



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**ESTUDO DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) COMO FONTE DE ENERGIA
SUSTENTÁVEL E OBTENÇÃO DE INSUMO PARA O SETOR FARMACÊUTICO**

Aluno: Abimael Pereira Nunes

Orientador (a): Gláucia Eliza Gama Vieira

**PALMAS/TO
2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**ESTUDO DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) COMO FONTE DE ENERGIA
SUSTENTÁVEL E OBTENÇÃO DE INSUMO PARA O SETOR FARMACÊUTICO**

Aluno: Abimael Pereira Nunes

Orientador (a): Gláucia Eliza Gama Vieira

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal do Tocantins como parte dos
requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Agroenergia.**

**PALMAS/TO
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

N972e Nunes, Abimael Pereira.

ESTUDO DA MAÇAÚBA (*Acrocomia aculeata*) COMO FONTE DE ENERGIA SUSTENTÁVEL E OBTENÇÃO DE INSUMO PARA O SETOR FARMACEUTICO / Abimael Pereira Nunes . – Palmas, TO, 2015.

111 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2015.

Orientadora : Gláucia Eliza Gama Vieira

1. Biodiesel. 2. Extrativismo. 3. Uso comercial. 4. Agroenergia. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

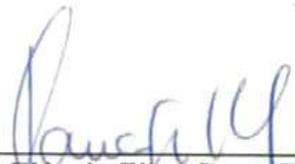


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

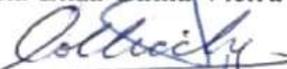
**ESTUDO DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) COMO FONTE DE ENERGIA
SUSTENTÁVEL E OBTENÇÃO DE INSUMO PARA O SETOR FARMACÊUTICO**

Aluno: Abimael Pereira Nunes

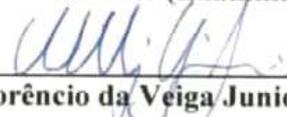
APROVADA EM 03 / 07 /2015



Prof. Dra. Gláucia Eliza Gama Vieira (Presidente- UFT)



Prof. Dr. Erich Collicchio (Examinador Interno - UFT)



Prof. Dr. Valdir Florêncio da Veiga Junior (Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Maria do Carmo Nunes da Silva e Raimundo Pereira da Silva Filho pelo apoio, carinho e dedicação que sempre me concederam para que pudesse seguir de cabeça erguida por muitas vezes que estive cabisbaixo e por suportarem a minha ausência.

Aos meus irmãos, em especial Carmem Nunes, que sempre me incentivou e é um dos grande responsáveis por esta conquista de grande significância para mim e minha rainha, que sempre sonhou ver um filho formado, mesmo sem entender o que é ser mestre mas compreende a minha busca pelo saber.

EPÍGRAFE

Que os vossos esforços desafiem as
impossibilidades lembre-vos de que as
grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

A Deus, Nossa Senhora Aparecida e São Judas Tadeu que sempre esteve presente em minha vida, derramando bênçãos e proteção sobre mim e minha família;

Aos meus queridos Pais, M^a do Carmo Nunes da Silva e Raimundo Pereira da Silva Filho que me educaram de tal forma que eu pudesse um dia me tornar o ser humano que sou, íntegro e decidido;

As minhas tias Lucia Nunes, Vanusia Nunes, Maria Raimunda Nunes que contribuíram em alguns momentos de grande precisão;

A todos da minha família, que mesmo ao longe me estimularam para que acontecesse essa tão sonhada conquista;

A todos os amigos conquistados durante toda a jornada desse trabalho que de alguma forma cruzaram o meu caminho;

A minha estimada Professora Glaucia Elisa que abriu as portas de seu laboratório, concedendo-me a oportunidade de realização prática desse projeto de grande importância para minha formação profissional;

Ao professor Marcelo Mendes Pedroza pelo apoio, que não mediu esforços para me ajudar nas muitas vezes que me encontrava no poço de dúvidas dentro das estatísticas;

A todos os colegas do Laboratório de Análises e Desenvolvimento em Biomassas e Biocombustíveis (LEDBIO);

A todos os Professores e colegas do Mestrado em Agroenergia, pelo companheirismo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa concedida, importante incentivo para jovens pesquisadores que buscam o título de Mestre;

Por fim, todos aqueles que colaboraram com materialização dessa conquista.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo Geral	13
1.2 Objetivos Específicos (capítulo I)	13
1.3 Objetivos Específicos (capítulo II)	13
1.4 Objetivos Específicos (capítulo III)	13
1.5 Objetivos Específicos (capítulo IV)	13
1.6 Objetivos Específicos (capítulo V)	13
CAPÍTULO I	
DESCRIÇÃO E POSSÍVEIS USOS DA MACAÚBA (<i>Acrocomia aculeata</i>) NA PRODUÇÃO DE BIOENERGIA.....	15
Resumo.....	15
Abstract.....	15
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Aspectos gerais da macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)	17
2.1 Botânica e ocorrência.....	17
2.2 Floração	19
2.3 Frutificação.....	20
3 POTENCIALIDADE E UTILIZAÇÃO INTEGRAL DO FRUTO DA MACAÚBA.....	21
3.1 Epicarpo.....	21
3.2 Mesocarpo	22
3.3 Endocarpo.....	24
3.4 Amêndoa.....	25
4 ROTAS PARA OBTENÇÃO DE ÓLEO EM BIOMASSAS	26
5 EXTRATIVISMO SUSTENTÁVEL E CULTIVOS COMERCIAIS	27
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS.....	30

CAPÍTULO – II

ESTUDO DOS FRUTOS DA MACAUBEIRA PARA OBTENÇÃO DE BIOMASSA E EXTRAÇÃO DE ÓLEO EM ESCALA LABORATORIAL VISANDO PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	35
Resumo.....	35
Abstract.....	35
1 INTRODUÇÃO	36
2 MATERIAIS E MÉTODOS	37
2.1 Área de coleta.....	37
2.2 Material vegetal coletado.....	38
2.3 Estimativa da biomassa do fruto em áreas de ocorrências natural de macaúba e de plantio comerciais	40
2.4 Cinética de secagem e de extração.....	40
2.5 Extração do óleo por solvente em Soxhlet.....	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
3.1 Rendimento de óleo em base seca (amêndoa)	44
3.2 Cinéticas de secagem e extração de óleo da amêndoa	45
3.3 Extração e rendimento de óleo	45
4 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA BIOMASSA E DOS ÓLEOS PROVENIENTES DA MACAÚBA PARA FINS ENERGÉTICOS.....	54
Resumo.....	54
Abstract.....	54
1 INTRODUÇÃO	55
2 MATERIAIS e MÉTODOS	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
3.1 Análise imediata e poder calorífico superior	57
3.2 Caracterização química	61
4 CONCLUSÃO.....	65

REFERÊNCIAS.....	66
------------------	----

CAPITULO IV

AVALIAÇÃO ANTIBACTERIANA E ANTI-INFLAMATÓRIA FRENTE AO ÓLEO DOMESOCARPODA <i>Acrocomia aculeata</i>.....	71
Resumo.....	71
Abstract.....	72
1 INTRODUÇÃO	73
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	75
2.1 Área de coleta	75
2.2 Extração e caracterização química do óleo.....	76
2.3 Atividade antibacteriana	77
2.3.1 Preparo das soluções dos extratos	77
2.3.2 Micro-organismo	77
2.3.3 Preparação das placas.....	77
2.3.4 Preparação do inóculo	77
2.3.5 Atividade antibacteriana por teste de difusão em ágar e técnica de poços	78
2.4 Atividade anti-inflamatória	78
2.4.1 Inibição da ativação de macrófagos por LPS	78
2.4.2 Quantificação de nitrito em sobrenadante cultura de células da linhagem J774 tratadas com bioativos de plantas	79
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
3.1 Cinética de secagem.....	80
3.2 Composição Química.....	81
3.3 Atividade antibacteriana	82
3.4 Atividade anti-inflamatória	84
4 CONCLUSÃO.....	87
REFERÊNCIAS.....	88

CAPITULO V

INVENTO: EQUIPAMENTO E MÉTODO PARA COLETAR FRUTOS	93
Resumo.....	93
1 FUNDAMENTAÇÃO DA INVENÇÃO	94
1.1 Sumário descritivo do coletor.....	96
2 MATERIAL	98
3 CONCLUSÃO.....	98
REFERÊNCIAS.....	99
ANEXOS.....	100
Anexo A - Cromatogramas de íons totais do óleo do mesocarpo	101
Anexo B - Cromatogramas de íons totais do óleo da amêndoa.....	103
Anexo C - Tabelas das análises de variância dos experimentos em 120 a 360 minutos.....	105
Anexo D - Tabelas das análises de variância dos experimentos em diferentes tempos	106
Anexo E - Quadro com cepas testadas e resultados	107
Anexo F - Cromatografia em coluna e partição.....	109

APRESENTAÇÃO

A matriz energética mundial está estruturada nos derivados de petróleo, segundo alguns estudos, as projeções de extração para o futuro demonstram ser incapazes de suprir a crescente demanda, por estar diretamente ligado ao crescimento populacional. Na tentativa de solucionar os problemas vistos nas projeções de escassez do petróleo, nos órgãos públicos e privados têm-se buscado novas fontes de energia e a maior expectativa está nas espécies oleaginosas, por serem consideradas as mais promissoras para obtenção de óleos para fins energéticos.

O Brasil oferece grandes potencialidades para plantio de espécies oleaginosas, com relação a outros países, pois possuem condições edafoclimáticas, recursos hídricos adequados e disponibilidade de área para o plantio em grandes proporções. Pesquisas afirmam que o Brasil apresenta condições para liderar a produção mundial de biodiesel, com capacidade de promover uma substituição de até 60% do óleo diesel consumido no mundo.

A macaúba é uma planta pertencente à família da Palmae, gênero *Acrocomia*, há registros de ocorrência da espécie em quase todo Brasil, porém a sua maior concentração está nos estados de Minas Gerais e Goiás.

A palmeira da macaúba pode atingir de 10 a 15 metros de altura por 3 a 4 metros de diâmetro de copa. As folhas são pinadas com comprimento variando de 4 a 5 metros e com espinhos na região central.

Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, em forma de drupa globosa, com diâmetro de 2 a 5 centímetros.

O fruto possui quatro partes distintas: a mais externa, é uma casca fina e rígida (epicarpo), é que dá proteção ao mesocarpo que pode ser utilizada para produção de briquetes e também serve de ração para animais, o mesocarpo é uma composição fibrosa e sua cor varia entre amarelo claro e laranja-escuro. A casca interna (endocarpo), que protege a amêndoa, conhecida como tegumento que pode ser utilizado para fazer carvão ou mesmo queimado diretamente; e a quarta parte do fruto é a amêndoa que pode variar de uma a três amêndoas por frutos.

No contexto de utilização para setor industrial, o principal componente do fruto da macaúba, são os óleos extraídos do mesocarpo e da amêndoa. O uso em larga

escala de produtos e coprodutos da macaúba vêm sendo estruturado em função da sua adaptabilidade a diferentes ambientes e alta densidade energética. Os frutos podem gerar de 1500 a 5000 kg de óleo por hectare/ano.

O óleo da amêndoa e do mesocarpo de macaúba caracteriza-se pelo seu alto percentual de insaturação, tendo o ácido oléico como o componente majoritário.

As plantas perenes vêm sendo utilizadas no Brasil para ampliar os conhecimentos em silvicultura, medicina popular, melhoramento genético, e em outras áreas afins. Diversos fármacos obtidos a partir de plantas são usados como anti-inflamatórios e cicatrizantes. O processo inflamatório é uma ação fisiológica mais antiga e de conhecimento dos seres humano, por apresentar sinais característicos e ser uma das patologias mais frequentes em humanos e outros vertebrados. A macaúba possui substâncias bioativas, “ditas funcionais”, como antioxidantes, fibras e minerais imunomoduladores (como o Zinco).

Este trabalho é composto por cinco capítulos. O capítulo I refere-se a revisão de literatura apresentando a cultura estudada desde a inflorescência até a maturação do fruto, bem como as composições, potencialidades de aplicação dos compostos do fruto. O capítulo II aborda o estudo da extração de óleo em escala de laboratório visando a produção de biodiesel. Já no capítulo III trata da caracterização química e físico-química dos compostos do fruto da macaúba, determinação umidade, cinza, voláteis, carbono fixo, poder calorífico e a análise da composição química dos extratos. O capítulo IV descreve a avaliação do óleo do mesocarpo frente a cepas bacteriana e células macrófagos da linhagem J774. O capítulo V se refere a um equipamento desenvolvido “coletor”, visando à proteção dos frutos contra rachadura ao caírem, contaminação por microrganismo da microbiota local, além disso, promover a agilidade para coleta, segurança para os coletores (pesquisador e extrativistas). Por último, apresenta-se os anexos A, B, C, D, E e F dos cromatogramas, tabelas das análises de variância, quadro dos ensaios com as cepas e métodos da cromatografia de coluna.

1 Objetivos

1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial energético dos frutos da palmeira *Acrocomia aculeata*, quanto ao rendimento de óleo, estimativa de biomassa, condições de tratamento e aplicações dos co-produtos para fins comerciais, energéticos ou farmacêuticos.

1.2 Objetivos Específicos (capítulo I)

- Descrever a palmeira macaúba e suas respectivas biomassas;
- Destacar os possíveis usos dos frutos de macaúba para fins comerciais.

1.3 Objetivos Específicos (capítulo II)

- Avaliar o processo de desidratação da amêndoa;
- Estimar o volume de biomassa em adensamento natural;
- Determinar o rendimento de óleo de macaúba para fins energéticos.

1.4 Objetivos Específicos (capítulo III)

- Avaliar o potencial energético (poder calorífico) dos compostos dos frutos de macaúba;
- Realizar caracterização físico-química (análise imediata) da biomassa em estudo;
- Quantificar os compostos químicos dos extratos oleosos da amêndoa e do mesocarpo por CG/EM.

1.5 Objetivos Específicos (capítulo IV)

- Avaliar o tempo de secagem do mesocarpo da macaúba;
- Analisar os compostos químicos do óleo do mesocarpo;
- Testar atividade antimicrobiana e anti-inflamatória do óleo do mesocarpo.

1.6 Objetivos Específicos (capítulo V)

- Inovar o método de coleta dos frutos da macaubeira.

CAPÍTULO I

DESCRIÇÃO E POSSÍVEIS USOS DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) NA PRODUÇÃO DE BIOENERGIA

Abimael Pereira Nunes, Glaucia Eliza Gama Vieira

Resumo

Acrocomia aculeata, conhecida como macaúba, é uma palmeira nativa com alto potencial de fornecimento de óleo para a produção de biodiesel, além das grandes possibilidades de aplicações no setor de alimento e nas indústrias. A macaúba é uma palmeira arbórescente perene, frutífera, nativa de florestas tropicais com ampla distribuição geográfica. A floração ocorre entre os meses de outubro a janeiro, e o amadurecimento ocorre entre setembro e janeiro. Os frutos são formados por cerca de 20% (m/m) de casca, 40% (m/m) de polpa, 33% (m/m) de endocarpo e 7% (m/m) de amêndoa. O percentual de óleo na polpa e na amêndoa são 60% (m/m) e 55% (m/m) respectivamente. Cada parte do fruto tem suas particularidades: o epicarpo apresenta características para produção de briquetes e carvão ativado; o mesocarpo pode ser agregado na indústria na forma de alimentos, medicamentos, cosméticos e na geração de bioenergia; o endocarpo tem propriedades na fabricação de carvão e carvão ativado por demonstrar elevado poder de combustão é de grande importância na indústria química respectivamente; a amêndoa tem suas particularidades com óleo nobre com aproveitamentos nos setores cosmeceuticos, farmacêuticos, alimentícios e bioenergéticos.

Palavra chaves: Biodiesel, Extrativismo, Uso comercial

Abstract

Acrocomia aculeata, known as macaúba, is a high potential native palm tree which has been providing oil to biodiesel production, besides great possibilities of application in the food industry and general industries. The macaúba is a perennial arborescent palm tree, fruit tree, native from tropical forests with wide geographic distribution. The flowering occurs between the months of October to January, produces fruits all over the year and the maturing occurs between September to January, the fruits are formed for about 20% (m/m) of skin, 40% (m/m) of pulp, 33% (m/m) of endocarp and 7% (m/m) of almond. The percentages of oil in the pulp and in the almond are 60% (m/m) and 55% (m/m) respectively. Each part of the fruit has their particularity the epicarp presents characteristics to pellets production and activated coal; the mesocarp can be aggregate on the industry in form of food, medicine, cosmetics and for generating bioenergy, the endocarp has properties in the manufacturing of coal and activated coal to be proven high power of combustion and great matter to the chemical industry respectively; the almond has its particularities with noble oil with exploitation on the sectors of cosmeceutical, pharmaceutical, food and bioenergetics.

Key words: biodiesel, extractivism, commercial

1 INTRODUÇÃO

O uso de energia é tão antigo, quanto o início da humanidade e se apresenta nos dias atuais com grande valor funcional em quase todas as atividades realizadas pelo homem para o desenvolvimento do ser humano.

O Brasil pode se tornar um dos principais fornecedores de bioenergia para o mundo. O primeiro passo nesta direção foi dado ainda na década de 1970 com o desenvolvimento do Proálcool. Em 2006 foi lançado o Programa Nacional de Biodiesel (PNB) que teve como meta inicial estimular a produção de combustível a partir de óleos extraídos de plantas como mamona e palma (dendê) (NORONHA; ORTIZ; SCHLESINGER, 2006).

Com a grande procura de matéria prima e a demanda crescente para produção de energia e bicombustíveis, as palmáceas oleaginosas cujos frutos demonstram alto teor de óleo, passaram a ser alvo para suprir essa necessidade.

Em meio às oleaginosas perenes, a macaúba, *Acrocomia aculeata*, se destaca, além de ser facilmente encontrada nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste, até ultrapassa as fronteiras, atingindo América Central (OLIVEIRA et. al., 2009).

Afloração da *Acrocomia aculeata* ocorre praticamente no ano todo, entre o mês de setembro a fevereiro, com maior intensidade entre os meses de outubro a janeiro (CICONINE, 2012). Quanto à frutificação incide durante todo o ano e os frutos amadurecem, principalmente, entre setembro e janeiro (FARIA, 2010).

Segundo Behring et. al., (2010); Toledo (2010) e Ciconini (2012), as potencialidades da macaúba são de grande importância. O epicarpo pode ser utilizado para geração de biomassa e também na produção de carvão ativado. O mesocarpo possui os mais diversos fins, desde alimentação para ser humanos e animais, até produção em grande quantidade de óleo podendo substituir o óleo de soja e também um forte aliado para produção de biodiesel. Com relação a endocarpo, esse tem seu uso aplicado no artesanato, energia e carvão vegetal. A amêndoa tem aplicações na medicina, alimentos, cosméticos e combustíveis.

Nesse contexto, a palma de óleo (*Elaeis guineensis*) é a de maior produção e consumo no mundo. No entanto, a cultura apresenta restrições quanto ao seu cultivo, destacando-se dentre elas a exigência com relação aos fatores climáticos

(temperatura e pluviometria), que podem prejudicar o desenvolvimento desta cultura nas regiões do cerrado e pantanal. Já a macaúba por sua vez é amplamente adaptável a essas regiões, sendo que já ocorrem maciços naturais nesses biomas (SOUZA, 2013).

Segundo Rolim (1981), a palmeira macaúba apresenta vastas aplicações nos setores industriais e energéticos, devido a sua grande potencialidade, principalmente com relação a sua maior rentabilidade agrícola e produção total de óleo e com amplas vantagens sobre outras oleaginosas (BRANDÃO, 2013). Essas características vêm estimulando o desenvolvimento genético da cultura visando ao plantio comercial.

Vislumbrando o potencial oleaginoso das espécies da família *Arecaceae* do gênero *Acrocomia*, no qual a espécie é amplamente utilizada para diversas finalidades pela população sertaneja, optou-se por encaminhar os estudos à espécie *Acrocomia aculeata* cujos estudos químicos, físico-químicos ainda são insipientes.

1.1 Aspectos gerais da macaúba (*Acrocomia aculeata*)

2.1 Botânica e ocorrência

De acordo com Donatti (2004), a família *Arecaceae*, é composta por um grupo de espécies conhecidas como palmeiras. São mais de 119 espécies e 39 gêneros existentes no Brasil (AOQUI, 2012).

Conforme Novaes, (1952), o nome *Acrocomia* é derivado do grego "*Akron*" (uma) e "*Kome*" (cabeleira) sugerindo que as folhas estão dispostas no formato de uma coroa, (AZEVEDO FILHO; COLOMBO; BERTON, 2012). A macaúba encontra-se entre essas palmeiras, sendo arborescente perene, frutífera, nativa de florestas tropicais tipicamente brasileiras e com ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o sul do México até ao sul do Brasil (Figura 1), Paraguai e Argentina (AOQUI, 2012).

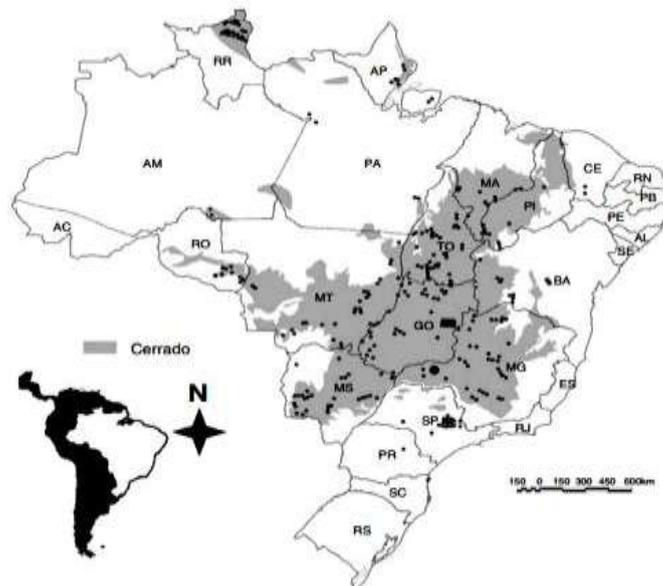


Figura 1: o mapa apresenta disposição geral de Ocorrência da espécie *Acrocomia* no cerrado brasileiro o bloco retangular é o Distrito Federal (DF) e representa 13 locais; o grande ponto no Triângulo Mineiro representa 21 locais no Município de Uberlândia. A área sombreada mostra a extensão do bioma cerrado no Brasil (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003)

No Brasil, a macaúba se destaca nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte (OLIVEIRA *et. al.*, 2009). Quanto a sua ocupação territorial nos estados brasileiros se dá notadamente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Piauí e Ceará (BHERING *et. al.*, 2010).

