação após os processos de extração.

**Tabela 24** – Valores de ácidos graxos livres no óleo extraído com e sem ultrassom.

	AGL (%) <sup>1</sup>	
	Ultrassom	Sem ultrassom
1 hora	2,08 <sup>ac</sup> ±0,079	2,55 <sup>bc</sup> ±0,046
2 horas	2,20 <sup>ac</sup> ±0,092	2,60 <sup>bc</sup> ±0,058
3 horas	2,44 <sup>ac</sup> ±0,098	2,72 <sup>bc</sup> ±0,031
4 horas	2,23 <sup>ac</sup> ±0,88	2,32 <sup>bc</sup> ±0,043

- Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna e na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup>AGL – Acido Graxo Livre (% de acido oleico).

Entre os tempos de extração, entre uma e quatro horas não houve variação significativa entre os tempos estudados em ambos os processos. Para a extração em uma, duas, três e quatro horas os valores absoluto de acido

graxo livre foi ligeiramente superior sem o uso do ultrassom, porém quando se analisa estatisticamente este valor, não há diferença significativa ( $p < 0,05\%$ ). Ainda assim, em ambos os processos o valor de AGL% foi inferior 4,0mg KOH/g para óleos vegetais prensados a frio e não refinados. (Brasil, 2005).

Matos (2010), em seu estudo sobre extração de óleo de borra de café, encontrou valor de ácidos graxos livres de 16,59mg KOH/g de óleo quando extraiu óleo com auxílio de tecnologia de ultrassom combinada a solvente orgânico.

Vásquez-Ocmínetal (2010) estudando a variação entre cinco morfotipos de buriti encontrou valores entre 2,1 – 3,5 mg KOH/g, resultado semelhante ao encontrado na pesquisa.

### 5.7.2 – Índice de peróxido

A análise de peróxido é muito importante para medição do estado oxidativo de um óleo, a ANVISA preconiza valor máximo de 10meq/kg para o índice de peróxido em um óleo refinado. (BRASIL, 2005). Na tabela 25 temos os valores de peróxido no óleo extraído com e sem o uso de ultrassom.

**Tabela 25** – Valores de peróxido no óleo extraído com e sem ultrassom.

	Peróxido <sup>1</sup>	
	Sem ultrassom	Com ultrassom
1 hora	3,76 <sup>a</sup> ±0,072	1,97 <sup>b</sup> ±0,012
2 horas	3,94 <sup>a</sup> ±0,022	1,93 <sup>b</sup> ±0,019
3 horas	3,93 <sup>a</sup> ±0,023	1,97 <sup>b</sup> ±0,008
4 horas	3,83 <sup>a</sup> ±0,058	1,94 <sup>b</sup> ±0,015

- Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna e na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup>valores expressos em mEq peróxido / Kg da amostra.

Os resultados para peróxidos diferiram significativamente em relação ao tipo de extração empregada. O uso de ultrassom reduziu significativamente o valor de peróxido no óleo, conforme tabela 25.

### 5.7.3 – Perfil de fibras insolúveis

A fim de conhecer o efeito dos tratamentos empregados para extração sobre o perfil de fibras do fruto, realizou-se após o processamento, a análise dos resíduos provenientes das extrações: Térmica sem ultrassom, térmica com ultrassom, enzimática (pectinase + celulase) e do fruto in natura. Para cálculo dos resultados foi considerado o valor total de fibras insolúveis de 10,75 g/100g conforme tabela 14. Os resultados estão expressos na tabela 26.

**Tabela 26** – Perfil de fibras nos resíduos de extração de óleo de buriti

TRATAMENTOS	FIBRAS INSOLUVEIS		
	CELULOSE (%)	HEMICELULOSE (%)	LIGNINA (%)
Térmico	2,84 <sup>a</sup> ±0,11	0,53 <sup>a</sup> ±0,26	1,23 <sup>a</sup> ±0,17
Com ultrassom	2,42 <sup>a</sup> ±0,05	0,60 <sup>a</sup> ±0,01	0,99 <sup>a</sup> ±0,08
Enzimático	2,47 <sup>a</sup> ±0,03	0,48 <sup>a</sup> ±0,15	1,21 <sup>a</sup> ±0,08
In natura	4,43 <sup>b</sup> ±0,03	0,85 <sup>b</sup> ±0,14	2,56 <sup>b</sup> ±0,02

- Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

Como observado na tabela 26 houve variação significativa (p<0,05%) nos valores celulose, hemicelulose e lignina nos diferentes tratamentos em relação ao valor in natura na amostra. De forma geral é possível observar uma redução no teor de fibras insolúveis na amostra após a retirada do óleo.