Quanto à estipe (caule), dessa palmeira, pode atingir de 10 a 15 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro (Figura 2). A região dos nós é coberta de espinhos escuros, pontiagudos com cerca de 10 cm de comprimento. Geralmente, o estipe é coberto pelas bases dos pecíolos, que permanecem aderidas a este por muitos anos. As folhas verdes, ordenadas em diferentes planos, dando um aspecto plumoso à copa, são pinadas com comprimento variando de 4 a 5m, apresentando aproximadamente 130 folíolos de cada lado e espinhos na região central (LORENZI *et al.*; TEXEIRA, 1996; MIRANDA *et. al.*, 2001; apud BRANDÃO, 2013).

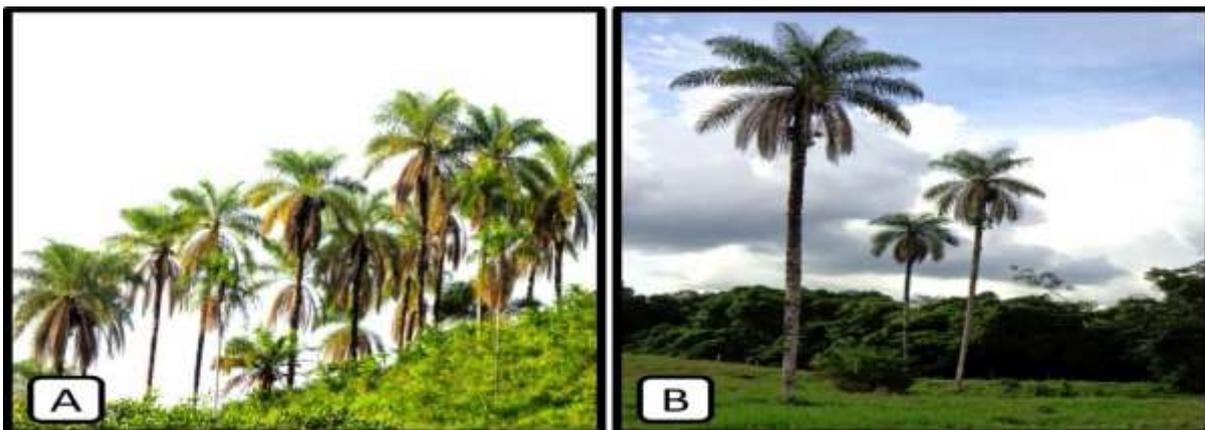


Figura 2: Palmeira macaúba: A) solo íngreme B) solo plano
Fonte: acervo pessoal.

A macaúba tem uma grande probabilidade de se tornar a palmeira oleaginosa de maior comercialização no contexto brasileiro, não somente pelo seu potencial oleaginoso, mas também por ser uma espécie genuinamente brasileira, que ocorre em grandes maciços naturais em quase todo território nacional. O óleo extraído das sementes (amêndoas) tem-se destinados para indústria de cosméticos, óleos e farinhas para alimentação humana e, ultimamente, como matéria prima para o biodiesel (FARIA, 2012).

2.2 Floração

A floração da *Acrocomia aculeata* ocorre praticamente o ano inteiro entre o mês de setembro a fevereiro, com maior intensidade entre os meses de outubro a janeiro (AOQUI, 2012; CICONINE, 2012).

As inflorescências são amareladas e pendentes, com 50 a 80 cm de comprimento, e os cachos de frutos de tom marrom-amarelado (Figura 3). As flores apresentam cor amarelo claro, são unissexuais e ambos os sexos brotam numa mesma inflorescência, sendo que as flores femininas nascem na base da inflorescência e as masculinas no topo (LORENZI, 2006; FARIA, 2010; CICONINI, 2012).



Figura 3: Inflorescência da macaúba
Fonte: acervo pessoal

A inflorescência é visitada pelas abelhas do grupo *Trigonia*, que coletam o pólen das flores masculinas e polinizam as flores femininas. Os principais polinizadores são coleópteros das famílias Curculionídea, Nitidulidae e Escarabaeidae (LORENZI, 2006).

2.3 Frutificação

A frutificação (Figura 5) ocorre durante todo o ano e os frutos amadurecem, principalmente, entre setembro e janeiro (LORENZI, 2006; FARIA, 2010).

Segundo Salis; Mattos (2009), constataram que ao longo de 1992 e 1993, ocorria em média quatro cachos verdes por palmeira, com menor número. Alguns indivíduos apresentaram sete cachos imaturos em 1992 e oito, em 1993 proporcionalmente. A variação do número médio de cachos maduros no geral é de 1,5 a 2, por palmeira, mas alguns indivíduos atingiram um número de cinco (setembro 1992), a quatro cachos maduros (outubro 1993) por mês.

Os frutos são drupas globosas esféricas ou ligeiramente achatadas em seus pólos, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm (AOQUI, 2012). De acordo com Pimentel *et. al.*, (2011) essas drupas possuem casca (epicarpo) de cor verde, quando em seus estágios iniciais de desenvolvimento, passando a tonalidade verde-amarela, amarela ou castanha quando maduro. Essa variação de cor é subordinada à região de ocorrência e da planta (FARIA, 2012).



Figura-4: Frutos da *Acrocomia aculeata*: A) cacho verde B) cacho início da maturação C) frutos maduros e D) frutos das coletas e higienizado
Fonte: acervo pessoal

Os frutos são formados por cerca de 20% (m/m) de casca, 40% (m/m) de polpa, 33% (m/m) de endocarpo e 7% (m/m) de amêndoa. Os teores de óleo são ligeiramente maiores na polpa 60% (m/m), em relação à amêndoa 55% (m/m). Já de acordo com Brandão (2013), os frutos são formados por cerca de 17% (m/m) de casca, 52% (m/m) de polpa, 24% (m/m) de endocarpo e 7% (m/m) de amêndoa.

Assim como o dendê, são extraídos dois tipos de óleo da macaúba. Da amêndoa é retirado um óleo fino, rico em ácido láurico 44% (m/m) e oleico 26% (m/m), tendo potencial para utilizações nobres, na indústria alimentícia, farmacêutica e de cosméticos (IICA, 2009; BEHERING et. al. 2010; FARIA, 2010; MENDES FILHO; MARCHI; NEVES, 2011).

3 POTENCIALIDADE E UTILIZAÇÃO INTEGRAL DO FRUTO MACAÚBA

3.1 Epicarpo

O epicarpo (Figura 6), possui uma quantidade muito baixa de óleo, o que torna inviável sua extração. A casaca é então destinada à queima, tornando fonte de energia (MELO, 2012).



Figura 6: Epicarpo do fruto da macaúba
Fonte: acervo pessoal

Segundo Ciconini (2012), o epicarpo pode ser utilizado para geração de biomassa e também na produção de carvão ativado.

De acordo com Behring (2010), o epicarpo representa uma oferta de grande potencial para produção de briquetes em torno de 348 toneladas por ano, de todo composto do fruto, sendo que o epicarpo representa 20% (m/m) do peso.

Nos estudos de Tolêdo (2010), determinou o poder calorífico do epicarpo da macaúba que foi de $4.941,25 \pm 6,99 \text{ kcal. kg}^{-1}$, o teor de lipídeos ($10,17 \pm 0,44\%$), e densidade básica ($0,46 \pm 0,01\text{g/cm}^{-3}$).

3.2 Mesocarpo

O mesocarpo possui os mais diversos usos alimentícios, como sucos e a farinha da polpa para sorvetes, geleia, bolos, biscoitos, pudim, uma espécie de mingau e produção de licores (Figura 6). Também como ração para animais de grande porte (exemplos ruminantes). O óleo da polpa de macaúba pode substituir o da soja na cozinha e também pode ser usado na produção de sabão e biodiesel (ARISTONE; LEME, 2006; TOLÊDO, 2010).

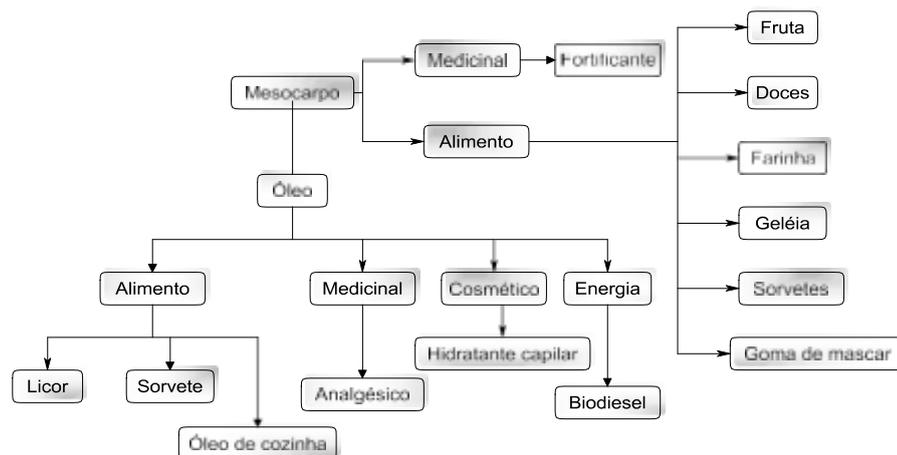


Figura 8 Fluxograma mostrando a utilização do mesocarpo
 Fonte: Adaptado de Lorenzi, (2006); Ciconini, (2012)

O mesocarpo é comestível, fibroso, de sabor adocicado, rico em glicerídeos, de coloração amarelo ou esbranquiçado e pode ser consumida *in natura* (FARIA, 2010; CICONINE, 2012).



Figura 7: A) mesocarpo aderido ao caroço, B) mesocarpo, C) mesocarpo moído.
 Fonte: acervo pessoal

O óleo extraído do mesocarpo (polpa) tem-se utilizações na industria alimentícia, cosméticos e para o setor energético oferece grande potencial para produção de biodiesel. Sendo que o óleo composto por ácido oléico equivalente a 53% (m/m) e de 19% (m/m) palmítico, e apresenta boas características para processamento em escala industrial. Assim como outras oleaginosas (exemplo o dendê) o processamento dos frutos deve ser realizado logo após a colheita, pois a sua degradação é muito rápida tornando-o mais ácido e prejudicando a produção do bicomcombustível (IICA, 2009; BEHRING, *et. al.*, 2010; BRADÃO, 2013).

3.3 Endocarpo

A utilização do endocarpo se restringe na produção de artesanato, de carvão, carvão ativado e também para produção de briquetes (Figura 10). Apresentando um volume médio de 30 a 31% (m/m) do total do fruto é fortemente aderido à polpa, com parede óssea enegrecida (BRANDÃO, 2013).

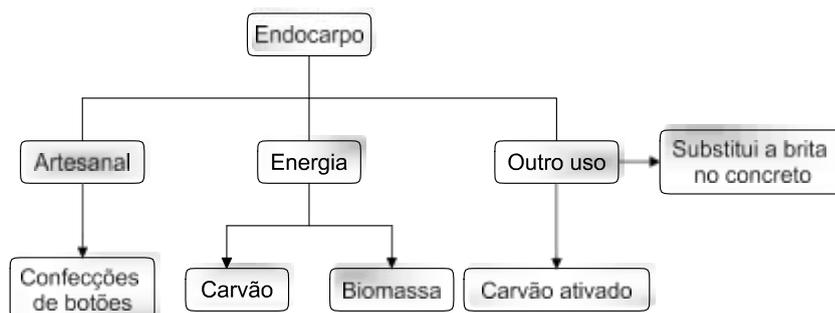


Figura 9 Fluxograma aplicações do endocarpo
Fonte: Adaptado Lorenzi, (2006); Ciconini, (2012).



Figura 10 A) Caroço (endocarpo inteiro), B) Endocarpo quebrado com a amêndoa C) Endocarpo
Fonte: acervo pessoal

Após o processo de despulpamento o caroço é exposto ao ar livre para uma breve secagem natural por 24 a 36h. Essa secagem se faz por necessária para que a amêndoa se desprenda do endocarpo, em seguida realizada a quebra para obtenção da amêndoa.

O carvão produzido a partir do endocarpo apresenta um elevado poder calorífico (CARGNIN; JUNQUEIRA; FOGAÇA, 2008).

De acordo Vilas Boas *et. al.*, (2010); Ciconini, (2012); Brandão (2013) apud Silva *et. al.*, (1986), o carvão produzido a partir do endocarpo (casca rígida que envolve a amêndoa) é um importante subproduto que tem um poder calorífico 5,152

kcal/kg maior do que o eucalipto que é de 4,486 kcal/Kg, isso deve-se à sua composição química (maior teor de lignina) apresentando maiores rendimentos de carvão. Nesse sentido a utilização dos coprodutos é essencial para o balanço energético e econômico no cenário industrial.

3.4 Amêndoa

Segundo Hiane, (2005), a amêndoa da macaúba apresenta 52,9% (m/m) de teor de óleo, sendo 42,5% (m/m) de ácidos graxos monoinsaturados, 49,7% (m/m) de ácidos graxos saturados. Podendo ser utilizado nos mais diversos setores industriais como: alimentícios, cosméticos, medicinal e biocombustíveis (Figura 11).

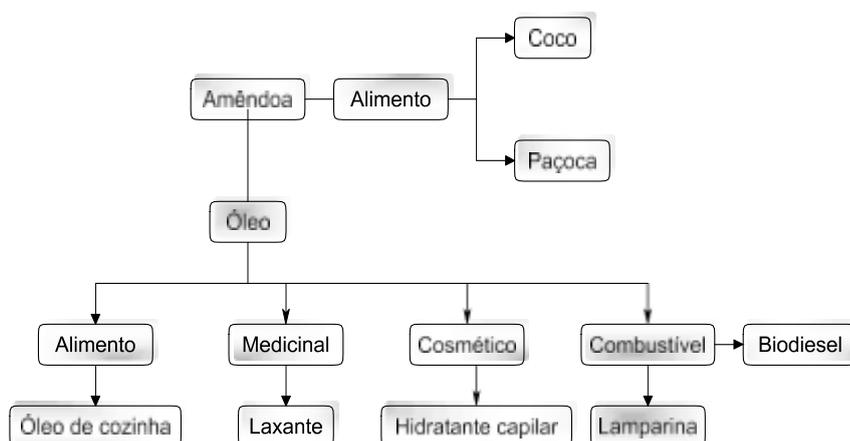


Figura 11 Fluxograma aplicações da amêndoa
Fonte: Adaptado Lorenzi, (2006); Ciconini, (2012)



Figura 12 A) Amêndoa da macaúba B) Amêndoa triturada
Fonte: acervo pessoal

Quanto à composição em ácidos graxos, o óleo da amêndoa apresentou, principalmente, ácido oléico 40,2% (m/m), ácido láurico 13% (m/m) e ácido palmítico 12,6% (m/m). Os ácidos láuricos e oléicos foram os principais ácidos graxos saturados e monoinsaturados obtidos, respectivamente. Além disso, foi encontrado alto teor de ácido linolênico 1,9% (m/m), quando comparado aos óleos de oliva e girassol (FARIA, 2010).

Segundo Andrade; Vieira; Aguiar, (2006), o percentual e fórmula química (molecular), dos ácidos graxos encontrados na amêndoa da macaúba são: oléico ($C_{18}H_{34}O_2$) é monoinsaturado, com teor de 25,5% (m/m), linoléico ($C_{18}H_{32}O_2$) é 3,3% (m/m) e poli-insaturado, e quanto os ácidos graxos saturados são: láurico ($C_{12}H_{24}O_2$) 43, 6%(m/m), palmítico($C_{16}H_{32}O_2$) 5,3 %(m/m) mirístico($C_{14}H_{28}O_2$), 8,5% (m/m), caprílico ($C_8H_{16}O_2$), cáprico ($C_{10}H_{20}O_2$), 5,3% (m/m), esteárico ($C_{18}H_{36}O_2$) 2,4% (m/m). Nesse contexto esses ácidos se enquadram com grande potencial para utilizações nobres, na indústria alimentícia, farmacêutica, de cosméticos e biocombustíveis para aviação, devido ao seu teor elevado de ácido láurico (CNPAE, 2012; BRANDÃO 2013).

4 ROTAS PARA OBTENÇÃO DE ÓLEO EM BIOMASSAS

Com as mais variadas rotas de obtenção de óleo, pode-se citar as extrações a frio e térmicas (ex: pirólise). São três os métodos de extração de óleo a frio, podendo sofrer algumas modificações ou mesmo serem utilizados combinados entre si: a) prensa hidráulica por batelada; b) prensa mecânica contínua (Expeller); e c) extração por solventes.

As prensas hidráulicas estão sendo substituídas por prensas mecânicas, mais eficientes na extração do óleo, com funcionamento simples e baixo custo de aquisição e manutenção, sendo recomendadas para pequenas cooperativas (WEISS, 1983 apud PIGHINELLI1 *et. al.*, 2008).

A pirólise pode ser definida como a degradação térmica do material orgânico na ausência parcial ou total de um agente oxidante, ou mesmo num ambiente com uma concentração de oxigênio capaz de impedir a gaseificação intensiva do material orgânico. A pirólise ocorre, geralmente, a uma temperatura, variando de 400 ° C, até

ao início do sistema de gaseificação (PEDROZA *et. al.*, 2010 e 2011; VIEIRA *et. al.*, 2014).

O processo de pirólise produz combustíveis líquidos com alto rendimento, no entanto, ainda existem alguns desafios que precisam ser enfrentados no uso desses produtos. O óleo resultante da pirólise de biomassa, usualmente denominado de bióleo, além de ser um combustível líquido renovável, sendo essa a principal vantagem sobre derivados do petróleo, pode ser usado para a produção de várias substâncias químicas (GUEDES *et. al.*, 2010; VIEIRA *et. al.*, 2014).

Os óleos vegetais tornaram-se atrativos, devido aos efeitos ambientais benéficos e fonte de matéria prima renovável (CICONINI, 2012). Existe previsão de crescimento exponencial do mercado de biocombustíveis derivados de óleos vegetais, podendo superar o álcool devido a sua elevada densidade energética (PERES *et. al.*, 2005).

5 EXTRATIVISMO SUSTENTÁVEL E CULTIVOS COMERCIAIS

A sustentabilidade do extrativismo vegetal ainda depende do mercado de trabalho rural, no qual, é tendencioso à urbanização. A população rural está perdendo não só seu contingente em termos relativos, mas também em termos absolutos. Com isso, aumenta o custo de oportunidade de trabalho no meio rural sendo a tendência de tornar inviável a manutenção do extrativismo. É paradoxal afirmar que as tentativas de domesticação apresentam chances de sucesso fora da área de ocorrência do extrativismo vegetal como aconteceu com o cacaueteiro, a seringueira e o guaranazeiro (HOMMA, 2012).

O extrativismo dos frutos da macaúba, assim como frutos de outras espécies nativas em ambiente natural, depende de licenciamento ambiental (ver código Florestal – Lei 4.771/65 e novo código Lei nº 12.651, de maio de 2012, cap. VII). Para obter a licença de extrativismo, o interessado deve apresentar, junto ao órgão público ambiental, um plano de manejo baseado em informações técnicas e científicas sobre a espécie em foco para extração (LORENZI, 2006; BRASIL, 2012; NUNES; VEIRA 2013).

A utilização da macaúba como fonte produtora de energia renovável foi impulsionada pelo Governo do estado de Minas Gerais, que regulamentou a Lei nº

19.485/2011 – Pró-Macaúba. A princípio institui uma política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas. A regulamentação da lei mencionada aconteceu em função da demanda crescente por energias renováveis, atendendo as diretrizes de sustentabilidade ambiental, social e econômica definidas no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), (MINAS GERAIS, 2011 e 2012; AZEVEDO FILHO, 2012).

A perspectiva de consolidação da cadeia produtiva da macaúba possa se estabelecer e aproveitar todo o potencial energético que fornece. Torna-se necessário desenvolver tecnologias para o seu aproveitamento comercial, bem como para o manejo sustentado dos maciços naturais, aprovando financiamentos e o licenciamentos de empreendimentos que almejem trabalhar com essa oleaginosa para produção de biodiesel (FARIA, 2010; PEREIRA, 2013).

Segundo o MDA (2014), os agricultores familiares (individualmente ou em cooperativas ou associações), recebiam entre R\$ 0,13 e R\$ 0,25 por quilograma de fruto. Com a inclusão na Política de Garantia de Preço Mínimo para os Produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio), no entanto, o valor mínimo passou para R\$ 0,45 por quilograma de fruto.

Na Portaria nº747, de 25 de Julho de 2014 que já está em vigor e é válida nos estados do Ceará, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, onde se verificou a comercialização do produto. Mas, de acordo com o coordenador geral de Biocombustíveis da Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), André Machado, já há a busca de registro da comercialização em outros estados para sugerir a inclusão na Política (BRASIL, 2014).

A macaúba é uma palmeira nativa das florestas tropicais que ocorre em muitas áreas perturbadas por ação antrópica, estimando-se que sua ocorrência atinja cerca de 12 milhões de hectares (BEHRING *et. al.*, 2010).

Rodrigues (2007) afirma que a macaúba atende três condições essenciais para uso dessa biomassa: a) grande demanda de matéria prima, b) resistência a estiagens intensas e c) êxodo rural, garantindo emprego às populações das regiões de origem, além das vantagens sobre outras culturas que ocupam posição de destaque no Brasil na produção de biodiesel, como a soja e o dendê.

Ainda que o volume total de produção em óleo é bem menor que o da soja, a macaúba ganha pelo volume em óleo e biomassa por hectare, podendo ultrapassar

de 30t/ha em biomassa, quanto a soja é de apenas 2,8t o que se estima 5,000 L e 500 L de óleo por hectare para macaúba e soja respectivamente.

Segundo Behring *et. al.*, (2010), o potencial da espécie atribui-se a uma grande produção de óleo para fins energéticos. Estimativas apontam a produção em torno de 4000l/óleo/ha em plantios adensados, no entanto, o conhecimento referente aos aspectos ecológicos, à diversidade genética, às exigências nutricionais da espécie, ainda são insuficientes.

Nesse contexto o rendimento de óleo por hectare de palmeiras como o babaçu, bocaiúva e dendê podem atingir 1600, 4000 e 5900 kg, respectivamente. Sendo muito superior à soja, por exemplo, que obtêm 400 kg de óleo por hectare e o girassol e o amendoim que podem atingir valores em torno de 800 kg de óleo por hectare (BORCIONI, 2012).

Além disso, estudos para desenvolver sistemas de produção, onde a macaúba possa ser cultivada em plantios racionais, estão sendo desenvolvidos. Para isso, são realizadas pesquisas com melhoramento genético, adubação, espaçamento entre plantas, a fim de obter as informações técnicas necessárias para o estabelecimento de sistemas de produção sustentáveis (BHERING, 2010; FARIA, 2010).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A probabilidade da utilização de biomassas alternativas como a macaúba para produção de biocombustíveis dependerá do reconhecimento das suas potencialidades e restrições, de modo a possibilitarem redução dos custos de produção, com reflexos diretos sobre a viabilidade e rentabilidade do extrativismo sustentável.

A implantação de projetos de cultivo da macaúba consociado pode ser uma alternativa para proteção e valoração da floresta nativa.

Entretanto, no Tocantins ainda há a necessidade do mapeamento da ocorrência dos maciços de macaúba, realização de experimentos, principalmente quanto ao desempenho do óleo para fins energéticos. Além disso, há necessidade de estudos genéticos das espécies e desenvolvimento de mais pesquisas com vistas à possibilidade de plantios comerciais de macaúba.

Sendo que essa biomassa pode tem diversas aplicações como: a) os óleos tem grande potencial no setor energético obtenção, endocarpo produção de carvão e carvão ativado para indústria química, o epicarpo para produção de briquetes b) os óleos tem uso também na indústria alimentícia e a torta para produção de ração para ruminantes, também produz farinha, sorvetes, geleia entre outros produtos para consumo humano c) as aplicações mais nobres dos óleos são nas indústrias cosmeceúticas e farmacêuticas.

Referências

ANDRADE, M. H. C.; VIEIRA, A. S.; AGUIAR, H. F. Óleo do fruto da palmeira macaúba - parte i: uma aplicação potencial para indústrias de alimentos, fármacos e cosméticos. In: ENBTEQ, 2, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENBTEQ, 2013. v. 1, p. 1 - 11.

ARISTONE, F.; LEME, F. M. **Como fazer farinha de bocaiúva: guia completo e livro de receita.** In: **Exploração auto-sustentável da bacaiúva no Pantanal Sul-Mato-Grossense: Geração de renda e equilíbrio do meio-ambiente.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2006.

AOQUI, M. **Caracterização do óleo da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.) e azeite de oliva (*Olea europaea* L.) virgem extra e seus efeitos sobre dislipidemia e outros parâmetros sanguíneos, tecido hepático e mutagênese em ratos *Wistar*.** 2012. 143f. Dissertação (Mestrado em biotecnologia) Universidade Católica Dom Bosco - Área de concentração: Biotecnologia Aplicada à Saúde Campo Grande. 2012.

AZEVEDO FILHO, J. A. de; COLOMBO, C.A.; BERTON, L. H. C.; macaúba: palmeira nativa como opção bioenergética. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p.1-10, jul-dez. 2012.

BORCIONI, E. **Subsídios à implementação de sistemas de cultivo de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart (*Arecaceae*).** 2012. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências), Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BRANDÃO, E. G. **Avaliação da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) como volumoso para ovinos.** 2013. 39 f. Monografia – graduação em Medicina Veterinária, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de maio de 2012.** Publicado no Diário Oficial da União Seção 1, em 28 de maio 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria – nº 747, de 25 de julho de 2014**. In: Art. 1º - Publicar os preços mínimos para os produtos extrativos da safra 2014/2015. Compêndio de legislação Ministério da Agricultura. Brasília, julho de 2014.

BHERING *et. al.*, L. L. **Mapeamento de maciços naturais de ocorrência de macaúba (*Acrocomia aculeata*) visando à exploração sustentável**. Embrapa Agroenergia. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB – 2010.

CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. **Potencial da macaubeira como fonte de matéria prima para produção de biodiesel**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 16 p.

CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. 2012, 150 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2012.

EMBRAPA. **Macaúba no mercado de bioenergia**. Brasília: Embrapa Agroenergia – CNPAE, 2012.

FARIA, L. A. **Hidrólise do óleo da amêndoa da macaúba com lipase extracelular de *Colletotrichum gloeosporioides* produzida por fermentação em substrato líquido**. 2010. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.

FARIA, G. de. **Caracterização morfoanatômica da planta, fruto, semente e plântula de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Lodd.) Ex Mart)**. 2012. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

GUEDES, C. L. B. *et al.* Avaliação de biocombustível derivado do bio-óleo obtido por pirólise rápida de biomassa lignocelulósica como aditivo para gasolina. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 781-786, 2010.

HIANE, P. A. *et. al.* Bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition. **Braz. J. Food Technol.**, v. 8, n. 3, p. 256-259, jul.-set. 2005.

Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. **Biocombustível em foco**. Boletim Informativo. Novembro, 2009 – Ano I / Nº 11. Disponível em <<http://www.iica.org.br>>. Acesso em: 16 jan 2015.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? **Estudos Avançados**, Belém, v. 74, n. 26, p.167-186, dez. 2012

LORENZI, G. M. A. C. ***Acrocomia aculeata* (Lodd.) Ex Mart. – Arecaceae bases para o extrativismo sustentável**. 2006, 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

MINAS GERAIS. Decreto nº 45.940, de 27 de março de 2012. Dispõe sobre a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas – Pró-macaúba, instituída pela Lei nº 19.485, de 13 de janeiro de 2011. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 28 de março de 2012. Diário do executivo, p. 2 col. 1.

MELO, P. G. de. **Produção e caracterização de biodieseis obtidos a partir da oleaginosa macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MENDES FILHO, J. de L.; MARCHI, E. C. S.; NEVES, J. E. G. Frutos da macaubeira - uma alternativa para a alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7. 2011, Fortaleza. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – Vol 6, No. 2, p. 1- 4.

NORONHA, S.; ORTIZ, L.; SCHLESINGER, S. **Agronegócio e biocombustíveis: uma mistura explosiva Impactos da expansão das monoculturas para a produção de bioenergia**. Rio de Janeiro: Brasil, MTB, 2006. 24 p.

NUNES, A. P.; VIEIRA, G. E. G. Potencial das oleaginosas macaúba e babaçu para produção de biodiesel. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 8. 2013, São Paulo. **Anais....** São Paulo: ECC, 2013. v. 8, p. 1 - 6

OLIVEIRA, A. L. dos S.; TORRES, M. A.; FREIRE, S. J. Caracterização físico-química da macaúba (*Acrocomia Aculeata* Jacq. Lodd.) Cultivada no sertão pernambucano. In: CONNEPI, 4. 2009, Belém. **Anais....** Belém: CONNEPI, 2009. v. 4, p. 1 - 5.

PEDROZA, M. M. **Bio-óleo e biogás da degradação termoquímica de lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo**. 2011. 114f. Tese (Doutorado em Química) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

PEDROZA, M. M., *et al.* Balanço energético da pirólise de lodo de esgoto: uma abordagem das propriedades termodinâmicas do processo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 18., Foz do Iguaçu: **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEP, 2010.

PEREIRA, J.H.B., **Valor nutritivo da torta da polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) para suínos em crescimento**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em medicina veterinária) Universidade de Brasília, Brasília. 2013.

PERES. J.R.R.; FREITAS JÚNIOR. E.; GAZZONI, D.L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília. n.1, p. 31-41, . jan/fev 2005.

PIGHINELLI1, A. L. M. T. *et al.* Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa contínua tipo Expeller. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p.66-71, dez. 2008.

PIMENTEL, L. D. *et. al.* Diversidade no gênero *Acrocomia* e proposta de subdivisão da espécie *Acrocomia aculeata*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 265, p. 81-87, 2011.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the florestic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60 n.1, p. 57-109. 2003.

RODRIGUES, F. G. de; F. M.; RODRIGUES, L. G. da S. M. Extração artesanal e caracterização do óleo de macaúba (*Acrocomia aculeata*) em dois estágios de maturação. 16. **Centro Científico Conhecer (Enciclopédia Biosfera)**, Goiânia, v.9, N.16; p. 1190. 2013.

RODRIGUES, H. de S. **Obtenção de ésteres etílicos e metílicos, por reações de transesterificação, a partir do óleo da palmeira Latino América macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. 2007. 236 f. Tese (Doutorado em Ciências), Departamento de Química, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

SALIS, S. M.; MATTOS, P. P. **Floração e Frutificação da Bocaiúva (*Acrocomia aculeata*) e do Carandá (*Copernicia alba*) no Pantanal**. Corumbá: RCR, 2009.

SOUZA, C. F. T. de. **Desenvolvimento, Maturação e Sistemas de Colheita de frutos da macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Biotecnologia, Departamento de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2013.

TOLÊDO, D. de P. **Análise técnica, econômica e ambiental de macaúba e de pinhão-manso como alternativas de agregação de renda na cadeia produtiva de biodiesel**. 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

VILAS BOAS, M. A., C. A. de C. O., Vital, B. R., Carvalho, A. M. M. L., Martins, M. A., 2010. Efeito da temperatura de carbonização e dos resíduos de macaúba na produção de carvão vegetal. **Rev. Scientia Florestalis**. 38, 481-490.

VIEIRA, G. E. G. *et. al.* Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 15 n. 24, p.105-212, jul - dez. 2014.

CAPÍTULO - II

ESTUDO DOS FRUTOS DA MACAUBEIRA PARA OBTENÇÃO DE BIOMASSA E EXTRAÇÃO DE ÓLEO EM ESCALA LABORATORIAL VISANDO PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Abimael Pereira Nunes, Gláucia Eliza Gama Vieira

RESUMO

Objetivou-se neste estudo, estimar a disponibilidade de biomassa proveniente da macaubeira em adensamento natural, foram ponderados alguns aspectos para valorar a biomassa como: processo de secagem, rendimento na extração do óleo versus tempo, análises que demonstram o comportamento do material combustível e análise estatística visando gerar informação para estabelecer o extrativismo. Os frutos foram coletados no município de Paraíso do Tocantins. Foi possível realizar estimativas de biomassa neste trabalho em torno de 28 t/ha. O fruto é composto por aproximadamente 22% (m/m) de epicarpo, 40% (m/m) de mesocarpo, 32% (m/m) de endocarpo e 6% (m/m) de amêndoa. A curva de secagem determinou um tempo ideal de 120 minutos para desidratação total da biomassa pré-desidratada, o rendimento de óleo foi aproximadamente 45% (m/m) com uma perspectiva de 450L/óleo/t de amêndoa e estatisticamente o melhor tempo de extração foi 60 minutos.

Palavra chaves: estimativa de biomassa, cinética de extração, rendimento do óleo

ABSTRACT

This study aimed estimate the biomass availability derived from macauba on natural thickening. Has been considered some aspects to value the biomass such as: drying process and oil extraction income versus time. Analysis which demonstrate the behavior of the fuel material and statistics analysis aimed at generating information to stablish the extractivism. The fruits were collected at Paraíso do Tocantins County. Was possible to accomplish estimates of biomass in this study around of 28 t/ha. The fruit composes is approximately 22% (m/m) of epicarp, 40% (m/m) of mesocarp, 32% (m/m) of endocarp and 6% (m/m) of almond. The curve of drying determined a real time of 120 minutes to complete dehydration of pre-dehydrated biomass, the oil income was approximately 45% (m/m) with a perspective of 450L/oil/t of almond and statically the best time of extraction was 60 minutes.

Key words: biomass statistics, kinetics of extraction, oil income.

1 INTRODUÇÃO

Na busca incessante por combustíveis renováveis, o grande desafio consiste em conciliar a biodiversidade ao desenvolvimento (CUNHA; FEITOSA 2009). A macaúba tem-se destacado como matéria prima entre as oleaginosas, entretanto a mais promissora na perspectiva de produção de biocombustíveis.

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.). Lood. Ex Mart.) é uma palmeira arborescente perene, frutífera, nativa de florestas tropicais. O termo *Acrocomia* deriva do grego “Akron” (uma) e “Kome” (cabeleira) sugerindo que as folhas estão dispostas no formato de uma coroa (NOVAES, 1952). São palmeiras monóicas que embora autocompatíveis, realizam fecundação cruzada revelando sistema reprodutivo misto (ABREU *et. al.*, 2012).

Segundo Faria (2012), a macaúba tem possibilidade de se tornar comercialmente a palmeira oleaginosa mais importante no contexto brasileiro, ganhando destaque não só pelo seu considerável potencial oleaginoso mais também por ser uma espécie nativa do Brasil, pois os maciços naturais ocorrem em grande parte do território nacional. O óleo extraído da amêndoa tem sido utilizado nas indústrias de cosméticos, óleos e farinhas na alimentação humana e, agora demandando como matéria prima na produção de biodiesel.

De acordo Souza; Rodrigues; Rodrigues (2013), pesquisas por novos patamares de rendimentos de óleos com maior adensamento energético de espécies oleaginosas, tem-se perspectivas reais da utilização da palmeira macaúba, como matéria-prima para fins energéticos. E apresenta-se em grande amplitude de utilizações que não se restringe a uma única cadeia produtiva e apresenta adaptabilidade a diversos biomas.

Os estudos de Azevedo Filho (2012) identificaram um potencial de produção de 90 mil toneladas de fruto em macaubais nativos em três regiões de Minas Gerais, sendo 20 mil em Belo Horizonte, 60 mil em Abaeté e 10 mil em Brasília de Minas. Levantamento realizado em macaubais nativos, em solos de média fertilidade, encontrou uma produção 70 a 80 kg de frutos/árvore/ano, o que permitiu estimar que em plantios racionais com 216 plantas/ha espera-se uma produtividade entre 3.175 e 4.968 kg/ha/ano de óleo, considerando-se um rendimento de 21% (m/m) na extração.

Os objetivos do presente estudo consistiram em evidenciar parâmetros importantes de tratamento na secagem, extração e rendimento do óleo da amêndoa e estimativa em quilogramas a biomassa do fruto da palmeira *Acrocomia aculeata* visando à conservação do adensamento natural da espécie.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de coleta

Como fonte de matéria-prima para obtenção de óleo foi usado frutos da macaubeira, coletados de plantas adultas em ocorrência natural. Foram realizadas 6 coletas, quinzenais, nos meses de novembro, dezembro de 2013 e janeiro de 2014 na Fazenda Primavera situada no município de Paraíso do Tocantins (Figura 1).



Figura 1: Localização da área de coleta.

2.2 Material vegetal coletado

Os frutos coletados resultaram em cinco amostras cada amostra é composta de frutos de seis palmeiras. Em seguida as amostras foram lavadas com sabão líquido e hipoclorito, secada em temperatura ambiente, até o processo de segregação de cada composto do fruto (epicarpo, endocarpo, mesocarpo e amêndoa).

No processo de segregação do fruto (epicarpo e mesocarpo) foi utilizada faca de aço inoxidável. Para quebrar o coco (separar endocarpo e amêndoa) usou-se uma maretá 1,5 kg e com auxílio de um anteparo de Polipropileno. Para evitar acidentes durante a quebra do coco foi desenvolvido uma ferramenta que consiste em uma barra de ferro tubular aproximadamente 20 cm com um aro 03 cm de diâmetro em uma das suas extremidades (Figura 2).



Figura 2: Processo de segregação para obtenção da biomassa da macaúba

A Figura 3 é um fluxograma de coleta e processamento do fruto da macaúba, de forma simplificada da coleta, segregação, armazenamento até a extração do óleo.

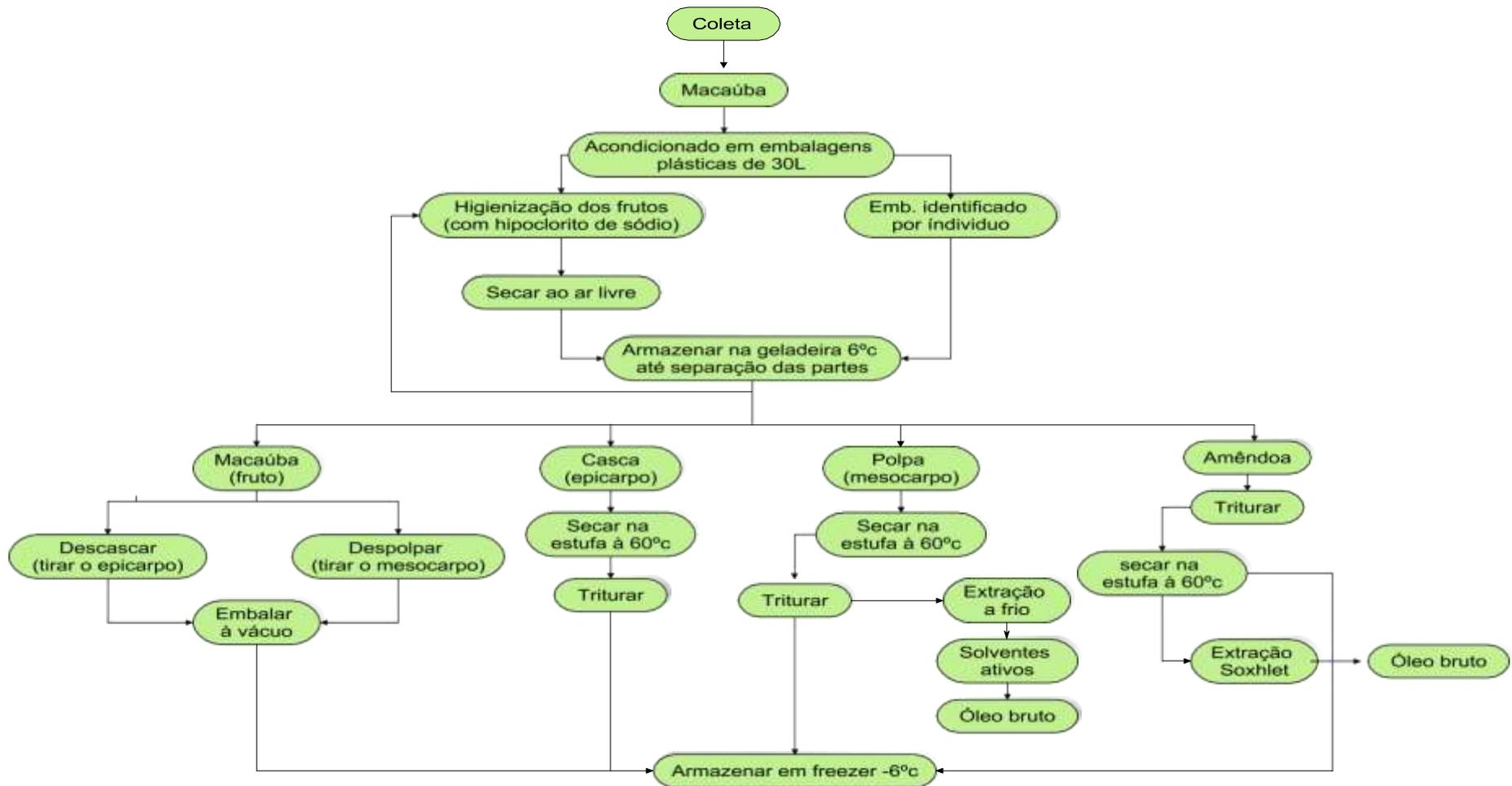


Figura 3 - Tratamento dos frutos da macaúba desde da coleta, armazenamento e extração do óleo

2.3 Estimativa da biomassa do fruto em áreas de ocorrências natural de macaúba e de plantio comerciais.

Para estimar o volume de biomassa em ocorrência natural foi realizada uma contagem em campo do número de palmeiras existente por hectare, em seguida foram escolhidas aleatoriamente 20 palmeiras para se obter uma média de cachos e em seguida foi sorteadas 10 palmeiras entre as 20 palmeiras já sorteadas para retirada de um cacho de cada para quantificação dos frutos por cachos, assim obtendo um valor médio de quantos frutos por cacho. Após a obtenção dos valores médios utilizou-se a Equação sugerida por Rodrigues (2007), em plantios comerciais.

Para determinação total do volume de biomassa por hectare foi utilizada a Equação 1, proposta por Rodrigues (2007), em seus estudos para estimar o volume de biomassa em plantios comerciais.

$$B/\text{há} = \text{NMC} \times \text{NP} \times \text{PMF}$$

Equação 1

B/ha: biomassa total por hectare

NMC: número médio de cachos por palmeira

NP: número de palmeira

PMF: peso médio de fruto por cacho

Para a determinação da massa de cada parte do fruto de macaúba, utilizou-se o peso de 20 frutos de cada amostras.

2.4 Cinética de secagem e de extração

Para os estudos cinéticos de secagem e de extração, foi preparada uma composta das amostras de amêndoas da macaúba. O processo foi realizado em triplicata, a variação está apenas no tempo.

Para a cinética de secagem, o intervalo de tempo foi de 30 a 180 minutos, já para cinética de extração o intervalo de tempo foi de 40 a 360 minutos. Com as médias obtidas foi possível construir as curvas de cinéticas. Os experimentos foram realizados no intuito de determinar em bancada o melhor tempo de secagem em estufa a 60° C e de obtenção de óleo.

2.5 Extração do óleo por solvente em Soxhlet

A extração do óleo da massa da amêndoa da macaúba triturada foi realizada utilizando Hexano (C_6H_{14} , sólido/líquido), sistema aquecido e equipado com condensador de refluxo a um extrator tipo Soxhlet (Figura 3).

O solvente foi removido da massa do óleo, por aquecimento em evaporador rotativo a uma temperatura de $70^{\circ}C$ e com rotação de 40rpm, para evaporação total do solvente.

O óleo foi levado à estufa de circulação de ar a $60^{\circ}C$ até peso constante (CRQ, 2013; SERRANO FILHO *et. al.*, 2011).