Conhecer o perfil de fibras nas amostras facilita a utilização das enzimas para extração do óleo. Neste estudo utilizou-se apenas enzimas com atividade de celulase, pectinase e tanase. Conforme visto na tabela 26, o perfil de celulose realmente é significativo, muito bem representada na amostra in natura. Os resíduos da extração enzimática apresentaram os menores valores absolutos de hemicelulose (3,59%), em relação a celulose houve também uma redução significativa (p<0,05%) em relação a amostra in natura, mostrando o efeito da enzima sobre a parede vegetal do fruto.

Melo (2008) encontrou valor de fibras insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina) do fruto de buriti de 18,21% e de fibras solúveis (pectinas) é de 4,54%. Diferente dos resultados da pesquisa.

Após a análise do perfil de fibras insolúveis é possível indicar a melhor mistura de enzimas para extração do óleo, sendo recomendado então o uso de pectinase e celulase para extração de óleo deste fruto.

A utilização dessas enzimas já vem sendo estudada, preparações comerciais enzimáticas contendo pectinases, celulases e hemicelulases começaram a ser utilizadas para extração de óleo de oliva, sendo adicionadas durante a prensagem das azeitonas para melhorar o processo de extração (UENOJO, 2007).

O uso de enzimas de maceração aumenta a extração de agentes antioxidantes e de vitamina E em óleo de oliva extra virgem, reduz a indução ao ranço, aumenta a extração, melhora o fracionamento na centrifugação e produz óleo com baixo teor de umidade (UENOJO, 2007).

#### **5.7.4 – Perfil de ácidos graxos**

A variedade na proporção de ácidos graxos presentes nas variedades de óleo vegetais, e conseqüentemente em seus derivados tem influência direta na sua capacidade de resistir aos processos degradativos (MELO, 2010). O perfil de ácidos graxos foi determinado para três processos diferentes de extração: extração aquosa; extração assistida por enzimas (Pectinase, celulase); extração assistida por ultrassom. Todas escolhidas no mesmo tempo de extração em seus melhores valores de rendimento. Os resultados estão expressos na tabela 27.

**Tabela 27** – Composição em Ácidos Graxos de três diferentes métodos de extração do óleo de buriti.

Acido graxo (%)	Extração Térmica	Extração Pectinase e Celulase	Ultrassom
16:0 (Palmítico)	20,98	19,57	21,44
16:1 (Palmitoleico)	0,64	0,37	0,53
18:0 (Esteárico)	0,99	1,28	0,88
18:1 (Oleico)	75,97	76,5	75,72
18:2 (Linoléico)	1,42	1,3	1,43
20:0 (Araquidônico)	ND	0,98	ND
<b>Saturação dos ácidos graxos</b>			
Saturados	22,61	21,83	22,32
Monoinsaturados	76,61	76,86	76,25
Poliinsaturados	1,42	1,11	1,43

A partir dos dados obtidos de extrações, é possível observar que não houve variação entre os métodos empregados, considerando nos três métodos como prevalente os ácidos oléico e palmítico. Para o ácido palmítico a extração com ultrassom como pré-tratamento teve o maior percentual (21,44%). Albuquerque (2003) encontrou valores inferiores de 17,3 – 19%, também foram menores os resultados de Manhães (2007) de 17,34%, Rodrigues et al (2010) de 18,75% e Tavares et al (2003) de 18,0%.

O maior valor encontrado para o ácido oléico (76,5%) foi na extração a partir do uso de enzimas. Este valor foi semelhante ao encontrado na literatura, Silva et al (2009) encontrou valores de 74,06%, Tavares et al (2003) de 73,5% e Rodrigues et al (2010) de 75,50%. Albuquerque (2003) Manhães (2007) encontraram valores superiores de 78,3% e 78,7% respectivamente.

Observa-se, portanto que além do elevado valor lipídico, também há elevado conteúdo em ácido oléico nesta fração oleosa, conferindo-lhe portanto um alto grau de insaturação, característica de interesse para indústria alimentícia. Principalmente por que este valor é semelhante ao encontrado no perfil de ácidos graxos do azeite de oliva (Brasil, 1999).