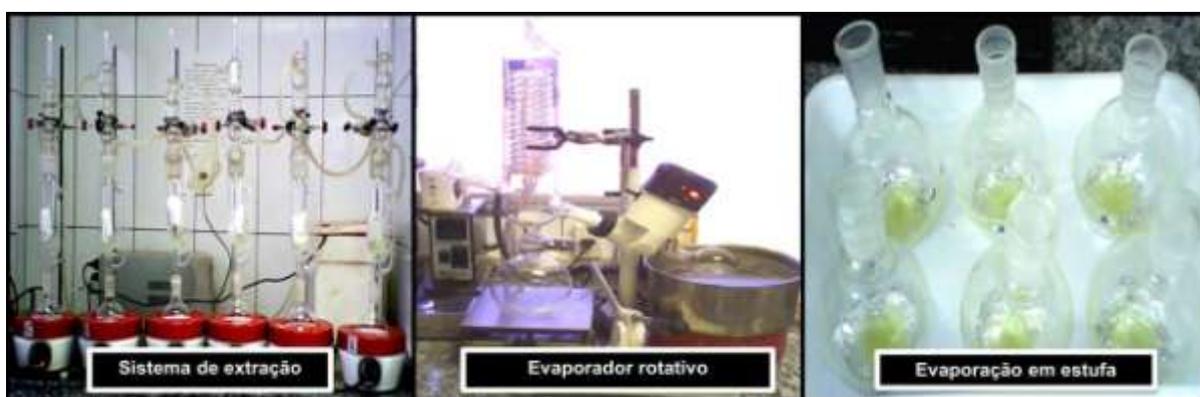


Figura 4: Sistema de extração e rota evaporação para recuperar o solvente contido na massa de óleo obtido da amostra.

Os experimentos referentes à extração sólido/líquida em aparelho tipo Soxhlet, cálculo de estimativa de biomassa em adensamento natural, cinética de secagem desidratação versus tempo e cinética de extração massa de óleos versus tempo foram conduzidos no Laboratório de Ensaio e Desenvolvimento de Biomassa e Biocombustíveis (LEDBIO) da Universidade Federal do Tocantins.

O delineamento experimental utilizado foi Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC, onde foram realizadas 5 amostras em duplicatas. Foi realizada a análise de variância, aplicando-se o teste F e comparando-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a nível de 5%, com auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 Beta, INPI 00040512.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os frutos coletados para o desenvolvimento deste trabalho obtiveram valores médios entre os valores encontrados por Ramos (2008) e Sanjinez-Argandoña (2011), nas diferentes porções do fruto da macaúba. De forma geral os desvios padrão obtidos nesse estudo foram um pouco inferiores aos dos referidos autores da (Tabela 1).

Tabela 1 - Características físicas do fruto macaúba *in natura*

Biometria da Biomassa (g)	Massa (g) \pm DP*	Ramos, (2008) e Sanjinez-Argandoña, (2011)	
Amêndoa	1,25 \pm 0,13	0,83 \pm 0,23	1,35 \pm 0,09
Endocarpo	4,41 \pm 0,27	6,72 \pm 1,01	8,31 \pm 0,61
Epicarpo	4,60 \pm 0,06	4,68 \pm 1,07	4,54 \pm 0,48
Mesocarpo	8,19 \pm 0,32	9,61 \pm 1,17	8,98 \pm 1,07
Fruto total	20,29 \pm 0,51	21,83 \pm 2,48	21,83 \pm 1,49

*Valores expressos em média \pm desvio padrão de 20 frutos obtidos neste trabalho

Rodrigues (2007), propõe a equação 1 visando a estimativa de biomassa em plantios comerciais de macaúba para a obtenção de óleo/ha. Ele sugere que uma palmeira de macaúba ocupa uma área de 20 m², totalizando 500 palmeiras por hectare. Nessas condições, uma palmeira produz em média 460 frutos, e que a massa média de um fruto corresponde a 41,94g. Aplicando a referida equação a produção de biomassa *in natura* será de 40.514,04 kg/ha.

Para título de exemplificação de obtenção de biomassa em adensamento natural de macaúba pode-se propor o seguinte cálculo: em um hectare (1 ha), pressupondo, a existência de 200 indivíduos por hectare, tem-se em média 150 frutos por cachos em média de 4,6 cachos por indivíduo. A massa média e desvio padrão do fruto são de 20,29 \pm 0,51, respectivamente. Sendo assim, aplicando a equação 1 sugerida por Rodrigues (2007), a estimativa da biomassa *in natura* é de aproximadamente 28.000kg/ha em adensamento natural.

Segundo FARIA, (2010); LORENZI, (2006); CETEC, (1983); NUCCI, (2007), os frutos são compostos de acordo a ilustração na (Figura 4).

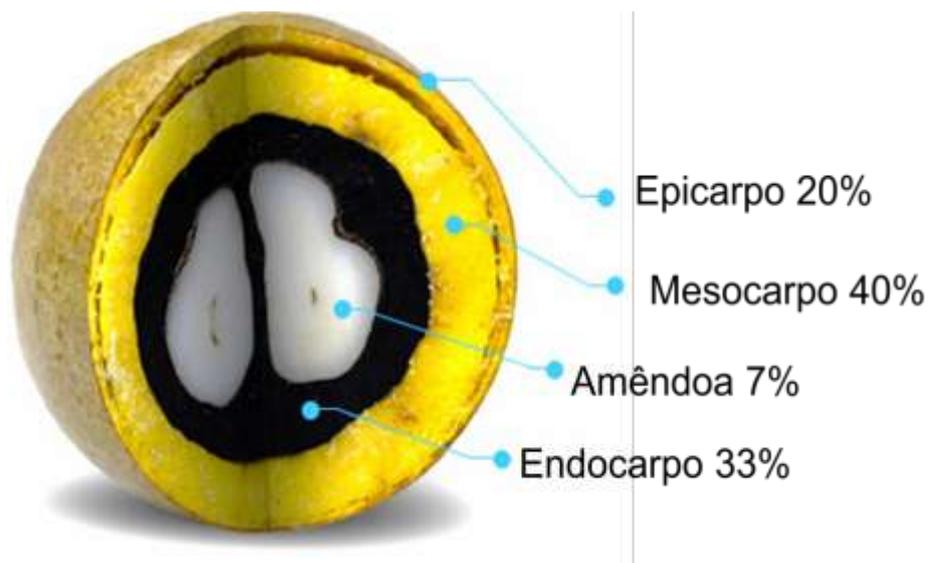


Figura 5: Foto adaptada
 Fonte: www.macaubabrasil.com.br

Os percentuais de cada parte do fruto da macaubeira encontrado no presente estudo estão representados na (Figura 5). Sendo próximos aos estudos dos referidos autores citados na (Figura 4).

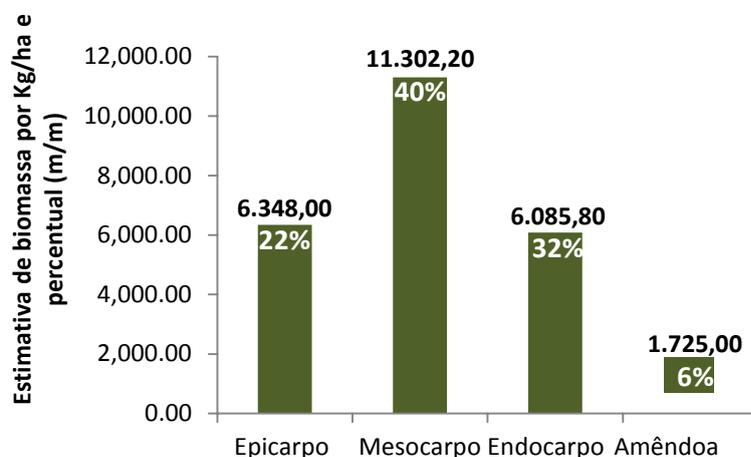


Figura 6: Estimativa de biomassa em maciços naturais

Observar-se na Figura 5 as estimativas de biomassa em volume e percentual, sendo aproximadamente 22% (m/m) de epicarpo, 40% (m/m) de mesocarpo, 32% (m/m) de endocarpo e 6% (m/m) de amêndoa.

A biomassa total do fruto usada nesse trabalho é aproximadamente 46% com relação à massa total do fruto (mesocarpo e amêndoa), e a biomassa residual 54% (m/m) (epicarpo e endocarpo). As estimativas dos resíduos de biomassa proveniente

de frutos de macaúba são equivalentes a 540 kg/t, tendo em vista a biomassa usada neste trabalho.

3.1 Rendimento de óleo em base seca (amêndoa)

De acordo com Gazzoni *et. al.* (2005), são necessários 2,5 kg de grãos de girassol para produzir 1 Kg de óleo.

No presente trabalho estima-se a produção de 1.725,00 kg de amêndoa por hectare e para produzir 1 kg de óleo é necessário 2,22 kg de amêndoa da macaúba.

Esse comparativo mostra a possibilidade vantajosa de uso da macaúba com a capacidade de substituir a oleaginosa *Helianthus annuus* (Girassol), sem prejuízo no setor alimentício.

O rendimento de óleo dessa oleaginosa é demonstrado por vários autores na Tabela 2.

Tabela 2 - Rendimento de óleo da amêndoa em base seca

Autores	Rendimento (%) m/m
LEDBIO (2014)*	44,60
MELO (2012)**	58,00
CICONINI (2012)**	63,51
AMARAL (2011)**	42,10
FARIA (2010)**	52,90
RODRIGUES (2007)**	51,62

* Presente trabalho, ** Referências.

Pode-se notar que há uma variação no rendimento de óleo da amêndoa em base seca, variando de 42,10% (m/m).a 63,51% (m/m).

Comparando os dados experimentais obtidos nessa pesquisa com os apresentados na Tabela 2 sugere-se que o baixo teor de lipídios pode ser proveniente da maturação irregular provocando a redução do teor de óleo no cacho, pois uma colheita única incluiria frutos maduros, semimaduros e imaturos resulta em menos óleo (ARAGÃO, 2014).

A densidade populacional também pode ser um fator que interfere no rendimento de cada planta devido ao sombreamento, disponibilidade de nutrientes, dentre outros fatores que condicionam a formação dos frutos e acúmulo de reservas. Essa variação pode ocorrer ainda por fatores edafoclimáticas e ocorrência da espécie em cada região.

3.2 Cinéticas de secagem e extração de óleo da amêndoa

Os dados experimentais do estudo cinético de secagem da amêndoa da macaúba estão apresentados na Figura 5.

O processo foi realizado em estufa a uma temperatura de 60°C, valores expressos são da razão de água (Y) em função do tempo (X) de secagem. Observado, o intervalo de tempo para atingir o equilíbrio do teor de água.

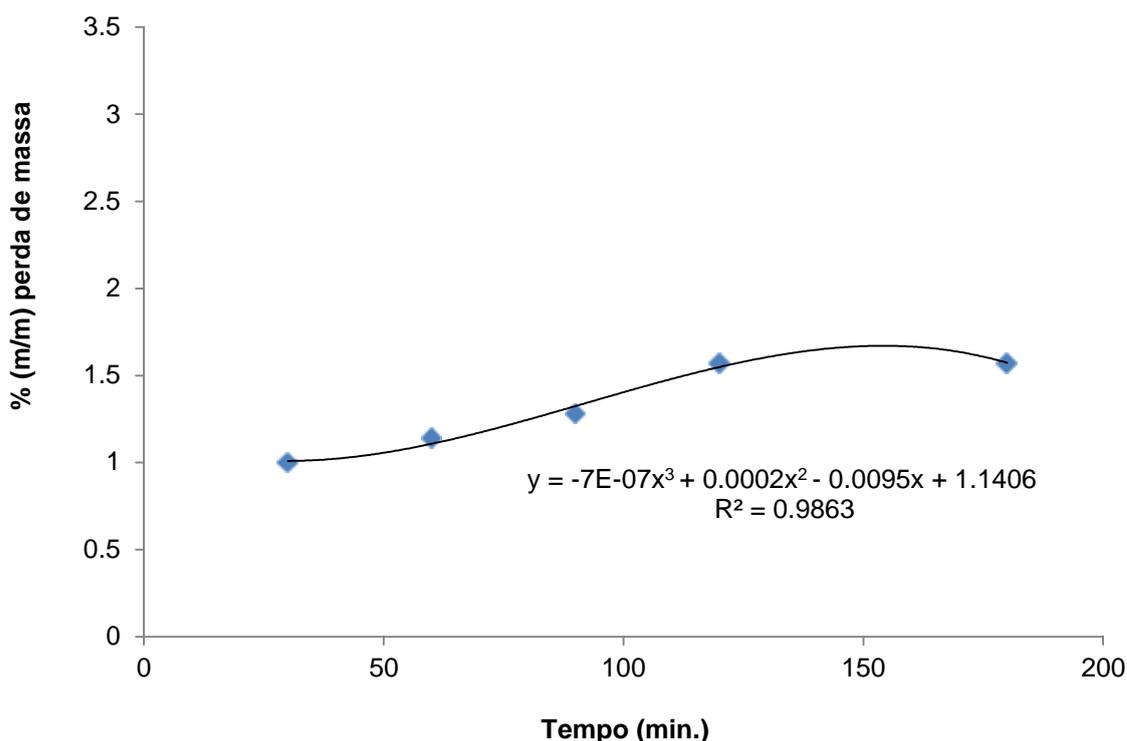


Figura 7: Curva da cinética de secagem da amêndoa

Após o processo de secagem, a curva foi construída com o percentual de decaimento no teor de água (Y) da amêndoa da macaúba no decorrer do tempo (X) de secagem, que indica a marcha desse decaimento do teor de água do material.

Para o estudo cinético o teor inicial de umidade foi de 3% (m/m). As análises foram realizadas em triplicata para cada amostra e a variação foi em função do tempo com intervalo de 30 minutos entre as pesagens quanto ao volume de biomassa é o mesmo para cada repetição. Observa-se que durante 30 minutos ocorreu uma perda de 1% (m/m) do material, em 60 minutos foi de 1,14% (m/m), após 90 minutos houve um decaimento de 1,28% (m/m). A maior perda de material (água e outros materiais voláteis), observada foi em 120 e 180 minutos com

o representativo de 1,57% (m/m), quando esse fenômeno ocorreu determinou-se a constância da secagem e o melhor tempo para o processo. Para descrever os dados experimentais, foi determinado o modelo matemático empírico, sendo o melhor ajuste para o modelo foi o polinomial de ordem três com o $R^2 = 0,9863$.

A Figura 6 apresenta a curva de extração, massa de óleo acumulado versus tempo de extração, obtida durante a extração do óleo da amêndoa da macaúba. A umidade da amostra trabalhada foi de 1,57% (m/m) (base seca) e o rendimento de extração alcançado foi de 44,6% (m/m), volume de óleo obtido após rota evaporação do solvente contido na massa de óleo extraído em aparelho tipo Soxhlet.

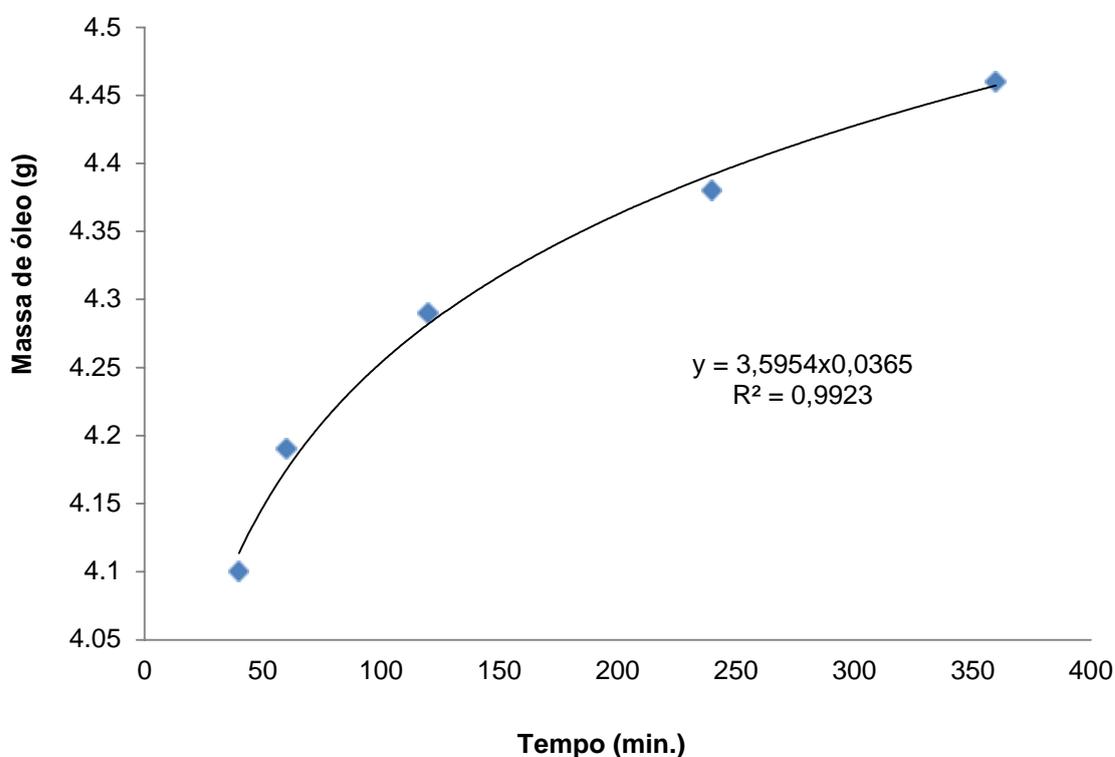


Figura 8: Curva de cinética de extração do óleo de 10g da amêndoa da macaúba em extrator de bancada a 70 °C.

No presente trabalho o tempo de funcionamento do extrator foi de 6 horas. e assim observado uma boa eficiência na extração do óleo da amêndoa da macaúba.

Depois do processo de secagem, a curva de extração foi estabelecida com o teor (massa) de óleo (Y) da amêndoa da macaúba no decorrer do tempo de extração que indica a marcha do aumento do teor de óleo (X) da biomassa.

Observa-se que durante 40 minutos extraiu-se 41,0% (m/m) de óleo do material, em 60 minutos a extração de óleo foi de 41,9% (m/m), após 120 minutos

houve uma obtenção de 42,9% (m/m) de óleo e em 240 minutos foi obtido 43,8% de massa de óleo. Foi observado que a extração máxima foi 360 minutos com o representativo de 44,6% (m/m), assim determinando tempo máximo de extração. Para melhor descrever os dados experimentais, foi determinado o modelo matemático empírico, sendo que o melhor ajuste para o modelo foi potência de ordem dois (2) com o $R^2 = 0,9923$.

O estudo da cinética de secagem da biomassa e extração do óleo é de fundamental importância para a obtenção e otimização das condições experimentais para o desenvolvimento de processos mais eficientes, visando às escalas industriais.

3.4 Extração e rendimento de óleo

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC.

Este delineamento é utilizado quando a variabilidade entre as parcelas experimentais for muito pequena, isto é, praticamente inexistente. Devido a esta exigência, são utilizados em locais em que as condições experimentais possam ser bem controladas (laboratórios, casa de vegetação, terrenos com pouca heterogeneidade, etc.).

Os experimentos deste trabalho foram realizados em duplicatas em diferentes condições de tempo, no intervalo de 60min a 360min, em todas as amostras (5), assim demonstrando comportamentos semelhantes estatisticamente.

As análises de variância apresentaram efeito não significativo em nível de 5% (m/m) de probabilidade pelo teste F, conforme representado na (Tabela 4). Em relação ao coeficiente de variação (C.V) obtido foram 1,05 e 1,41% (m/m). Estes valores são considerados baixos, indicando uma boa precisão na execução dos experimentos. A média geral do experimento para o teor de óleo foi de 42,4% (m/m), quanto à diferença mínima significativa foram entre 0.17701 e 0.29055 assim caracterizando uma margem de erro (baixo), experimental aceitável.

Tabela 3 – Análise de variância para extração de óleo em Soxhlet nos tempos de 60min, 120min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GI</i>	<i>MQ</i>	<i>F*</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,028933	2	0,014467	4,34	0,130172	9,552094
Dentro dos grupos	0,01	3	0,003333			
Total	0,038933	5				
C.V (%)	-	-	-	-	-	1,41
Média (%)	-	-	-	-	-	41,1

*Teste F, ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 4 – Rendimento de óleo amostra-01

Médias de tratamentos		
1	4.03000	a
2	4.06000	a
3	4.19000	a

Dms = 0.24005; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Quanto à análise de variância nas condições de tempo 40, 60, 120, 240 e 360 minutos, apresentaram efeito significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F em relação às condições de tempo, conforme Tabela 5. Em relação ao coeficiente de variação (1,05%), este se apresentou baixo, indicando uma boa precisão na execução dos experimentos obtendo uma média geral para o teor de óleo de 42,3 % (m/m).

Tabela 5- Análise de variância para a extração em Soxhlet nos tempos de 40min, 60min, 120min, 240min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GI</i>	<i>MQ</i>	<i>F*</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0748	4	0,0187	9,492386	0,014822	5,192168
Dentro dos grupos	0,00985	5	0,00197			
Total	0,08465	9				
C. V (%)	-	-	-	-	-	1.05
Média (%)	-	-	-	-	-	42,3

*Teste F, ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6 – rendimento de óleo amostra-01

Médias de tratamentos		
1	4.10000	C
2	4.19000	Abc
3	4.16000	BC
4	4.28500	Ab
5	4.34000	A

Dms= 0,17701; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com as análises estatística (ANOVA), pode-se afirmar, os tempos de extração entre 60min e 360min não há diferença estatística, o F calculado apresentou menor que F tabelado ($F_{cal} < F_{tab}$), já na análise realizada com o tempo de quarenta minutos (40min), há diferença estatística ($F_{cal} > F_{tab}$), assim determinando em escala laboratorial o melhor tempo de extração é de 60min para extração de óleo da amêndoa pré-desidratada.

Portanto, as análises estatísticas contemplam que a obtenção do óleo da amêndoa da macaúba pelo método de extração por solvente não há necessidade que o extrator opere por um tempo superior de 60 minutos. O rendimento obtido caracteriza para escala industrial uma perspectiva de 450l/óleo/t de amêndoa, como está representado na Figura 4. Estima-se uma disponibilidade de biomassa em torno de 28t/ha em meio extrativista agregando valor, essa biomassa podendo ser aproveitadas para consumo humano, animal e para geração de energia, gerando emprego e renda na agricultura familiar.