De acordo com a literatura, o ácido palmítico pode ser saturado, aumenta a estabilidade do óleo contra a oxidação, sendo que o óleo contendo 15-25% de ácido palmítico é adequado para a produção de alguns subprodutos alimentícios, como margarinas (VIEIRA, 2006). Comparando os dados da maior porcentagem do óleo de buriti (21,44%) podemos concluir que este óleo se encontra na faixa adequada para produção de margarinas.

## 6 – CONCLUSÕES

- A partir da caracterização física do fruto do buriti foi possível classificá-lo como arredondado, sendo suas medidas de diâmetros (D1 e D2) e comprimento (L) bastante aproximadas, diferente de alguns trabalhos já realizados.
- Do peso total do fruto, cerca de 50% representa a amêndoa e aproximadamente 13% da massa em polpa, o restante dividiu-se em casca e fibras. A composição centesimal da mistura de polpa e casca do fruto de buriti apresentou maior valor médio para lipídios (25,22%) além da alta porcentagem de fibras totais (28,69%).
- Nas extrações aquosas, os rendimentos obtidos tanto para extração a 90°C quanto para extração a 60°C tiveram rendimentos inferiores ao obtido através da extração com solvente orgânico, porém por se tratar de uma metodologia econômica e mais segura, a extração aquosa representa vantagens sobre o processo de extração por solvente.
- De acordo com a análise de superfície de resposta, os melhores resultados para extração aquosa foram obtidos com baixa diluição (2:1) e o maior tempo de centrifugação (45min).
- A diminuição da temperatura do meio reacional de 90°C para 60° e o aumento da quantidade de amostra de 10g para 60g, na extração aquosa, foi capaz de reproduzir os mesmos valores de rendimento sendo de 50% e 58%, respectivamente.
- A extração aquosa enzimática, a partir do uso das enzimas de maceração pectinase e celulase, foram capazes de extrair cerca de 80% do total de óleo da amostra, determinado pela extração com solvente orgânico, demonstrando as vantagens deste processo sustentável sobre a extração

convencional por solvente, como economia de energia, segura na extração, melhora do produto final, não agressão ao meio ambiente entre outros.

- A análise estatística dos efeitos demonstrou que a concentração de enzima (L), o tempo de reação (L) e (Q) foram as variáveis mais significativas do processo de extração aquosa enzimática, em nível de 5% de confiabilidade para Teste t de *student*.
- A cinética de extração com e sem o uso de ultrassom, mostrou que o tempo de extração teve efeito positivo em relação ao rendimento do processo. Comparando o uso do ultrassom, não houve variação entre os valores de rendimento para os mesmos tempos de extração.
- O perfil de fibras insolúveis, importante para a eficiência do uso de enzimas de maceração, variou entre os métodos empregados para extração. Os valores de celulose, hemicelulose e lignina, foram maiores na composição in natura do que nos resíduos dos métodos térmicos, ultrassom e enzimático.
- Estes métodos não foram capazes de modificar o perfil de ácidos graxos. Tanto para a extração térmica, quanto para a com uso de ultrassom e enzimática o valor de ácidos oleico foi o maior valor encontrado em todos os métodos, cerca de 76% característico de óleos com perfil monoinsaturado..
- O uso de ultrassom na extração do óleo de buriti foi capaz de reduzir o valor de peróxido na amostra. Porém, não houve variação de acordo com o aumento do tempo de extração.
- Em relação ao valor de acidez, o ultrassom não foi capaz de reduzir os valores encontrados nos óleos sem a aplicação desta tecnologia, possivelmente o tempo de exposição e a potencia do ultrassom não foi capaz de proteger o óleo dos efeitos de hidrolise do processo de extração.



## 7 – REFERENCIAS

ABREU, R. F.; Pinto, G. A. S. Extração do Óleo da Polpa de Abacate Assistida por Enzimas em Meio Aquoso. XVII simpósio nacional de bioprocessos. Natal/RN, 2009.

AKOH, C.C. &MIN, D. (Eds) – Food Lipids. Marcel Deker, Inc. New York, 1997.

ALBUQUERQUE, M.L.S.; GUEDES, I.; ALCANTARA Jr., P., MOREIRA, S.G.C., BARBOSA, N.M., CORREA, D.S., ZILIO, S.C. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies (2005) Journal of the Brazilian Chemical Society, 16 (6 A), pp. 1113-1117

ALBUQUERQUE, M. L. S; GUEDES I.; ALCÂNTARA P., *et al.* Infrared absorption spectra of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil – Vibrational Spectroscopy 33 (1-2): 127-131 DEC 19 2003.

ALBUQUERQUE, S. R. S.; REGIANI, A. M. Estudo do fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*) para obtenção de óleo e síntese de biodiesel. In: 29a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). 2006, Acre. Resumos... Acre: SBQ, 2006. CD Rom.

AMBROSIO, C.L.B.; CAMPOS, F. A. C. S; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. Rev. Nutr., Campinas, 19(2):233-243, mar./abr., 2006

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. Rev. Inst. Adolfo Lutz, 66(1): 232-240, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16. ed. Washington, DC, 1995. 2000 p.

BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D.; JR, M. M. Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. -Arecaceae): estimativas de produtividade de polpa e óleo vegetal em uma área de savana em Roraima. In: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

– INPA, Coordenação de Pesquisas em Ecologia – CPEC. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2009, Amazônia. Relatório de Pesquisa... Amazônia: INPA, 2010. p.23

BELITZ, H.- D.; GROSCH, W. **Food chemistry**. 3rd ed. Berlin ; New York: Springer, 2004. 1070p.

BELTRÃO, N. E. de M. Oleaginosas Potenciais do Nordeste para a Produção de Biodiesel. Embrapa Algodão. Documentos, 177. Campina Grande, 2007.

BICALHO, F. S. Propriedades físicas do poliestireno e do poli (metacrilato de metila) modificados com óleo de buriti. Dissertação de mestrado Universidade Federal do Pará. Belém, 2006.

BRASIL, E.C.L. et. al. Nutracêuticos, Alimentos Funcionais e Fitoterápicos: O Uso das Plantas na Promoção, Prevenção e Restauração da Saúde. XI Encontro de Iniciação à Docência. UFPB-PRG, 2008.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Resolução nº 482/99 da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial, Brasília, 13 out. 1999. Seç. I, nº 196-E, p. 82- 7. Aprova o regulamento Técnico referente a Óleos e Gorduras Vegetais, constante do anexo desta Resolução. (Anexo 13 – Azeite de oliva).

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 270 de 22 de Setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal.

BRENNAN, J. G.; BUTTERS, J. R.; COWELL, N. D.; LILLEY, A. E. V. Food engineering operations. Linton Road, England: Elsevier Applied Science, 1990.

BORGES, L. R.; HELBIG, E.; BUENO, F. M.; ROSA, C. G.; PEREIRA, M. R.; ZAMBIAZI, R. C. DIAS, A. R. G. Avaliação da Qualidade e Conteúdo de Fenóis do Óleo de Linhaça Prensado a Frio. XII ENPOS, 2010.

CALBO, A. G.; CALBO, M. E. R.; SANTELLI, P. Fisiologia pós-colheita de frutos da palmeira *Mauritia vinifera Mart.* (Arecaceae). Acta bot. bras. 23(3): 697-702. 2009.

CARNEIRO, T.B. CARNEIRO, J. G. M. e. FRUTOS E POLPA DESIDRATADA BURITI (*Mauritia flexuosa* L.): ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E TECNOLÓGICOS. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.2, p. 105 – 111 abril/junho de 2011

CARVALHO, C. O. de. 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 de mestrado da Universidade do Estado do Amazonas, 2011.

CARVALHO, J. E. U. de, MÜLLER C. H. Biometria e Rendimento Percentual de Polpa de Frutas Nativas da Amazônia. In: Embrapa- Comunicado Técnico 139, 2005, Belém. Proceedings... Belém: EMBRAPA, 2005. p.3

CHRISTIE, W. W. Lipid analysis: isolation, separation, identification, and structural analysis of lipids. 2nd Ed. Oxford, [Oxfordshire], England New York : Pergamon Press, 1982.

CHRISTIE, W. W. What is a Lipid?. Scottish Crop Research Institute (and Mylnefield Lipid Analysis), Invergowrie, Dundee (DD2 5DA), Scotland, 2007 Disponível em: [www.lipidlibrary.co.uk](http://www.lipidlibrary.co.uk). Acessado 04 de abr de 2011.