4 CONCLUSÃO

Matematicamente, a cinética de secagem e de extração determinou o melhor tempo para obtenção da biomassa desidratada e rendimento de óleo foram 180min e 360min respectivamente.

Já para as análises estatísticas, mostraram que o tempo de 60min ou 360min de extração não há diferença significativa estatisticamente.

A estimativa de produtividade é de 28 t/ha de biomassa *in natura*.

Em escala laboratorial o rendimento de óleo neste trabalho foi aproximadamente de 45% (m/m) em base seca referente à amêndoa, estimando-se 450l/óleo/t da amêndoa.

A macaúba tendo uma produção total de 4.500 kg de óleo por hectare. Sendo que a probabilidade de utilização da macaúba como alternativa na produção de biodiesel só dependerá do reconhecimento das suas potencialidades e restrições, com reflexos diretos sobre a viabilidade e rentabilidade do extrativismo. E também frente aos rendimentos de óleos das oleaginosas como a soja, babaçu, dendê podem atingir 800, 1600, e 5900 kg de óleo por hectare.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. G. *et al.* The genetic structure and mating system of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Genet. Mol. Biol.** [online]. v. 35, n.1, p. 116-121. 2012.

AMARAL, F. P. do *et al.* Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amêndoas de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Mart.] coletada na região de Botucatu, SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 1, p.12-20, 2011.

ARAGÃO, T. F. de. **Macaúba (*Acrocomia aculeata*):** caracterização centesimal, potencial antioxidante e compostos fenólicos da polpa e amêndoa. 2014. 51 f. Monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

AZEVEDO FILHO, J. A. de; COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C. Macaúba: palmeira nativa como opção bioenergética. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, jul-dez 2012.

CICONINI, G.. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. 2012. Dissertação (Mestrado EM Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2012.**

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA. **CRQ 13400549:** ficha técnica hexano. Santa Catarina: CRF, 2013. 2 p.

CUNHA P. L. R, F. R. C. M. P. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Química Nova** v. 32 p. 649-660. 2009.

FARIA, G. de. **Caracterização morfoanatômica da planta, fruto, semente e plântula de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Lodd.) Ex Mart).** 2012. 55f. Dissertação (Mestrado Agronomia/fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras Minas Gerais. 2012.

FARIA, L. A. **Hidrólise do óleo da amêndoa da macaúba com lipase extracelular de *Colletotrichum gloesporioides* produzida por fermentação em substrato líquido.** 2010. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.

GAZZONI, D. L. *et. al.* Balanço energético das culturas de girassol e soja para produção de biodiesel. **Biomassa & Energia**, Londrina, v. 2, n. 4, p.259-265, 9 mar. 2005.

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. Ex Mart. – Aceráceae:** bases para o extrativismo sustentável. Curitiba, 2006, 156f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LIRA, F. F. *et. al.* Avaliação da Composição Centesimal de Frutos de Macaúba. **Biochemistry And Biotechnology Reports**, Londrina, v. 3, n. 2, p.17-20, 2013.

MELO, P. G. de. **Produção e caracterização de biodieseis obtidos a partir da oleaginosa macaúba (Acrocomia aculeata).** 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Curso de Química), Departamento de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MUNHOZ, C. L. **Elaboração de barras de cereal com bocaiuva.** 2013. 105 f. Tese (Doutorado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2013.

NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genética de população de macaúba.** 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agrônomo, Campinas. SP, 2007.

RAMOS, M. I. L. *et. al.* Qualidade nutricional da polpa de *bocaiúva Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 28, p.90-94, dez. 2008.

RODRIGUES, H. de S. **Obtenção de ésteres etílicos e metílicos, por reações de transesterificação, a partir do óleo da palmeira Latino América macaúba Acrocomia aculeata.** 2007. 236 f. Tese (Doutorado em Ciências), Departamento de Química, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

SALGADO, E. C. **Conversão a baixa temperatura de borra de café solúvel.** 2005. 162 f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal Fluminense. Instituto de Química. Niterói, 2005.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CHUBA, C. A. M. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. **Rev. Bras. Frutic**, [Online].Jaboticabal, v. 33, n. 3, p.1023-1028, set. 2011.

SERRANO FILHO, R.P.S.; VIEIRA, G. E.G.; REINA, E.; PELUZIO, J. M.; Teor de óleo da amêndoa de babaçu (*Orbignya* Sp.) da Região Norte do Estado do Tocantins extraído por solvente (Hexano) em diferentes tempos de funcionamento do Extrator de Soxhlet. **Anais:** I Seminário de Agroenergia da UFT. Palmas. 2011.

SOUZA, F. G. de; RODRIGUES, F. M.; RODRIGUES, L. G. da S. M. **Extração artesanal e caracterização do óleo de macaúba (*Acrocomia aculeata*) em dois estágios de maturação.** 16. ed. Goiânia: Enciclopédia Biosfera, 2013. 8 p.

CAPÍTULO - III

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA BIOMASSA E DOS ÓLEOS PROVENIENTES DA MACAÚBA PARA FINS ENERGÉTICOS

Abimael Pereira Nunes, Gláucia Eliza Gama Vieira

RESUMO

A caracterização química e físico-química é fundamental para elevar o potencial energético da biomassa. Neste contexto, o presente estudo buscou caracterizar o fruto da macaubeira, tendo em vista a determinação de umidade, cinzas, voláteis, carbono fixo, poder calorífico e a caracterização química. Nas caracterizações físico-químicas obtiveram-se da amêndoa e do mesocarpo valores de umidade 3- 4,66% (m/m), cinzas 1,75-2,3% (m/m), voláteis 91,34-95,0% (m/m) e carbono fixo de 0,25-1,7% (m/m), quanto ao poder calorífico os mais representativos foram o dos óleos da amêndoa e mesocarpo 38,07-39,52 MJ/Kg⁻¹, sendo que quimicamente no óleo da amêndoa, verificou-se que o mesmo é rico em ácido láurico apresentando uma importância econômica no mercado dos óleos saturados, já no óleo, da polpa (mesocarpo) do fruto o componente majoritário é o ácido oléico, vale versar que nas análises foram identificados vários tipos de ácidos graxos do tipo saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.

Palavra chaves: análise imediata, potencial energético, ácidos graxos

ABSTRACT

The chemical and physico-chemical characterization is essential to upgrade the biomass energetics potential. In this context, this current study searched to characterize the palm tree fruit, considering the unit determination, ashes, volatiles, fixed carbon, calorific power and chemical characterization. In the physico-chemical characterization was achieved from the almond and the mesocarp humidity values 3-4,66% (m/m), ashes 1,75-2,3% (m/m), volatiles 91,34-95,0% (m/m) and fixed carbon of 0,25-1.7% (m/m), as for the calorific power the most representative were the almond oil and mesocarp 38,07-39,52% MJ/kg⁻¹, and in all, chemically in the almond oil, it was found that the very same is rich of lauric acid presenting an economic matter to the saturated oil market. The majority element from the oil of the pulp (mesocarp) of the fruit, is the oleic acid and it is important to include that were identified many kinds of fatty acids of type saturated, monounsaturated and polyunsaturated.

Key words: immediate analysis, energetic potential, fatty acids

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é privilegiado por uma variedade de biomas, sendo que o bioma Cerrado e Pantanal possuem inúmeras espécies nativas com alto potencial para exploração econômica. A macaúba, palmeira de larga distribuição nesses dois biomas, pode ser considerada uma das espécies com maior potencial de exploração econômica imediata, devido à elevada produtividade de óleos e aproveitamento total dos coprodutos, além do sistema de cultivo considerado sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico (CICONINI, 2012).

Os coprodutos da palmeira macaúba apresentam grande potencial de aplicação em setores industriais e energéticos, com vantagens sobre outras oleaginosas, principalmente com relação a sua maior rentabilidade agrícolas e produção total de óleo. Sendo uma das principais oleaginosas, podendo chegar a produzir dez vezes mais óleo por hectare/ano do que a soja. Esse índice pode aumentar através de programas de melhoramento genético e cultivo racional (ROLIM, 1981 apud Brandão, 2013; ROSCOE *et. al.*, 2007; CICONINI, 2012).

No entanto, o poder calorífico é um excelente parâmetro para se avaliar a potencialidade energética de biomassas (Brand, 2010).

Portanto, o poder calorífico refere-se à quantidade de energia liberada na forma de calor pela combustão de uma unidade de massa, sendo expresso em calorias por gramas (cal/g) ou quilocaloria/quilograma (kcal/kg) (FERREIRA, 2007). Em outras palavras, o poder calorífico indica a quantidade de energia liberada durante a transferência de calor, relacionada à eficiência do processo, ou seja, quanto maior for o poder calorífico, mais eficiente (VIEIRA, 2012).

Logo outro parâmetro importante para caracterização da biomassa são as análises imediatas, que comumente são realizadas para determinação de umidade e de cinzas. A umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando este é aquecido em condições na qual a água é removida. As cinzas são os resíduos obtidos pelo aquecimento do produto em temperatura próxima de 900°C, mas nem sempre este resíduo representa toda substância inorgânica da amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização nesse aquecimento (IAL, 2008; VIEIRA; SILVEIRA, 2012).

Portanto, este trabalho teve por objetivos caracterizar o fruto da macaubeira de adensamento naturais quanto à determinação do teor de umidade, cinzas, voláteis, carbono fixo, poder calorífico e caracterização química.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material analisado é proveniente de povoamentos de macaubais naturais, na Fazenda Primavera situada, no município de Paraíso do Tocantins. Os frutos passaram por tratamentos para obter separadamente cada composição (epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa) até análise laboratorial, é de fundamental importância à secagem da biomassa, seguindo de trituração de cada composto do fruto.

Quanto ao mesocarpo foi realizado tamisação em Tyler diferente para comparação do poder calorífico em diversas granulometria, também por representar a maior massa do fruto. A biomassa das demais partes não foram tamisadas para obtenção do poder calorífico, para execução das análises deste trabalho foi utilizado o Laboratório de Ensaio e Desenvolvimento de Biomassa e Biocombustíveis (LEDBIO) na Universidade Federal do Tocantins.

As análises imediatas foram realizadas conforme esquema abaixo, (Figura 1).

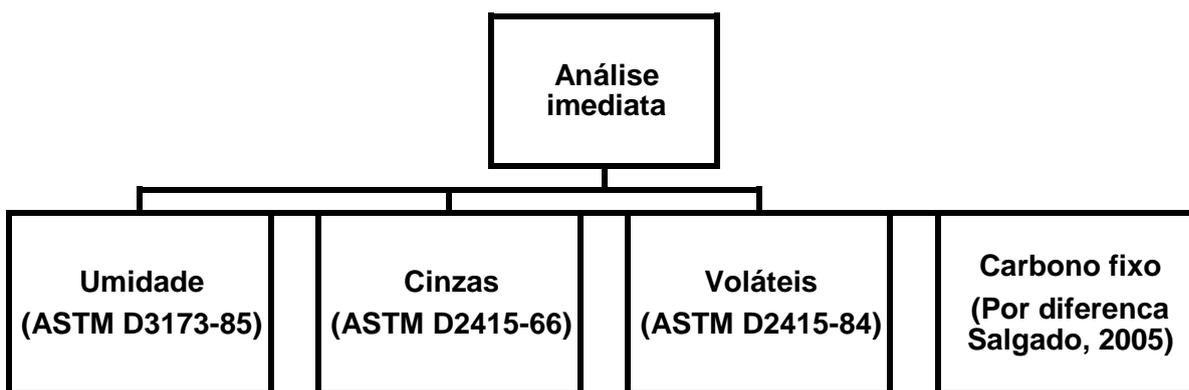


Figura 1: Métodos analíticos aplicados na biomassa.

O poder calorífico das amostras foi determinado conforme metodologia descrita pela ASTM D 240-87, ASTM E 711-87, sugerido pelo fabricante da bomba calorimétrica C-200, aproximadamente 0,5g de amostra.



Fonte: Ika, 2013

Figura 2: Bomba calorimétrica

Para caracterização química dos óleos, utilizou-se metodologia de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas com auxílio de cromatógrafo Varian CP 380 Gás de arraste: Hélio 99,999%, Fluxo do gás de arraste: 1 ml.min⁻¹; Coluna capilar: VF-5ms (5%, fenil 95% metilsilicone), Tipo de injeção: Split Razão: 1:20 Temperatura do injetor: 300°C; Rampa de temperatura da coluna: 80°C - 5 min; 190°C – 5°C/min; 215°C – 0,5°C/min; 320°C – 4°C/min – 3 minutos. As amostras para análise foram preparadas com 50 mg de óleo do mesocarpo 40 µL de MSTFA (N-Methyl-N-(trimethylsilyl) trifluoroacetamide) – 15 minutos em temperatura ambiente 1,5 cm³ de diclorometano.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Vissotto *et. al.*, (2012) apud Sánchez *et. al.*,(2010), a análise imediata fornece as frações de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo de uma amostra de biomassa.

3.1 Análise imediata e poder calorífico

Esse tipo de análise procura representar o comportamento do material (biomassa), combustível durante a queima.

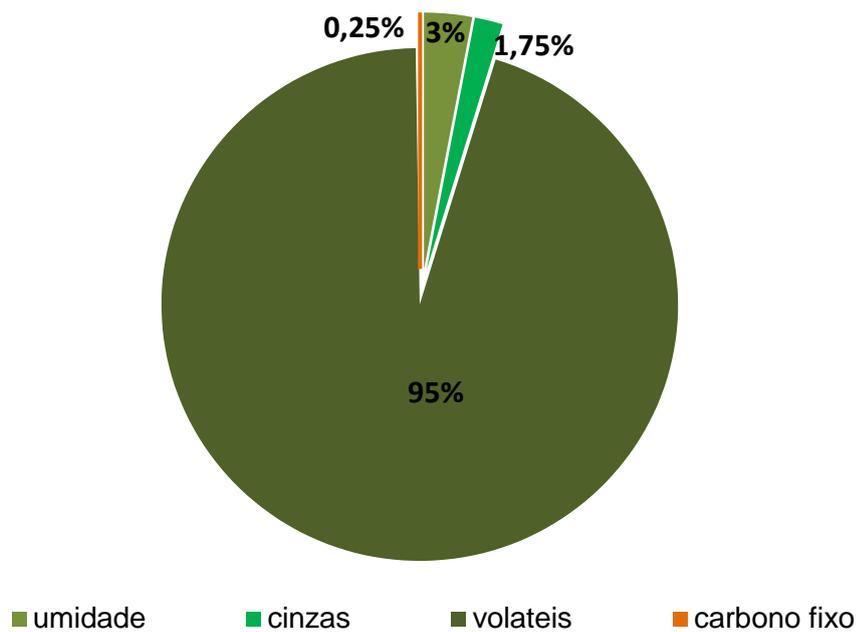


Figura 2: A composição centesimal determinada de acordo com a ASTM (Association Of Official Analytical Chemists) da amêndoa

No experimento realizado com parâmetros da análise imediata em base seca, representada nas Figuras 3 e 4, observa-se o teor de umidade, cinzas, voláteis e carbono fixo, deste modo, caracterizando o comportamento combustível da amêndoa e mesocarpo.

De acordo com os estudos de Lira *et. al.*, (2013), com a amêndoa da macaúba obteve-se o teor de umidade de 4,42% (m/m), enquanto neste trabalho foi encontrado valor 3,0% (m/m) sendo menor que o estudo citado.

Com relação ao teor de cinzas na amêndoa da macaúba, nos ensaios realizados por Aragão (2014) obteve-se 0,99% (m/m), já nas amostras de Lira *et. al.* (2013) foi de 1,54% (m/m) e Munhoz (2013) 2,00% (m/m). Neste trabalho foi alcançado um teor de 1,75% (m/m) entre os autores citados ficou próximo aos estudos de Lira *et. al.* (2013). Observou-se também na análise imediata deste estudo, os teores de voláteis e carbono fixo que foram 95% (m/m) e 0,25% (m/m), respectivamente.

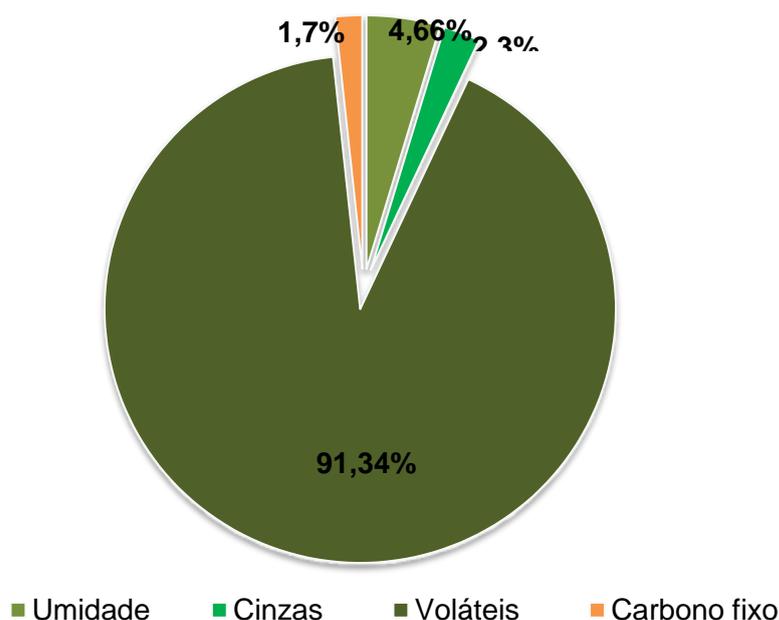


Figura 3: Composição centesimal determinada de acordo com a ASTM (Association Of Official Analytical Chemists) do mesocarpo

De acordo com os estudos Coimbra; Jorge (2011), com a mesocarpo da macaúba obteve-se o teor de umidade de 5,98% (m/m); enquanto neste trabalho foi obtido um valor inferior (4,66% (m/m)). Com relação ao teor de cinzas do mesocarpo da macaúba, nos ensaios realizados no experimento de Ramos *et. al.* (2008) obteve-se 1,51% (m/m), já nas amostras de Sanjinez-Argandoña, (2011), foi de 2,22% (m/m) e Munhoz (2013) 3,26% (m/m). Neste trabalho, foi obtido um teor de 2,3% (m/m) tendo maior proximidade aos estudos de Sanjinez-Argandoña (2011). Foi observado também na análise imediata os teores de voláteis e carbono fixo que foram de 91,34% (m/m) e 1,7% (m/m), respectivamente.

O material combustível com alto teor de voláteis é importante para a previsão da chama a ser gerada pelo combustível sólido, pois durante a desvolatilização há o desprendimento de gases combustíveis formados durante a elevação da temperatura da biomassa. A parte volátil do combustível é formada praticamente de metano, monóxido de carbono e hidrogênio, além de gases não combustíveis, oxigênio e nitrogênio (VISSOTTO *et. al.*, 2012).

Esse alto teor de voláteis posteriormente eleva o poder calorífico, que tem como definição a quantidade de calor que é liberada na combustão completa por unidade de massa. Essa medida corresponde à capacidade do combustível de gerar calor (SOARES *et. al.*, 2006).

A Tabela 1 apresenta resultados das análises de produção de calor das diferentes composições do fruto da macaúba. Poder calorífico ou calor específico é uma propriedade física dos materiais, podendo ser quantificada em calorias por gramas (kcal/kg), ou ainda em joules (J). O calor específico é igual à quantidade de calor necessário para elevar em uma unidade de temperatura, uma unidade de massa do material. Uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar em um grau a temperatura de um grama de água. Depois que foi estabelecido que o calor é uma forma de energia, com base na experiência de Joule, passou-se a usar o (J) para medir calor no SI (Sistema internacional). Sendo assim, 1 cal = 4,186 J, isso quer dizer que a definição de caloria não depende mais da água (SAMPAIO, 1998 apud GUIMARÃES, 2014).

A biomassa triturada apresentou poder calorífico de 20,606 MJ/kg, a mesma biomassa tamisada demonstrou uma pequena variação no comportamento no desprendimento de calor, sendo que na granulometria mach/Tyler 10 foi obtido 19,341 MJ/Kg, com relação a Tyler 28 é de 20,742 MJ/kg e no Tyler 42 foi de 21,216 MJ/kg.

Observou-se que o desprendimento de calor nas amostragens se saíram com bom indicativo com relação à queima da biomassa para obtenção de calor. Pode-se dizer que a granulometria nesse caso não influencia de forma significativa na energia contida na biomassa.

Tabela 1 - Análise calorimétrica obtidos neste experimento versus literatura

Biomassa Óleo	* PC MJ/Kg ⁻¹	* PC KCal/kg ⁻¹	** Eq. MJ/Kg ⁻¹ para KWh/Kg ⁻¹	
Epicarpo	18.752	4.478	5.208	
Mesocarpo	20.606	4.921	5,723	
Endocarpo	18.593	4.440	5.164	
Amêndoa	29.296	6.997	8.137	
Óleo da amêndoa	38.073	9.093	10.577	
Óleo do mesocarpo	39.523	9.439	10.978	
Resíduo da amêndoa	22.315	5.329	6.198	
Resíduo do mesocarpo	16.379	3.912	4.549	
Poder calorífico de outros autores				Referências
Epicarpo	18.329	4.377	5.091	Amaral, (2007)
Mesocarpo	20.997	5.015	5.832	Pereira, (2013)
Endocarpo	21.570	5.151	5.991	Vilas Boas et. al., (2010)
Amêndoa	-	-	-	-

* Poder calorífico e ** Equivalência

Em algumas aplicações, como em dimensionamentos de sistemas preliminar, é suficiente conhecer-se o poder calorífico a partir das equações empíricas, entretanto, para uma melhor precisão e aplicação real do combustível se faz necessário o teste em bomba calorimétrica (VISSOTTO, 2012).

O poder calorífico do resíduo da amêndoa é maior com relação ao resíduo do mesocarpo (após extração do óleo) é próximo à casca (epicarpo), e em comparação geral, o óleo do mesocarpo é que tem maior comportamento energético. Na (Tabela1) está representado os valores de energia obtida por bomba calorimétrica, por meio destes pode-se estimar a energia emKwh/kg caracterizando o potencial da biomassa para geração de energia alternativa.

No Brasil, às quatro principais oleaginosas de cultivos são: soja, girassol, palma e mamona caracterizando como as principais fontes de óleo bruto para produção de biodiesel (BRASIL, 2011). A (tabela 2) expõe o poder calorífico do óleo da amêndoa e óleo do mesocarpo da *Acrocomia aculeata* (Macaúba), equiparado com as oleaginosas *Elaeis guineensis* (Dendê/palma), *Glycine max L* (Soja), *Helianthus annuus* (Girassol) e *Ricinus communis L.* (Mamona).

Tabela 2 - poder calorífico do óleo de algumas espécies oleaginosas

Biomassa	*PC MJ/Kg ₁	* PC KCal/kg ⁻¹	**Eq. MJ/Kg p/ KWh/Kg	Referencias
Soja	40.105	9.579	11.143	Fiorese, Ferreira e Souza (2013)
Dendê	38.116	9.104	10.588	Coelho et. al. (2005)
Mamona	36.701	8.766	10.195	Soares et. al. (2006)
Girassol	40.101	9.578	11.139	Fiorese, Ferreira e Souza (2013)
Macaúba- A*	39.523	9.439	10.978	Presente trabalho
Macaúba-M*	38.073	9.093	10.577	Presente trabalho

*PC- Poder calorífico; ** Eq. – Equivalência; A*amêndoa e M* mesocarpo

Verifica-se na Tabela 2, que o poder calorífico do óleo da amêndoa e do mesocarpo da macaúba é próximo ao da soja e do girassol, dendê, sendo mais energético que ao da mamona.

3.2 Caracterização química

A composição química do óleo foi obtida por cromatografia Gasosa (CG-EM), e os principais compostos encontram-se expresso na Tabela 3 e nas Figuras 5 e 6 mostram o cromatograma de íons totais do óleo da amêndoa e o do mesocarpo da

macaúba. Está representado somente o cromatograma da amostra de nº 01 de cada biomassa, pois os espectros das outras amostras estão no ANEXOS A e B, e demonstraram o mesmo perfil quimicamente, os maiores picos apontam a maior concentração dos ácidos e o tempo de retenção.

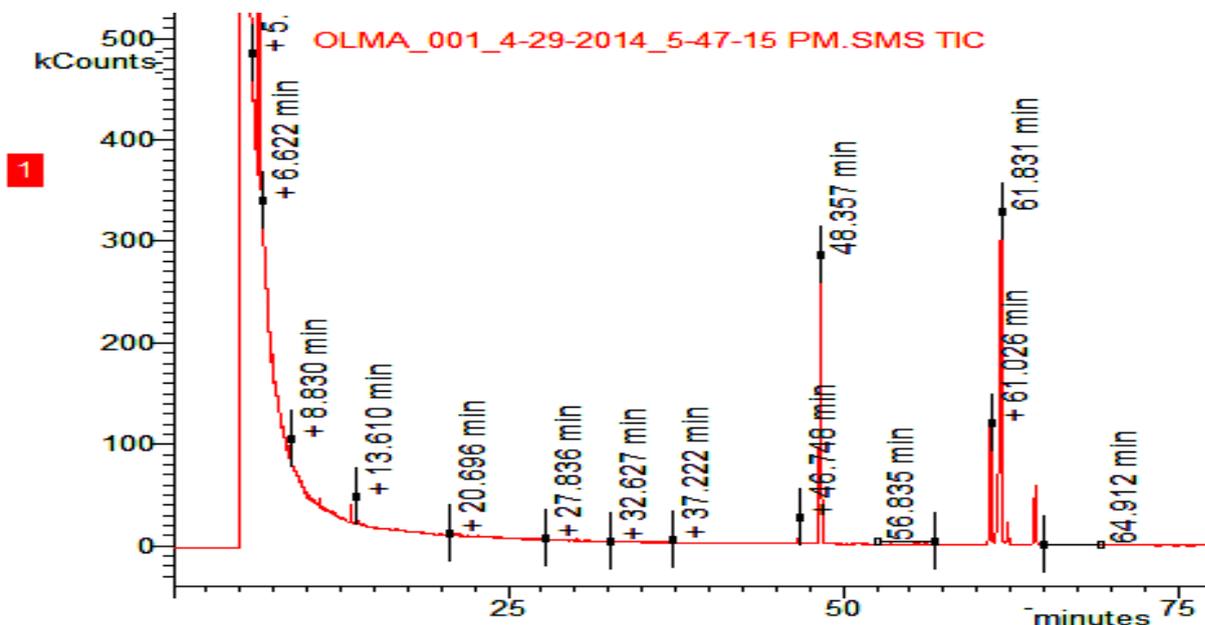


Figura 5 - Cromatograma de íons totais do óleo do mesocarpo da macaúba amostra-01

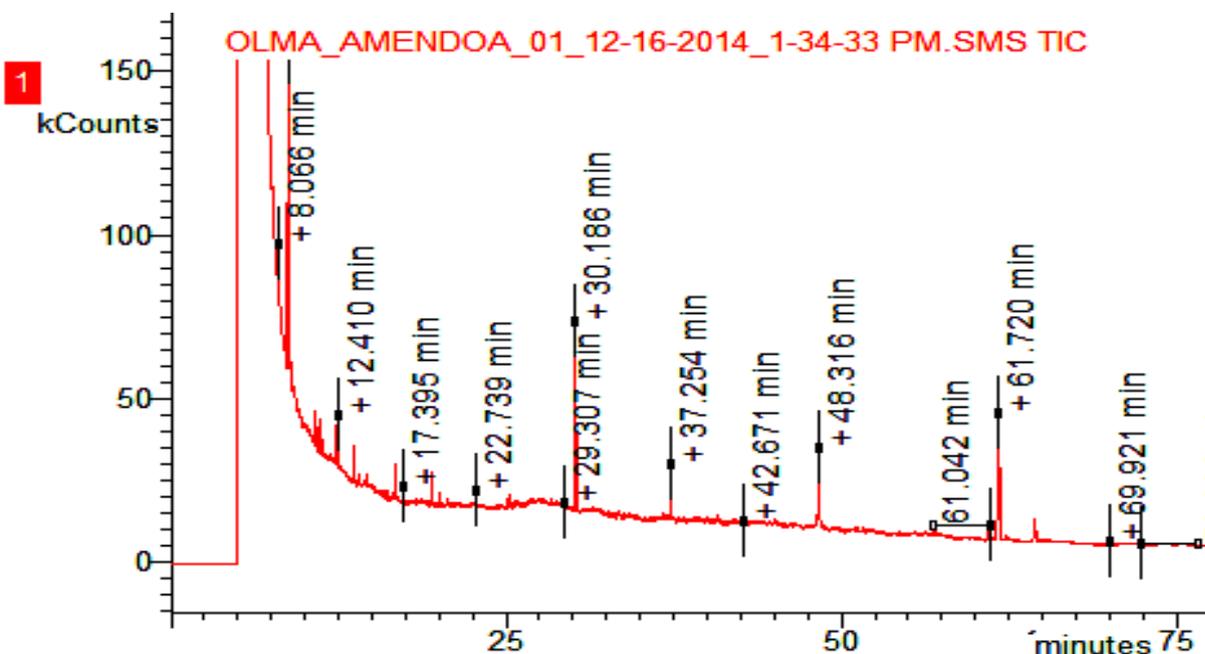


Figura 6 - Cromatograma de íons totais do óleo da amêndoa da macaúba amostra-01

Observa-se os primeiros picos ocorre uma extrapolação da área do gráfico possivelmente são solventes usados no processo, no tempo de retenção 8 minutos essa extrapolação é a saída do agente derivatizante MSTFA (*N-Methyl-N-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide*). Esse agente é necessário para promover a trimetilsilanização de compostos orgânicos, trocando hidrogênios ativos pelo grupo trimetilsilil (-Si (CH₃)₃) com o objetivo de aumentar a estabilidade térmica dos compostos orgânicos que possuem hidrogênio ativo em sua composição (CORREIA; VIEIRA, 2013).

Os compostos com maior presença nas amostras de óleos da amêndoa e mesocarpo são as unidades básicas formadoras dos lipídeos, os ácidos graxos, que se constituem por cadeias de hidrocarbonetos até a 18 unidades de carbono (Tabela 3). São quase que inteiramente ácidos carboxílicos alifáticos de cadeia linear (BRUICE, 2006 apud AOQUI, 2012).

São ácidos que possuem um grupamento metil em uma das extremidades da cadeia carbônica e um grupamento carboxila do lado oposto (Figura 7). No geral, não existem livres dentro das células em alta concentração e estão quase sempre combinados com glicerol (HOOD, 1987 apud AOQUI, 2012).

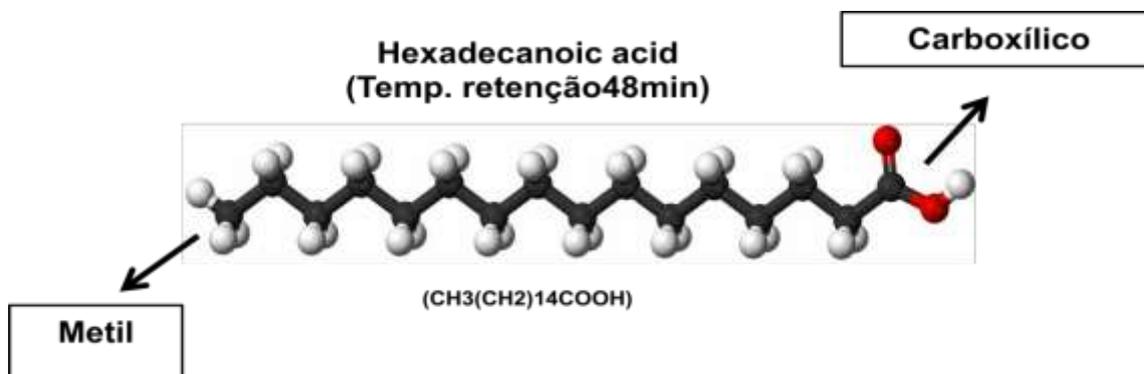
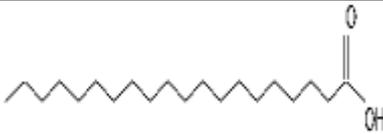
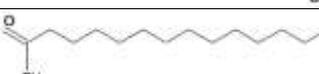
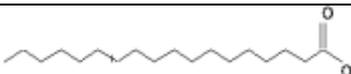
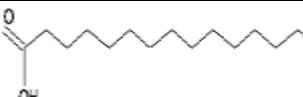


Figura 7 - Ácido graxo com grupamento metil e carboxílico

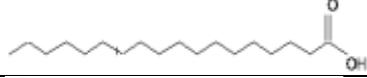
Tabela 3 - Principais compostos identificados no óleo do mesocarpo e da amêndoa da macaúba.

Compostos do mesocarpo			
Ácidos graxos	Temp. de ret. (min.)	Fórmula molecular	Formula estrutural
Alfa linolênico	61,38	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	

Araquídico	58,22	$C_{20}H_{40}O_2$	
Caprílico	46,33	$C_8H_{16}O_2$	
Cáprico	46,52	$C_{10}H_{20}O_2$	
Láurico	30,11	$C_{12}H_{24}O_2$	
Mirístico	37,08	$C_{14}H_{28}O_2$	
Palmítico	48,097	$C_{16}H_{32}O_2$	
Palmitoleico	46,06	$C_{17}H_{32}O_2$	
Estearíco	56,61	$C_{18}H_{36}O_2$	
Oléico (ω 9)	61,54	$C_{18}H_{34}O_2$	
Linoleico (ω 6)	61,41	$C_{18}H_{30}O_2$	
Linolênico (ω 3)	61,31	$C_{18}H_{30}O_2$	
Benzóico	33,39	$C_7H_6O_2$	
Pentadecanóico	42,19	$C_{15}H_{30}O_2$	

Compostos da amêndoa

Caprílico	31,	$C_8H_{16}O_2$	
Cáprico	30,57	$C_{10}H_{20}O_2$	
Láurico	30,11	$C_{12}H_{24}O_2$	
Mirístico	37,23	$C_{14}H_{28}O_2$	

Palmítico	48, 28	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	
Esteárico	61,08	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	
Oléico (ω 9)	61, 61	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	
Linoleico (ω 6)	61, 41	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	

Ácidos identificados por cromatografia gasosa.

Os ácidos graxos estão presentes em frutas, vegetais, sementes e gorduras animais como está representado abaixo.

Tabela 6 - Características e fontes de ácidos graxos

Nome	Nº átomos de carbono	Tipo de ácido graxo	Fontes comuns
Ácido Palmítico	16	Saturado	Óleo de palma
Ácido Esteárico	18	Saturado	Gordura animal
Ácido Oléico	18	Monoinsaturado	Óleo de oliva
Ácido Linoléico	18	Poli-insaturado	Óleo de cartamo
Ácido Linolênico	18	Poli-insaturado	Óleo de soja
Ácido Araquidônico	20	Poli-insaturado	Carne, leite
Ácido icosapentanoico	20	Poli-insaturado	Óleo de peixe
Ácido Docosahexaenóico	22	Poli-insaturado	Óleo de peixe

Fonte: White, (2009) apud Aoqui, (2012)

Entre os tipos de ácidos graxos estão: saturados, monoinsaturados, poli-insaturados e gorduras cis e trans. Quanto às moléculas dos ácidos graxos saturados não existem duplas ligações em sua cadeia carbônica é o que difere dos insaturados que possuem uma ou mais duplas ligações (AOQUI, 2012).

Em comparação com as composições de ácidos graxos dos dois tipos de óleos determinados por cromatografia gasosa, os mesmos apresentaram baixo teor de ácido linoléico. Quanto ao óleo da amêndoa, verificou-se que o mesmo é rico em ácido láurico apresentando um valor econômico no mercado dos óleos insaturados (AMARAL, 2011).

Correlacionando os ácidos graxos da Tabela 6 pode-se afirmar que o óleo proveniente do fruto da macaúba tem uma boa representatividade dos ácidos provenientes de fontes variáveis citados por White (2009) exceto o ácido icosapentanoico que não foi identificado no óleo da macaúba.

Estes ácidos fazem parte da composição química da maioria dos óleos e gorduras que servem de matéria prima para a produção de biodiesel, portanto, influenciando nos seus calores de combustão. Sabe-se quanto maior o poder calorífico maior é a energia do combustível (PERES, 2007).

4 CONCLUSÃO

O Brasil apresenta uma posição de liderança mundial na utilização de matérias-primas renováveis para fins energéticos. Nas análises físico-químicas das biomassas obtidas da macaúba em estudo apresentou alto teor de sólidos voláteis 95% na amêndoa e 91,37% no mesocarpo, cinzas 1,75% na amêndoa já no mesocarpo 2,3%, quanto a umidade obteve baixos teores de umidade na amostra em base seca sendo de 3,0% na amêndoa e 4,66% no mesocarpo, a baixa umidade é desejável na biomassa para aplicação em processos térmicos.

O poder calorífico superior MJ/kg se mostrou dentro das faixas encontradas por diversos autores Tabela 1 e aponta para utilização do fruto macaúba como precursor na produção de biocombustíveis. Os valores do poder calorífico de maior resposta foram dos extratos oleosos da amêndoa e do mesocarpo que apresentaram 38,07 MJ/kg e 39,52 MJ/kg respectivamente.

Na análise de cromatográfica gasosa dos extratos da macaúba, foram identificados compostos ácidos que se constituem cadeias de hidrocarbonetos com até 18 unidades de carbono ($C_8H_{16}O_2$, $C_{10}H_{20}O_2$, $C_{12}H_{24}O$, $C_{18}H_{34}O_2$, $C_{18}H_{30}O_2$), praticamente ácidos carboxílicos de cadeia linear.

REFERÊNCIAS

AMARAL, F. P. do. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart]**. 2007. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia e Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista, "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

AMARAL, F. P. do et. al. Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amêndoas de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. ex Mart.] coletada na região de Botucatu, SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 1, p.12-20, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter. **ASTM D 240 – 87**, 1991.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM . Standard test method for gross calorific value of refuse derived fuel by bomb calorimeter. **ASTM E 711– 87** de 2004.

ASTM D 2415-66. Standart Test Method for ash Determination, (1986).

ASTM D 3173-85. Standart Test of Humity, (1985).

ARAGÃO, T. F. de. **Macaúba (*Acrocomia aculeata*):** caracterização centesimal, potencial antioxidante e compostos fenólicos da polpa e amêndoa. 2014. 51 f. Monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

AOQUI, M. **Caracterização do óleo da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.) e azeite de oliva (*Olea europaea* L.) virgem extra e seus efeitos sobre dislipidemia e outros parâmetros sanguíneos, tecido hepático e mutagênese em ratos *Wistar*.** 2012. 143f. Dissertação (Mestrado em biotecnologia) Universidade Católica Dom Bosco - Área de concentração: Biotecnologia Aplicada à Saúde Campo Grande. 2012.

BRANDÃO, E. G.. **Avaliação da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) como volumoso para ovinos.** 2013. 39 f. Monografia em Medicina Veterinária), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Produção e Agroenergia. **Anuário estatístico da Agroenergia 2010.** 2. ed. Brasília, 2011.

CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. 2012. Dissertação (Mestrado EM Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2012.**

COELHO, S. T. *et. al.* Uso de óleo de palma “in natura” como combustível em comunidades isoladas da Amazônia. In: III Workshop Brasil-Japão em energia, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: 2005. p. 1 - 10.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International: Elsevier**, São Paulo, v. 44, p.2139-2142, Marc. 2011.

CORREIA, L. A. R.; VIEIRA, G. E. G. **Estudo do processo de pirólise para o aproveitamento sustentável de lodo digerido doméstico**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia), Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2013.

FERREIRA, J. C. *et. al.* Influência do teor de umidade no poder calorífico em diferentes idades e componentes de árvores *Pinus taeda*. In: Congresso Brasileiro sobre florestas energéticas, 2007, Lages/sc. **Anais...** Belo Horizonte. 2007. p. 2 - 4.

FIORESE, D. A.; FERREIRA, F. M.; SOUZA, S. N. M. de. **Eficiência energética de um grupo gerador monocilíndrico operando com óleo diesel e biodiesel metílico**. Sinop- MT: **Biosfera**, 2013.

GUIMARÃES, R. *et. al.* Avaliação de tipos de pré-tratamento de óleo usado de fritura para produção de biodiesel. **Rev. Ext. e Inic. Cient. SOCIESC**, Santa Catarina, p.10, jun. 2014.

MUNHOZ, C. L. **Elaboração de barras de cereal com bocaiuva**. 2013. 105 f. Tese (Doutorado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2013.

IKA. Bomba calorimétrica tipo C-200. Manual de instruções. Germany- Alemanha.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Edição IV, 1ª Edição Digital. São Paulo. 1020 p. 2008.

LIRA, F. F. *et. al.* Avaliação da Composição Centesimal de Frutos de Macaúba. – **Biochemistry And Biotechnology Reports**, Londrina, v. 3, n. 2, p.17-20, 2013.

PEREIRA, J.H.B., **Valor nutritivo da torta da polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) para suínos em crescimento**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em medicina veterinária) Universidade de Brasília, Brasília. 2013

PERES, S. *et. al.* Caracterização e determinação do poder calorífico e do número de cetano de vários tipos de biodiesel através da cromatografia. **Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel**, Brasília, V. 2, 2007.

RAMOS, M. I. L. *et. al.* Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciênc. Tecnol. Alimento**, Campinas, v. 6, n. 28, p.90-94, dez. 2008.

ROSCOE, R. Biodiesel por craqueamento térmico catalítico: energia renovável na agricultura familiar e comunidades indígenas, in: *Workshop de unidades e mostrativas: Rede brasileira de tecnologia de biodiesel*. Embrapa Agropecuária Oeste, Brasília. 2007.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CHUBA, C. A. M. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bociuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. **Rev. Bras. Frutic**, [Online].Jaboticabal, v. 33, n. 3, p.1023-1028, set. 2011.

SILVEIRA, I. S.; VIEIRA, G. E. G. **Pirólise de pequi (*Caryocar brasiliense*) – avaliação do rendimento e da caracterização físico-química da fração orgânica**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2012.

SOARES, B. F. *et.al.* Proposição de uso de óleo vegetal in natura e biodiesel de mamona em termelétricas. In: ENC. ENERG. MEIO RURAL, 6, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Scielo, 2006. v. 6, p. 1 - 10.

VILAS BOAS, M. A. *et. al.* Efeito da temperatura de carbonização e dos resíduos de macaúba na produção de carvão vegetal. **Rev. Scientia Florestalis**. 38, 481-490. 2010.

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura), Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel. 2012.

VISSOTTO, J. P. *et. al.* Caracterização de Pinus, Eucaliptus, Casca de Eucaliptus e Resíduos Florestais e de Destoca para fins energéticos. In: VII congresso nacional de engenharia mecânica. São Luís. **Anais...** . São Luís: ABCM, 2012. v. 7, p. 1 - 10. 2012.