DEGÁSPARI, C. H; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. Visão acadêmica, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, jan.- jun./2004

DE ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. Identification and Quantification of Carotenoids, By HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian Fruits. J. Agric. Food Chem. 2007, 55, 5062-5072.

FACCO, E. M. P. Compostos funcionais no processamento de vinhos. 2006. 131p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, S

FARIA, L. A. Hidrólise do óleo da amêndoa da macaúba com lipase extracelular de "*Colletotrichum gloesporioides*" produzida por fermentação em substrato líquido. Dissertação de mestrado UFMG, 30 de Junho, 2010.

FERREIRA, M. das G. R. Buriti (*Mauritia flexuosa L.*): Informação Tecnológica em Agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2010.

FOGAÇA, F. H. S. Efeito do tocoferol no desempenho e na estabilidade lipídica da Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA -Jaboticabal, SP. 2005

FRANÇA, L. F; REBER, G; MEIRELES, M.A.A.; Machado,N.T; Brunner,G. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. *J. Supercritical Fluids* 14 (1999) 247.

FUJITA, E. Qualidade e conservação frigorificada do fruto de buriti (*mauritia flexuosa L. F.*). dissertação de mestrado - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"/FCA – BOTUCATU, SP. 2007

GALDINO, A. P. P. ESTUDO DE MERCADO: ANDIROBA, BURITI/MIRITI, MURUMURU. Outubro de 2007

GROSS, J. Pigments in vegetables: Chlorophylls and carotenoids. New York, N.Y.: AVI : Van Nostrand Reinhold, c1991. 351p., il. ISBN 0442006578 (enc.)

GODOY, H. T.; Rodriguez-Amaya, D. B. Buriti (*Mauritia vinifera Mart*), uma fonte riquíssima de pró-vitamina A. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 38, p.109-120, 1995.

GOGOLEWSKY, M., NOGALA-KALUCKA, M., SZELIGA, M. Changes of the Tocopherol and Fatty Acid Contents in Rapeseed Oil during Refining. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, v.102, p. 618-623, 2000.

GUEDES, Andréa Madalena Maciel. Estudo da extração de óleo da polpa de tucumã por CO<sub>2</sub> supercrítico. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém, 2006.

GUNSTONE, F.D.; Norris, F. A –lipids in foods: chemistry, biochemistry and technology, Oxford: Pergamon Press, 1983. p.29-42.

GUNSTONE, F. D. Lipid glossary 2. Bridgwater, England: Oily, 2000. 250 p., il. (Oily Press lipid library; v. 12.) ISBN 0953194922

GUNSTONE, F. D. An introduction to the chemistry of fats and fatty acids. London: Chapman & Hall, 1958. 161p., il. ISBN (Enc.)

JAIN; R. K., BAL; S. Physical properties of pearl millet. Journal of Agricultural Engineering Research, v. 66, p. 85 – 91. 1997.

KATES, M. Techniques of lipidology : isolation, analysis, and identification of lipids / Morris Kates -- Amsterdam New York : Elsevier New York, NY, U.S.A. : Sole distributors for the U.S.A. and Canada, Elsevier Science Pub. Co., 1986.

LIMA, A.L.S; LIMA, K.S.C; COELHO, M.J.; SILVA, J. M.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S. Avaliação dos Efeitos da Radiação Gama nos Teores de Carotenóides, Ácido Ascórbico e Açúcares do Fruto Buriti do Brejo (*Mauritia flexuosa* L.). REV. ACTA AMAZON. vol. 39(3) 2009: 649 – 654.

LIMA, L. P. Produção de ácidos graxos assistida por ultrassom visando à produção de biodiesel. Universidade federal do Ceará. Programa de pós-graduação em engenharia química. Fortaleza - CE 2010.

LUTZ, I. A. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físicos e químicos para análises de alimentos. 3.ed. São Paulo: IMESP, 1985. v.1. 533p.

MACEDO G.A.; MATSUDA, I. k.; BATTESTIN, V. Seleção de fungos produtores de tanase em resíduos vegetais ricos em taninos. Ciênc.agrotec., Lavras, v. 29, n. 4, p. 833-838, jul./ago., 2005.

MACHLIN. L. J. VITAMIN E: a comprehensive treatise. New York, N.Y.: M. Dekker, 1980. 660p., il. (Basic and clinical nutrition; v. v.1).

MANHÃES, Luciana Ribeiro Trajano. Caracterização da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*, Mart.) com vista sua utilização como alimento funcional. Seropédica: UFRRJ, 2007. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

MARIANO, R. G. B.; Extração do Óleo da Polpa de Pequi (*Caryocar brasiliense*) por Processos Convencionais Combinados com Tecnologia Enzimática. Dissertação de mestrado. UFRRJ, 2008.

MARIATH, J. G. R.; LIMA, M. C. C.; SANTOS, L. M. P.; Vitamin A activity of buriti (*Mauritiaviniifera* Mart) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia. The American Journal of Clinical Nutrition, 49, 849-853, 1989

Matos, L. J. B.L et al. ESTUDO COMPARATIVO DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA BORRA DE CAFÉ. V CONNEPI – 2010

MEDINA, L. S. A. Phenolic Compounds: Their Role During Olive Oil Extraction and in Flaxseed – Transfer and Antioxidant Function. University of Lleida Agronomical, Forestal and Food Systems Doctorate Program Food Technology Department Lleida, Spain, 2006.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, Antonio J; VICARIO, Isabel M and HEREDIA, Francisco J. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. ALAN [online]. 2007, vol.57, n.2 ISSN 0004-0622

MELO, W.S., Avaliação Tecnológica da Potencialidade do Fruto Buriti (*Mauritia flexuosa*). Dissertação de mestrado Universidade Federal do Pará. 2008.

MELO, F. A.; PINTO, G. A. S.; GONÇALVES, L. R. B.; FERREIRA, A. L. O. Imobilização de Tanas em Suportes Vítreos Utilizando  $\alpha$ -Aminopropiltriétoxilano (ATPS). Comunicado técnico 109. ISSN 1679-6535 Dezembro, 2005 Fortaleza, CE.

MELO, J. T. de. Resposta de mudas de espécies arbóreas do cerrado a nutrientes em latossolo vermelho escuro. Brasília: Universidade de Brasília, 1999. 104p. Tese Doutorado

MOURÃO, D. M.; SALES, N.S.; COELHO, S. B.; PINHEIRO-SANTANA, H. M. Biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis. Rev. Nutr., Campinas, 18(4):529-539, jul./ago., 2005

MOHSENIN, N.N. Physical properties of plants and animals material s. 2. ed. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1986.

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

O'BRIEN, R.D. Fats and Oils: Formulating and Processing for applications, 1ª ed., Technomic Publishing Company book, 1998.

O'BRIEN, R. D. (Richard D.). Fats and oils: formulating and processing for applications. 2th. ed. Lancaster: Technomic, 2004.

OFFICIAL methods and recommended practices of the AOCS. 5th ed. Champaign: AOCS, 1998-. nv., il.

PEIXOTO, C. A. Recuperação de tocoferóis do destilado da desodorização do óleo de palma: fracionamento com dióxido de carbono supercrítico. 2004. 54f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP

PEREIRA, N. de P., ESTUDO FITOQUÍMICO DO ÓLEO DA SEMENTE DE [*Camomilla recutita*(L.) Rauschert] CAMOMILA, COM AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E FUNCIONAIS EM EMULSÕES. Tese de doutorado - Universidade Federal do Paraná, CURITIBA, 2008.

PESCE, C. Oleaginosas da Amazônia. 2 ed., rev. e atual. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi; Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009. 334. p.: il. ISBN 978-85 61377-06-9 (MPEG) e 978-85-60548-39-2 (MDA).

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. óleos e gorduras: aplicações e implicações. Revista Analytica . Fevereiro/Março 2007.

RIBEIRO, B.D. Aplicação de Tecnologia Enzimática na Obtenção de  $\beta$ -Caroteno a partir de Óleo de Buriti (*Mauritiavinifera*). Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) –Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008

RIBEIRO, E. P; SERAVALLI, E. A. G. Química de alimentos. 2º edição. São Paulo. Editora: Blucher, 2007.

RIBEIRO, B. D; COELHO, M. A. Z; BARRETO, D. W. Production of concentrated natural beta-carotene from buriti (*Mauritiavinifera*) oil by enzymatic hydrolysis. Food Bioprod.Process. (2011).