WHITE, B. Dietary Fatty Acids. **Amer Fam Phys**. v. 80, n.4, p.345-350, 2009.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO ANTIBACTERIANA E ANTI-INFLAMATÓRIA DO ÓLEO DOMESOCARPODA *Acrocomia aculeata*

Abimael Pereira Nunes, Glaucia Eliza Gama Vieira

Resumo

Acrocomia é do gênero pertencente à família *Arecaceae*, nativa de florestas tropicais. A polpa do fruto macaúba tem usos alimentícios, como sucos, geleias, sorvetes que possuem substâncias bioativas, “ditas funcionais”, como antioxidantes, fibras e minerais imunomoduladores como o Zinco. Sabe-se que fibras e compostos antioxidantes têm ação estimulante para o tratamento de inflamações. O presente trabalho teve como objetivo investigar a atividade antibacteriana e anti-inflamatória dos extratos e das frações do óleo do mesocarpo da *Acrocomia aculeata* obtidas por extração a frio e as frações por cromatografia de coluna. As cepas bacterianas foram tratadas com os extratos à uma concentração de 5mg/ml para a avaliação da atividade bacteriana e para controle positivo foi utilizado o antimicrobiano convencional Imipenem. Na avaliação da atividade antibacteriana foi observado que nenhum dos extratos testados mostraram atividade frente às bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Quanto a avaliação da atividade de mediadores da inflamação, as células foram tratadas com os bioativos oleoso do mesocarpo da macaúba e estimuladas com LPS. Após 24 horas o sobrenadante celular foi coletado para avaliação da produção de óxido nítrico (NO•) pela reação de Griess. Analisando os efeitos sobre a produção de mediadores inflamatórios, foi observado no primeiro ensaio que as frações hexânica (FHex) e metanólica (FMeOH) na concentração de 25 e 50 µg/ml inibiram a produção de NO•, em células macrófagos murino J774 estimulados por LPS. Em ensaios posteriores nas mesmas condições não demonstrou nenhum tipo de atividade, sugerindo a realização de estudos futuros na obtenção do extrato, ou no fracionamento em cromatografia de coluna e até mesmo adaptações nos métodos usados neste trabalho. Este estudo pode fornecer uma base para investigações futuras sobre o papel terapêutico do óleo do mesocarpo no tratamento da inflamação.

Palavra chaves: atividade do bioativo, mediadores da inflamação, células macrófagos murino J774.

ABSTRACT

Acromonia is a gender belonging to the Arecaceae family and native from the tropical forests. Food is one of the many subjects related to the fruit pulp from macauba, for example: juices, jellies, ice-creams which possess bio active substances, called as antioxidant, fibers and immune modulators minerals like the Zinc; it is known that fibers and antioxidant compounds have stimulating action to inflammations treatments. This study had the purpose to investigate the antibacterial activity and anti-inflammatory from the extracts and fractions of the *Acrocomia aculeata* mesocarp oil achieved by extraction of fractions from the spine chromatography. The bacterial vines were treated with the extracts concentration of 5mg/ml to evaluate the bacterial activity e to the positive control was used the conventional antimicrobial Imipenen. In the evaluation of the antibacterial activity was observed that none of the tested extractions showed activity upon the Gram-positives and Gram-negatives bacteria's. As for the activity evaluation of inflammation mediators, the cells were treated with oil bio actives from macauba's mesocarp and stimulated with LPS. After 24 hours the cellular supernatant was collected to evaluation of nitric oxide production (NO°) for reaction of Griess. Analyzing the effects under the production of inflammatory mediators, was observed that in the first test that the hexanica fractions (FHex) and metalonica (FmeOH) in concertation of 25 and 50 mg/ml inhibited the NO° production, on macrophages murine J774 cells stimulated by LPS. On further tests in the same conditions doesn't showed any kind of activity, suggesting for future studies futures observations on obtain the extract or on fractioning on spine chromatography or even for the same adaptations on methods used in this study. This work can provide a base to future investigation about the therapeutic paper of mesocarp oil on inflammation treatment.

Key words: bio active activity, inflammation mediators, macrophages murine J774 cells.

1 INTRODUÇÃO

A palmeira macaúba é arborescente perene, frutífera nativa, tipicamente brasileira (AOQUI, 2012). As plantas perenes vêm sendo utilizada no Brasil para ampliar os conhecimentos em silvicultura, medicina popular, melhoramento genético, e em outras áreas afins, assim como na preservação dos ecossistemas tropicais (MORELLATO *et. al.*, 1990 apud BERTON, 2013).

A nome popular da *Acrocomia aculeata* pode variar de acordo com a região de distribuição, só no Brasil ela é conhecida por bocaiúva, macaúba, macacaúba, macaiba, macaibeira, macajuba, macaúva, mucaia, mucajá, entre outros (TEIXEIRA, 1996; LORENZI, 2006; FERREIRA *et. al.* (2013).

Diversos fármacos obtidos a partir de plantas medicinais são usados como anti-inflamatórios e cicatrizantes. Paradoxalmente, apesar do uso cada vez mais frequente, elas têm o uso baseado apenas em conhecimentos populares, faltando o suporte de evidências experimentais que comprovem o potencial terapêutico, mecanismo de ação, toxicidade e os possíveis efeitos colaterais (BATISTA *et al.*, 2008 apud VIEIRA *et. al.* 2012).

O processo inflamatório é uma ação fisiológica mais antiga e de conhecimento dos seres humano, por apresentar sinais característicos e ser uma das patologias mais frequentes em humanos e outros vertebrados. As primeiras civilizações (Mesopotâmia e Egito, datadas de 3000 a.C.) já descreviam a inflamação a partir da observação de uma lesão na pele avermelhada, quente e dolorosa, comparando-a a algo de sensação ardente, que queima como se estivesse em contato com chamas. A própria palavra inflamação vem do grego phlegmoné ou do latim inflammatio que significa “algo flamejante, que queima” (RYAN; MAJNO, 1977 apud SARAIVA, 2009).

A fase inflamatória caracteriza-se pelo aparecimento de dor, calor, rubor e edema. Sendo geralmente causa nos vasos sanguíneos, com extravasamento dos constituintes do sangue para região lesada. O dano endotelial resulta na ativação de plaquetas e da cascata de coagulação, que leva à formação de uma camada de fibrina. Em seguida, é formada uma matriz provisória para migração celular (RODRIGUÊS, 2011).

Nesse contexto, a macaúba (*Acrocomia aculeata*) possui substâncias bioativas, “ditas funcionais”, como antioxidantes, Fibras e minerais imunomoduladores (como o Zinco). Além disso, sabe-se que Fibras e compostos antioxidantes têm ação anti-inflamatória (BRESSAN *et. al.*, 2009).

Segundo os estudos de Costa *et. al.* (2012); Ferreira *et. al.* (2013), relacionou o potencial antimutagênico do óleo da polpa da macaúba, com seus altos teores de ácidos graxos monoinsaturados e compostos antioxidantes, demonstrando ação protetora frente a agentes indutores de danos ao DNA.

E de acordo com os estudos de Aouf (2012) Hiane *et. al.* (2005), os teores de ácidos graxos e composição centesimal mostraram que os ácidos graxos encontrados na polpa de macaúba foram caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoléico, linolênico Araquídico, em meio aos ácidos identificados no extrato oleoso do mesocarpo da macaúba estão os ômega 3, 6, 9 e o ácido palmítico, com características funcionais para a saúde humana e animal.

Os ácidos graxos das séries ômega 3 e ômega 6 (linoleico e linolênico) são ácidos metabolicamente distintos e desempenham funções fisiológicas opostas, intervindo em numerosos processos fisiológicos tais como a coagulação do sangue e as respostas inflamatórias e imunológicas, influenciando assim no processo de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (PALANCA *et. al.* 2006; SIERRA *et. al.*, 2004; BARBOSA *et. al.* 2007).

O ácido palmítico é um ácido graxo saturado de cadeia longa é o segundo majoritário nas amostras de óleos do mesocarpo. Segundo Duval *et. al.* (2007); Yu *et. al.* (2002); Nachbar (2012), o ácido palmítico induz resistência à insulina em célula muscular esquelética, levando à redução na captação de glicose.

O ácido oléico (ômega 9) está presente em abundância na *Acrocomia aculeata* é um ácido graxo essencial, o qual desempenha um papel fundamental na síntese dos hormônios (RODRIGUÊS, 2011).

Ácidos graxos como o oléico e outros monoinsaturados, estão relacionadas à diminuição de incidência de doenças cardiovasculares, controle de dislipidemias também apresentam atividade anti-inflamatória, pois tem a capacidade de inibirem a síntese de mediadores pró-inflamatórios, como as prostaglandinas, além de aumentarem a resposta migratória, aumentam a expressão de moléculas de adesão

e a aumenta a produção de citocinas nos neutrófilos (LIN; HUEY, 2009; RODRIGUÊS, 2011).

Alguns estudos atribuíram efeito protetor para o ácido oléico na prevenção do câncer de mama, já a ingestão do ácido linoléico aumenta o risco desse câncer (COSTA *et. al.*, 2012).

Apesar dos relatos citados sobre as finalidades dos ácidos graxos, não há trabalhos em que os efeitos desses ácidos graxos foram comparados. Nesse contexto, os extratos oleosos do mesocarpo da macaúba apresentam uma abundância de ácidos graxos em sua composição. E em vista disso, o presente estudo foi realizado com objetivo investigar tempo de secagem, composição química do óleo do mesocarpo e atividade bacteriana em cepas Gram-positivas e Gram-negativas, também ponderar por meio de modelos experimentais a atividade anti-inflamatória desses bioativo em células macrófagos da linhagem J774 ativada por lipopolissacarídeo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de coleta

As amostras dos frutos foram coletadas em macaubais nativos no município de Paraíso do Tocantins -TO na Fazenda Primavera e tratadas no Laboratório de Ensaio e Desenvolvimento de Biomassa e Biocombustíveis Universidade Federal do Tocantins (LEDBIO-UFT).



Figura 1: Localização da área de coleta.

2.2 Extração e caracterização química do óleo

A extração de óleo do mesocarpo da macaúba obteve-se pelo método de percolação em temperatura ambiente com proporção 3:10, pesou-se 3g da amostra desidratada e pipetou-se 10 ml de diclorometano (DCM) deixando em repouso por 7 dias, em seguida foi filtrado a vácuo e deixado em cabine de exaustão até evaporação total do DCM (GHIGGI, 2007).

Para caracterização química dos óleos, utilizou-se metodologia de cromatografia Gasosa acoplada à espectrometria de massas com auxílio de cromatógrafo Varian CP 3800, Gás de arraste: Hélio 99,999%, Fluxo do gás de arraste: 1 ml.min⁻¹; Coluna capilar: VF-5ms (5%, fenil 95% metilsilicone), Tipo de injeção: Split Razão: 1:20 Temperatura do injetor: 300°C; Rampa de temperatura da coluna: 80°C - 5 min; 190°C – 5°C/min; 215°C – 0,5°C/min; 320°C – 4°C/min – 3 minutos. As amostras para análise foram preparadas com 50 mg de óleo do mesocarpo 40 µL de MSTFA (N-Methyl-N-(trimethylsilyl) trifluoroacetamide) – 15 minutos em temperatura ambiente 1,5 cm³ de diclorometano.

2.3 Atividade antibacteriana

2.3.1 Preparo das soluções dos extratos

As cinco amostras de óleos e as duas frações obtidas por cromatografia de coluna seguido de partição, foram manipulados de forma que se obtenham soluções à uma concentração de 5mg/ml, solubilizados com Diclorometano(ANVS, 2004).

2.3.2 Micro-organismo

Todas amostras de óleos do mesocarpo foram testadas sua atividade em triplicata em cepas bacterianas adquiridas da coleção Universidade Federal do Amazonas (UFAM), e da coleção americana *American Type Culture Collection* (ATCC) no banco de cepas da Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ), as cepas foram mantidas com 20% de glicerol a -20°C até o momento do experimento (REBELO *et. al.*, 2012).

2.3.3 Preparação das placas

As placas com Meio Agar Müller Hinton (AMH) foram preparadas na câmara de fluxo laminar, de acordo com instruções do fabricante. Em seguida foi adicionado na camada inferior 10 ml de AMH ou Ágar Bacteriológico em placa de 90X15 mm. Após solidificar foi acrescentado 15 ml de Agar Müller Hinton na camada superior e as placas foram mantidas em temperatura ambiente até solidificar, em seguida foram feitos os orifícios cilíndricos de aproximadamente 6mm de diâmetro com o auxílio de ponteiros estéreis de 200µL de maneira equidistante para evitar zonas de inibição convergentes(ANVS, 2004).

2.3.4 Preparação do inóculo

Padronizou-se a quantidade do inóculo utilizado, a fim de assegurar a reprodutibilidade do ensaio. Para a realização do teste, todas as cepas foram cultivadas em 3mL de caldo nutritivo Brain Heart Infusion (BHI). Para o preparo do

inóculo bacteriano foi transferido com auxílio de micropipeta uma alíquota de 50 a 100ul da cultura para um tubo com 3 ml de meio estéril, e este foi comparado até atingir a turvação padrão de 0,5 de McFarland ($1,5 \times 10^8$ UFC/mL) (ANVS, 2004).

2.3.5 Atividade antibacteriana por teste de difusão em ágar e técnica de poços

Imediatamente após o preparo do inóculo, com auxílio de um Swab estéril foi inserido no tubo com o inóculo ajustado e depois foi retirado o excesso pressionando-o na parede interna do tubo. Sendo então o micro-organismo alvo semeado em toda superfície do AMH em três direções, girando a placa aproximadamente 60° , a fim de assegurar distribuição uniforme do inoculo. Ao final o Swab foi passado na margem da placa. Para melhorar a absorção, as placas ficaram entreabertas por 5 a 15 minutos à temperatura ambiente para que o inóculo fosse completamente absorvido pelo meio.

Nos respectivos poços, devidamente identificados e com auxílio de uma micropipeta foram aplicados nos orifícios um volume de 40 μ L a 5mg/mL das soluções do ativo. Foram adicionados aos poços as soluções dos produtos naturais e incubadas em estufa bacteriológica a 37°C por um período de 18 a 24 horas. Posteriormente o período de incubação foram observados se houve a formação de halos. O controle positivo foi antimicrobiano convencional Imipenen na concentração de 10ug/mL em água destilada e estéril.

2.4 Atividade anti-inflamatória

2.4.1 Inibição da ativação de macrófagos por LPS

Os ensaios foram realizados conforme Verma *et. al.* (2012), com modificações. Macrófagos da linhagem J774 foram plaqueados na densidade 1×10^6 células/mL em placas de 96 poços seguindo-se adesão por 24 h a 37°C , em atmosfera com 5% de CO_2 .

Após aderência, o meio foi retirado e adicionado meio de cultivo RPMI suplementado com 1% de SFB com volume de 100 μ L/poço. As células foram estimuladas pela adição de lipopolissacarídeo - LPS (concentração final $1 \mu\text{g/mL}$) e

tratadas juntamente com bioativos de plantas nas concentrações de 0, 3,12, 6,25,12,5, 25, 50, 100µg/mL.

Para o experimento controle, as células foram cultivadas apenas com meio de cultivo. Em seguida, as células foram incubadas por mais 24 horas a 37°C, 5% de CO₂, e o sobrenadante celular foi coletado para a análise de NO (NO₂)⁻¹.

2.4.2 Quantificação de nitrito em sobrenadante cultura de células da linhagem J774 tratadas com bioativos de plantas

A produção de óxido nítrico foi medida pela dosagem de seus produtos de degradação, nitrito, mais estáveis, utilizando o reagente de Griess. Neste método, o nitrito primeiramente reage com a sulfanilamida em meio ácido para formar um composto intermediário, o sal de diazônio. Em seguida, este sal reage com N-naftil-etilenodiamina (NED) formando um composto azo estável de coloração púrpura, podendo assim ser quantificado espectrofotometricamente a 550 nm (GREEN *et. al.*, 1982; RAMOS, 2006; ALMEIDA; LIMA; BOLETI, 2013).

Para a determinação da produção de NO• 100 µL do sobrenadante celular foi submetido a reação com igual volume do reagente de Griess. Para o preparo deste reagente, foram utilizadas soluções estoques de cloreto de naftiletilenodiamina (0,1%) dissolvido em H₃PO₄ (5%) e de sulfanilamida a 1% dissolvida em H₃PO₄ (5%). Pouco antes do uso, as soluções foram adicionadas na proporção 1:1, formando o reagente de Griess propriamente dito. Após o período de incubação de 10 minutos as amostras foram lidas em leitor de microplacas (DTX 800, Beckman) a 560 nm.

O cálculo das concentrações de nitrito foi realizado com base em curvas padrões utilizando diferentes concentrações de NaNO₃ (15µM até 1000µM), (GREEN *et. al.*, 1982; RAMOS, 2006; ALMEIDA, LIMA, BOLETI, 2013).

De acordo com França *et. al.*, (2012), a linearidade do método foi testada utilizando-se duplicatas de cinco contendo 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; e 1,6 mL da solução padrão de nitrito de sódio (NaNO₂). Como os dados obtidos foi confeccionado um gráfico de absorbância em função da concentração de NaNO₂.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cinética de secagem

O material vegetal, foi submetido ao processo de secagem, nessa técnica obteve-se a curva de secagem, (Figura 1), da biomassa que foi determinada em temperatura a 60°C. A leitura em relação à perda de peso da amostra foram realizadas em intervalos regulares de 60 minutos por seis horas (6hs). A perda de peso foi acompanhada até atingir peso constante (HOFSKY *et. al.*, 2009).

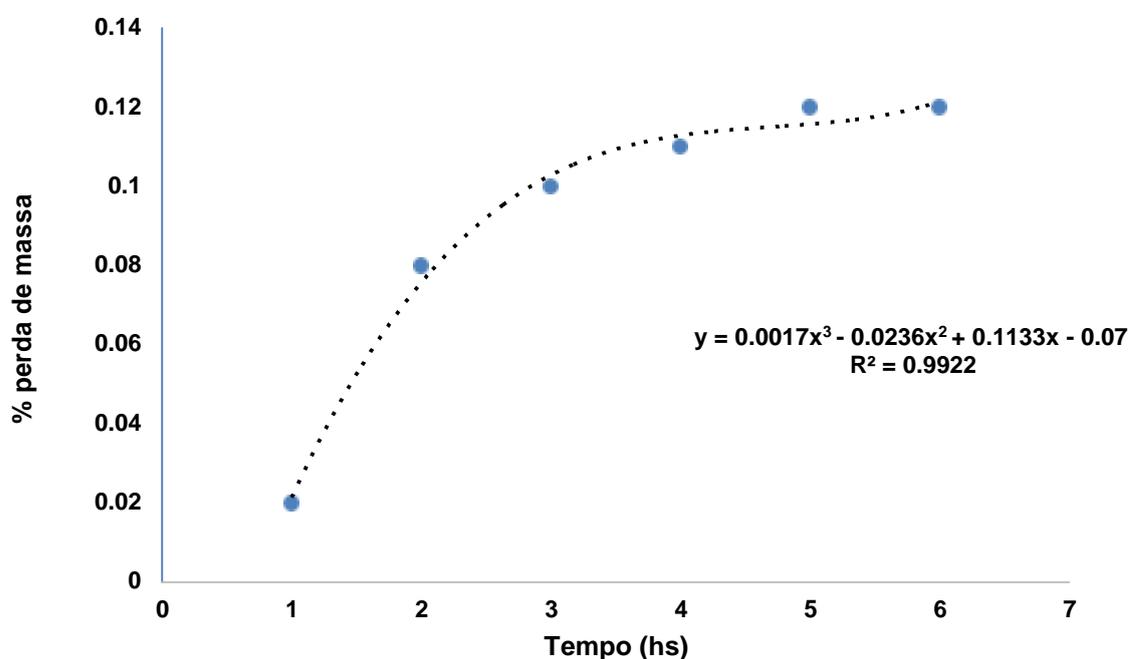


Figura 2: Curva da cinética de secagem do mesocarpo.

De acordo com a figura acima observa-se que a perda de umidade é mais rápida no início do processo, o tempo aproximado de secagem é de 6h à uma temperatura 60°C. A cinética foi realizada em triplicata para cada intervalo de tempo, sendo que em 1h de secagem o estudo cinético mostrou uma perda de umidade de 0,02% (m/m), já 2h houve uma perda de 0,08% (m/m), logo em 3h foi 0,1% (m/m), em 4h foi 0,11% (m/m), no entanto o melhor tempo para secagem é de 5h 0,12% (m/m) e em 6h ocorreu o fenômeno que determinou o peso constante da biomassa. Para descrever os dados experimentais, foi determinado o modelo matemático

empírico, sendo o melhor ajuste para o modelo foi o polinomial de ordem três com o $R^2 = 0,9922$.

A operação do processo de secagem é importante, uma vez que visa a preparar o produto para a armazenagem; entretanto, se malconduzida, poderá prejudicar a qualidade do produto ou, por outro lado, acelerar o processo de deterioração durante a armazenagem; assim, o conhecimento do mecanismo de ação da água entre o material a ser armazenado e o ambiente é de grande importância no processo da secagem (SOUSA *et. al.* 2006).

Quanto à extração das cinco amostragens obteve-se pelo método de percolação a frio em diclorometano e submetido à cromatografia de coluna, seguido de partição líquido/líquido. A cromatografia partiu-se de 1g do extrato (óleo) bruto e obteve-se duas frações, denominadas de hexânica (FHex) e metanólica (FMeOH)(MORTIMER, 2006).

Para as cinco amostras do óleo puro (bruto) e para as duas frações obtidas na partição foram realizados testes na Fundação Osvaldo Cruz com a técnica de Concentração Inibitória Mínima (CIM) em cepas Gram-positivas e Gram-negativas e na Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Amazonas as mesmas amostras foram submetidas a testes em células sintéticas para avaliação da atividade anti-inflamatória (GREEN *et. al.*, 1982; ANVS, 2004; VERMA *et. al.*, 2012).

3.2 Composição química

O rendimento de óleo foi de 50% (m/m), no processo de extração por percolação em temperatura ambiente. As cinco amostras foram submetidas a análise em CG/EM (cromatografia Gasosa acoplada à espectrometria de massas), para identificação dos ácidos graxos, sendo que todas as amostras reproduziram o mesmo comportamento químico, desta forma o cromatograma dos íons totais do óleo do mesocarpo da amostra de nº 01 (Figura 3), os cromatogramas das demais amostras estão no ANEXO A.