RIBEIRO, B. D.; NASCIMENTO, R. F.; BARRETO, D. W.; COELHO, M. A. Z.; FREITAS, S. P. An ethanol-based process to simultaneously extract and fractionate carotenoids from *mauritiaflexuosa* l. pulp. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 32, n. 3, p. 657-663, Setembro 2010.

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

RODRIGUES, A. M. da C.; DARNET, S.; SILVA, L. H. M. da. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucumã (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliania maripa*) fruits. **J. Braz. Chem. Soc.**, São Paulo, v. 21, n. 10, 2010

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. (autor). Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods. Arlington: J. Snow, 1997. 88p. (OMNI Project)



ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciênc.Tecnol.Aliment.*, Campinas, 27(1): 53-60, jan.-mar. 2007.

RODRIGUEZ-amaya.D.B.: Assessment of the provitaminA contents of foods – Brazilian experience. *Journal of Food Composition and Analyses*, 9, 196-239, 1996.

SANTOS, L. M. P.; Nutritional and ecological aspects of buriti or aguaje (*Mauritiaflexuosa*Linnaeus filius): a carotene-rich palm fruit from Latin America. *EcologyofFoodandNutrition*, 44, 1-14, 2005

SANTOS, R. D.; FERRARI, R. A. Extração Aquosa Enzimática De Óleo De Soja. *Ciênc.Tecnol.Aliment.*, Campinas, 25(1): 132-138, jan.-mar. 2005

SILVA, L H. MELLER; DARNET, S. H; RODRIGUES, A. M. C.; LINS, R. T.Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritiaflexuosa*) and patawa (*Oenocarpusbataua*) fruit pulp from the amazon region. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 31, n. 2, jun. 2011 .

SHAHIDI, F. Ho, Chi-Tang. PHENOLIC compounds in foods and natural health products. Washington, DC: American Chemical Society: Distributed by Oxford Univ., c2005. 308p., il. (ACS symposium series; v. 909). ISBN 084123891X (enc.)

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. Aproveitamento, amadurecimento e conservação dos frutos do buriti. Brasília: CDT/UnB, 2010. (Buscar pelo Código da Resposta: 16247).

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. Extração de óleo de buriti. Brasília: CDT/UnB, 2008. (Buscar pelo Código da Resposta: 9135).

SHANLEY, P.; MEDINA, G. Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica. Publicado: CIFOR e IMAZON, Belém, Brasil, 2005. p.186.

SILVA, I. C. C. USO DE PROCESSOS COMBINADOS PARA AUMENTO DO RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO E DA QUALIDADE DO ÓLEO DE MACAÚBA. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009

SILVA, S.M.; SAMPAIO, K.A.; TAHAM, T.; ROCCO, S.A.; CERIANI, R.; MEIRELLES, A.J.A. Characterization of oil extracted from buriti fruit (*Mauritia flexuosa*) grown in the Brazilian Amazon region. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 86, p. 611-616, 2009.

SILVA, L. H. M. ; DARNET, S H ; RODRIGUES, Antonio Manoel da Cruz ; LINS, Roseana Telles . Nutritional composition, fatty acid and tocopherol content of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from Amazonian region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 31, p. 1-8, 2011.

STIEVEN, A. C.; MOREIRA, J. J. S.; SILVA, C. F.. Óleos essenciais de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): avaliação das atividades microbiana e antioxidante. *Eclet. Quím.*, São Paulo, v. 34, n. 3, 2009 .

TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S.; LAMARDO, L. C. A.; CAMPOS, N. C.; JORGE, L. I. F.; GONZALEZ, E. Composição química e estudo anatômico dos frutos de buriti do Município de Buritizal, Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 62 (3), 227-232, 2003.

TEIXEIRA, C. B.; MACEDO G. A.; MACEDO, J. A.; SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. da C. Simultaneous extraction of oil and antioxidant compounds from oil palm fruit (*Elaeis guineensis*) by an aqueous enzymatic process. *Bioresource technology* 129C:575-581. 2013

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. PECTINASES: Aplicações Industriais E Perspectivas. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 2, 388-394, 2007.

VIEIRA, M. A. R. Caracterização dos ácidos graxos das sementes e compostos voláteis dos frutos de espécies do gênero *passiflora*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu. Dissertação de mestrado. BOTUCATU – SP, 2006.

WAYNICK, J.A. Characterization of Biodiesel Oxidation and Oxidation Products.  
Experimental Investigation of Biodiesel Oxidation and Deposition Tendency, 2005