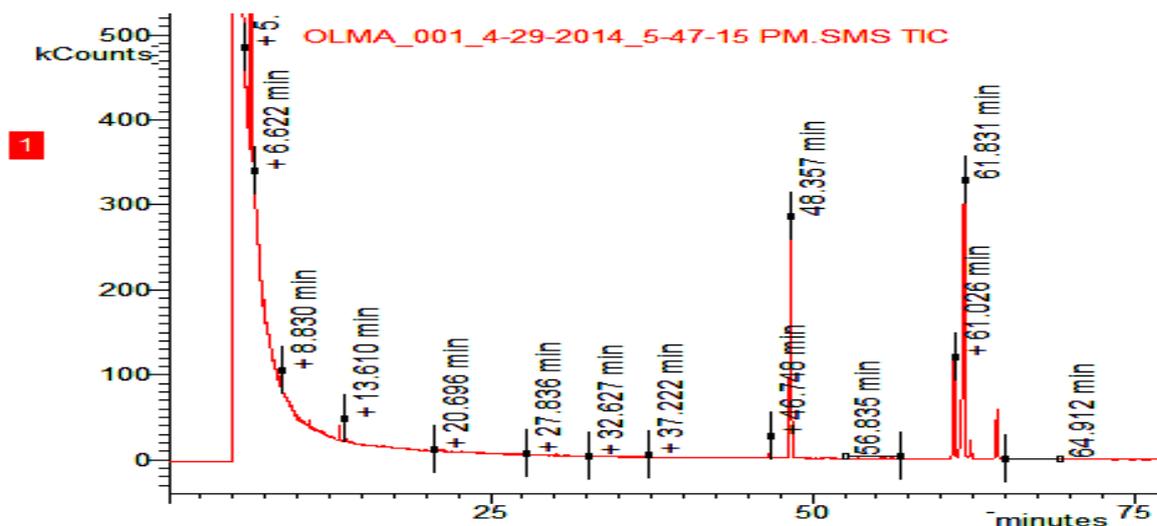


Figura 3: Cromatograma de íons totais do óleo do mesocarpo da macaúba amostra-01

Observa-se os primeiros picos ocorre uma extrapolação da área do gráfico possivelmente são solventes usados no processo, no tempo de retenção 8 minutos essa extrapolação é a saída do agente derivatizante MSTFA (*N-Methyl-N-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide*). Esse agente é necessário para promover a trimetilsilanização de compostos orgânicos, trocando hidrogênios ativos pelo grupo trimetilsilil (-Si (CH₃)₃) com o objetivo de aumentar a estabilidade térmica dos compostos orgânicos que possuem hidrogênio ativo em sua composição (CORREIA; VIEIRA, 2013).

De acordo com os estudos de Hiane *et. al.*, (2005), os teores de ácidos graxos mostraram que os principais ácidos graxos encontrados na polpa de macaúba foram ácidos linolênico 2,52% (m/m), linoleico 5,10% (m/m), ácido palmítico 15,96% (m/m) e ácido oléico 65,87% (m/m). Sendo o óleo da polpa desse presente estudo os compostos em análise por CG/EM mostraram os ácidos linolênico 2,38% (m/m), linoleico 4,68% (m/m), ácido palmítico 16,02% (m/m) e Oléico como composto majoritário 58,62% (m/m), no método comparativo pode-se afirmar que os valores foram próximos ao do autor citado.

3.3 Atividade antibacteriana

A avaliação da metodologia aplicada pode ser utilizada como método prévio, por ser reconhecido e determinar a sensibilidade de uma gama de microrganismos das mais variadas substâncias, produzindo resultados semiquantitativos. No entanto,

ainda é a técnica mais comum para a avaliação de antibacterianos e antifúngicos de óleos, por ser de fácil execução e requerer pequenas quantidades de amostra (KALEMBA, KUNICKA, 2003; SILVESTRI *et. al.*, 2010).

Quadro 1 Cepas bacterianas padrão ATCC (*American Type Culture Collection*) utilizadas nos testes de atividade pelo método de difusão em placas.

Bacterias	ATCC
DAEC - <i>Escherichia coli</i> aderência	F1845
ETEC- <i>Escherichiacoli</i> enterotoxigênica LT	LT2871
ETEC- <i>Escherichiacoli</i> enterotoxigênica ST	ST8
EIEC- <i>Escherichiacoli</i> -INV- enteroenvasora	ATCC 1381
EPEC- <i>Escherichiacoli</i> enterotoxigênica típica	ATCC E234869
EAEC- <i>Escherichiacoli</i> enteroagregativa	ATCC 042
<i>Escherichia coli</i> não diarréiogênica	ATCC 10536
EHEC- <i>Escherichia coli</i> enterohemorrágica	CDC-EDL933-171-0157:H3
<i>Shigella dysenteriae</i>	ATCC 13313
<i>Shigella flexnerie</i>	ATCC 12022-152
<i>Vibrio Cholerae</i>	ATCC 9458-156
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 4352-083
<i>Proteus mirabilis</i>	ATCC 15290-095
<i>Serratia marcescens</i>	ATCC 14756-131
<i>Hafnia alvei</i>	ATCC 11601-120
<i>Acinetobacter baumannii</i>	ATCC 19606-143
<i>Citrobacter freundie</i>	ATCC 43864-576
<i>Yersinia enterocolitica</i>	ATCC9610-098
<i>Pseudomonas putida</i> (oralis)	ATCC 15175-113
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CDC EDL-1284
<i>Salmonella arizonae</i>	UFAM
<i>Salmonella enterica Choleraesuis</i>	ATCC 10708-028
<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Typhimurium	ATCC 13311-084
<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>Enterica</i> serovar Typhi	ATCC 6539-029
<i>Streptococcus agalactiae</i>	ATCC 13813
<i>Streptococcus pyogenis</i>	ATCC 19615
<i>Streptococcus galolitycus</i>	ATCC 9809
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	ATCC 11733
<i>Bacillus liquiniformes</i>	UFAM
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i> (CT)	ATCC 6051
<i>Enterococcus faecalis</i> (<i>Streptococcus faecalis</i>)	ATCC 4083
<i>Listeria inócua</i>	ATCC 33090
<i>Listeria monocytogenes</i>	ATCC 15313
<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	ATCC 7953
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 80958
<i>Staphylococcus sumulans</i>	ATCC27851
<i>Staphylococcus resistente a meticilina</i>	MRSA

Os testes de atividade antibacteriana pelo método de difusão em placas do óleo do mesocarpo da macaúba (*Acrocomia aculeata*), nenhum dos extratos testados mostrou atividade frente as bactérias Gram-positivas e Gram-negativas usando-se 5mg/mL de óleo por disco, determinando que os bioativos não há atividade bacteriostáticas.

3.4 Atividade anti-inflamatória

Macrófagos são células do sistema imunológico, quando ativados, produzem NO, (SEABRA *et. al.*, 2004; PADRÃO, 2009).

A variabilidade de estímulos que pode ativar macrófagos é muito grande: contato direto com microrganismo ou partículas inertes, como LPS, bactérias e produtos do próprio tecido danificado. A ativação pode também ser induzida por certas citocinas, que são secretadas por linfócitos que estejam ao redor. Estes estímulos fazem com que modifiquem algumas de suas propriedades como crescimento, diferenciação, ativação, migração, endocitose e secreção (GORDON *et. al.* 1988 apud KUEHN; PRADO JUNHO, 2009).

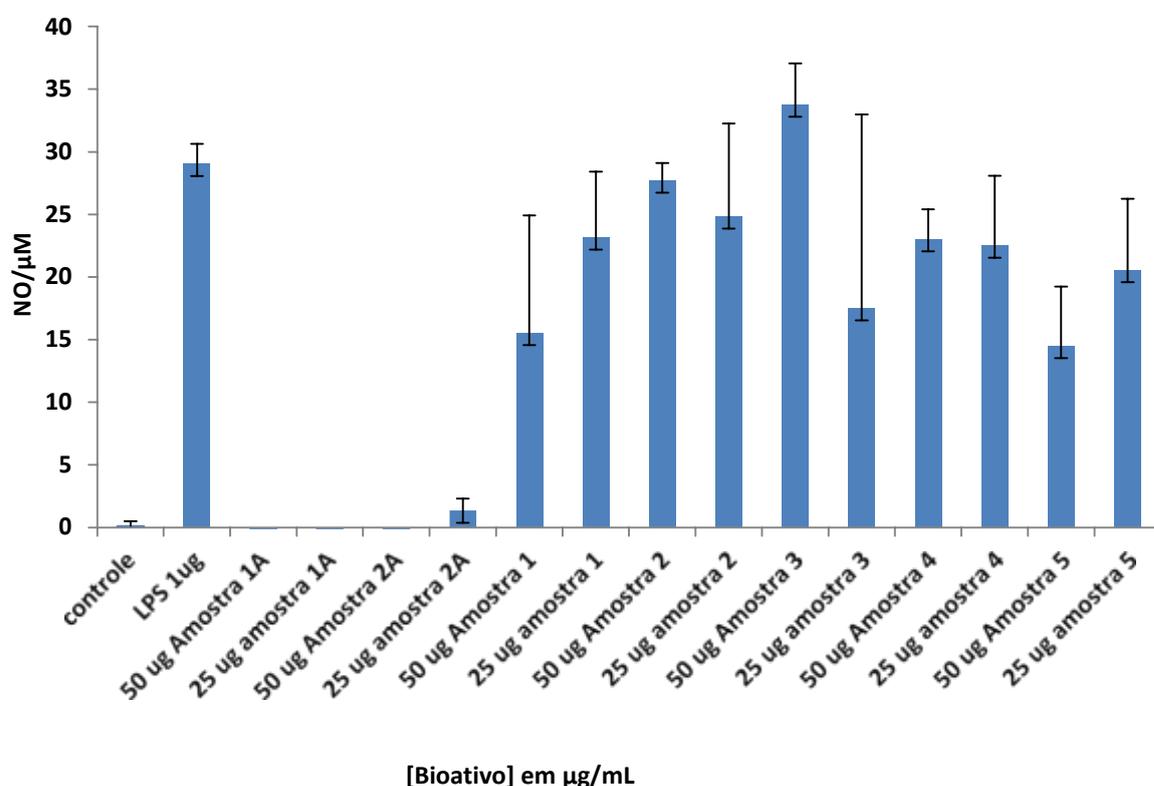


Figura 4: Inibição da produção de nitrito pelo bioativos da macaúba em macrófagos após estimulados com LPS. Legenda: controle, controle negativo; LPS, lipopolissacarídeo (1μg/mL); 50μg/mL amostra 1A, 2A; são células incubadas com bioativos obtido de cromatografia de coluna; 50 e 25μg/mL amostras 1 a 5 são bioativos puros. Os resultados representam a média em triplicata.

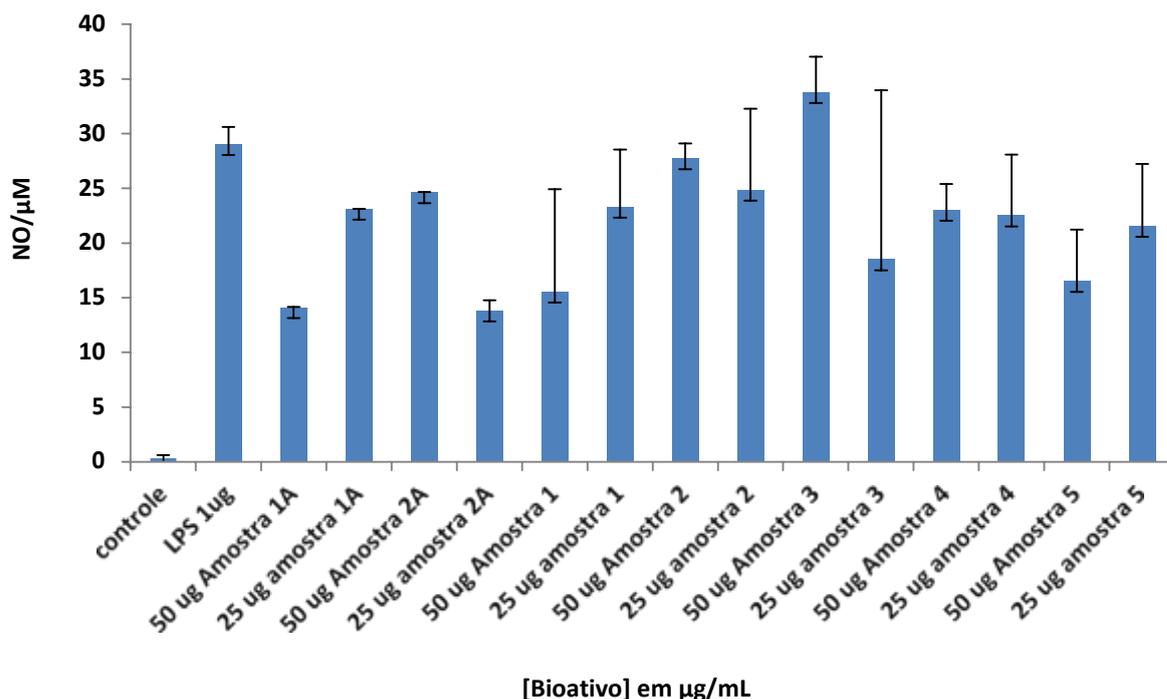


Figura 5 - Inibição da produção de nitrito pelo bioativos da macaúba em macrófagos após estimulados com LPS. Legenda: controle, controle negativo; LPS, lipopolissacarídeo (1μg/mL); 50μg/mL amostra 1A, 2A; são células incubadas com bioativos obtido de cromatografia de coluna; 50 e 25μg/mL amostras 1 a 5 são bioativos puros (bruto). Os resultados representam a média em triplicata.

Observa-se na Figura 5 que as células estimuladas com LPS aumentaram significativamente a produção de óxido nítrico (NO•). As amostras 1A, e 2A apresentaram respostas eficazes inibindo células macrófagos a produzirem NO em concentrações de 25 e 50μg/mL do bioativo sugerindo uma possível atividade anti-inflamatória. Tais amostras são frações de óleo do mesocarpo obtidas na partição da cromatografia de coluna. Já os resultados das amostras 1 a 5 demonstradas no gráfico são de óleos puros (bruto) e foram testadas nas mesmas condições de tratamento, concentrações, no entanto, não apresentaram respostas significativa para inibição de NO.

Segundo Moilanen (1995) estudos realizados *in vivo* revelam que o uso de inibidores da síntese de óxido nítrico (NO•) tem mostrado um efeito benéfico em várias patologias. Quanto, na artrite de forma experimental, ocorre uma atenuação dos sinais clínicos e histológicos da doença. Já na glomerulonefrite, há uma diminuição da deposição de complexos imunes. Em casos de ativação de i-NOS (óxido nítrico síntase induzível), a citotoxicidade do NO resulta de sua ação direta ou de sua reação com outros compostos liberados durante o processo inflamatório.

As amostras do mesmo lote foram submetidas a novos ensaios nas mesmas condições de tratamentos, com quatro repetições e em triplicatas. Em seguida, os resultados foram confrontados com o primeiro ensaio (Figura 4) observa-se (Figura 5) que os resultados não foram compatíveis apresentando respostas negativo frente ao primeiro ensaio realizado com os extratos de óleo fixo (bruto) do mesocarpo da macaúba.

Os resultados obtidos nesse estudo não foram comparados com a literatura, pois não há estudos que descreve ensaios com extratos oleosos do mesocarpo da macaúba para fins de mediadores no processo inflamatório. Durante os ensaios não foi possível identificar a causa inerente para os dados apresentarem diferentes ao primeiro ensaio. No entanto, esses estudos realizados nesse trabalho, indicam um potencial para pesquisas futuras, que precisam ser melhor exploradas a partir do fracionamento do óleo com novas técnicas de separação e extração de compostos com atividades farmacológicas do extrato oleoso do mesocarpo da macaúba.

A produção de óxido nítrico foi medida pela dosagem de seus produtos de degradação, nitrito, mais estáveis, utilizando o reagente de Griess. Neste método, o nitrito primeiramente reage com a sulfanilamida em meio ácido para formar um composto intermediário, o sal de diazônio. Em seguida, este sal reage com N-naftil-etilenodiamina (NED) formando um composto azo estável de coloração púrpura, podendo assim ser quantificado espectrofotometricamente a 550 nm (GREEN *et. al.*, 1982; RAMOS, 2006; ALMEIDA; LIMA; BOLETI, 2013).

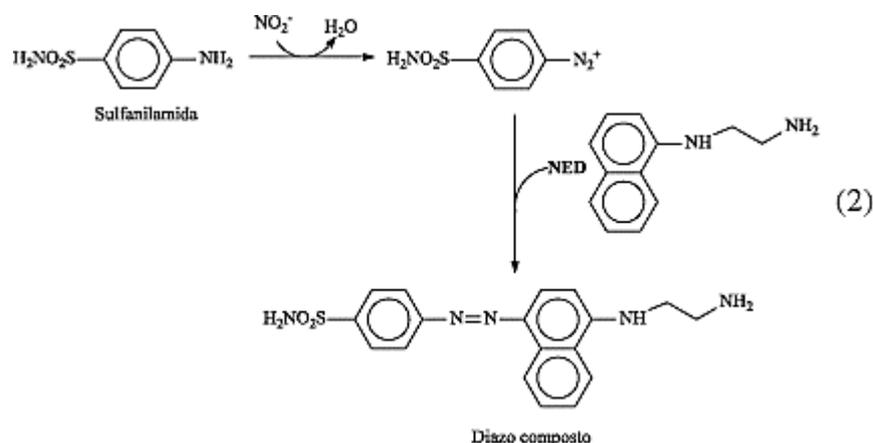


Figura 6: Representa um mecanismo de reação usada no método de Griess
Fonte: Ramos (2006)

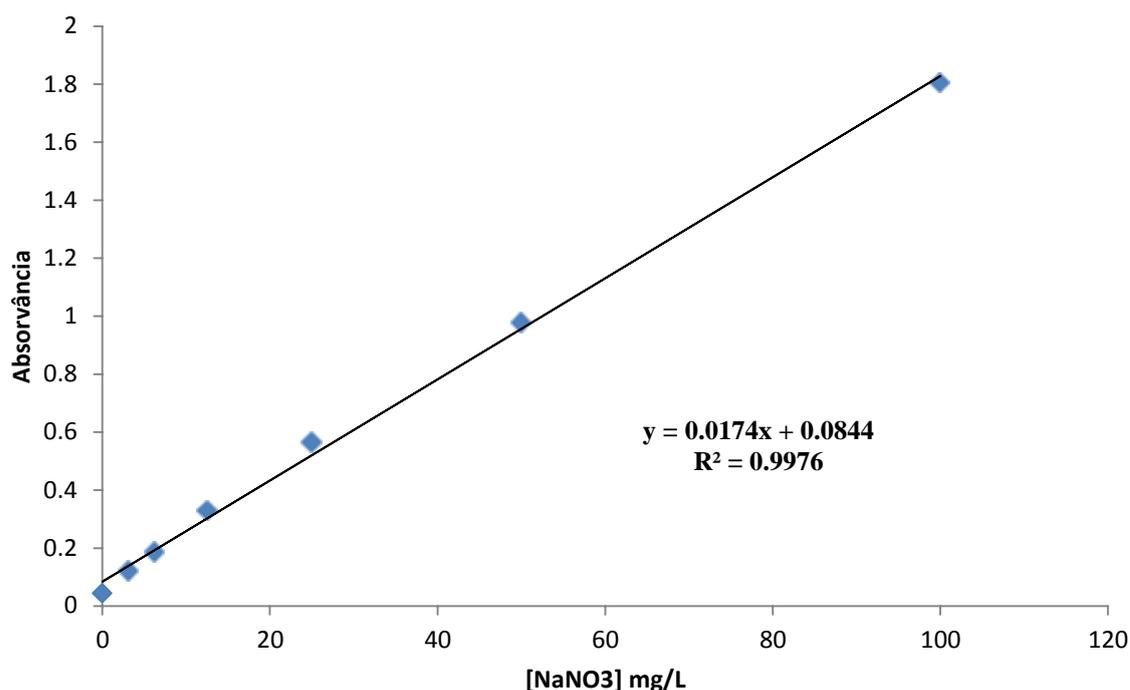


Figura 7 - absorvâncias em função da concentração de NaNO₂

Analisando o gráfico da Figura 7, verificou-se uma boa linearidade entre os pontos. Para tanto, calculou-se o coeficiente de correlação 0,9976 (R²), o coeficiente angular 0,0174 (a) e a intersecção da reta no eixo y 0,0844 (b).

Os experimentos foram realizados nas instalações da Universidade Federal do Tocantins, Fundação Oswaldo Cruz, Faculdade de química e na Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Amazonas.

4 Conclusão

Tendo em vista os resultados do presente estudo, além do conhecimento acerca do processo inflamatório, espera-se que os resultados aqui demonstrados continuem a ser investigados no sentido de estimular ou aprimorar os métodos aplicados para se obter melhores resultados.

No entanto, resultados obtidos, acredita-se que justificam estudos futuros de fracionamento do óleo fixo do mesocarpo da macaúba de forma mais detalhada para identificação dos seus constituintes ativos e a existência de efeitos sinérgicos.

Com a leitura dos cromatogramas foi possível identificar ácidos carboxílicos que têm grande valor na medicina como o analgésico, por exemplo o ácido acetilsalicílico.

Quanto a ação antibacteriana do óleo fixo da macaúba não foi eficaz para atividade avaliada. No entanto, sugere-se que sejam realizados estudos mais aprofundados frente uma concentração que possa ser eficaz. Além disso os extratos necessitam de estudos toxicológicos adequados para conferir a possibilidade de seu uso no combate a esses microrganismos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. D. O. de; LIMA, E. S.; BOLETI, A.P. de A. **Avaliação da atividade anti-inflamatória de triterpenos isolados de óleo-resinas de *Protium paniculatum* Engler (Burseraceae)**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Bioanálises e Desenvolvimento de Produtos Farmacêuticos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

AOQUI, M. **Caracterização do Óleo da Polpa de Macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.) e Azeite de Oliva (*Olea europaea* L.) Virgem Extra e Seus Efeitos Sobre Dislipidemia e Outros Parâmetros Sanguíneos, Tecido Hepático e Mutagênese Em Ratos *Wistar***. 2012. 143f. Dissertação (Mestrado em biotecnologia) Universidade Católica Dom Bosco - Área de concentração: Biotecnologia Aplicada à Saúde Campo Grande.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção em Serviços de Saúde**. Salvador: ANVS, 2004. P. 381, 2004.

BARBOSA, K. B. F.; VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGHETA, P. C. Ácidos graxos das séries ômega 3 e 6 e suas implicações na saúde humana. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.J.* São Paulo, v. 32, n. 2, p. 129-145, ago. 2007.

BATISTA, J. S. *et. al.* Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p.1-6, out. 2011.

BERTON, L. H. C. **Avaliação de populações naturais, estimativas de parâmetros genéticos e seleção de genótipos elite de macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. 2013. 163 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical, Genética, Melhoramento e Biotecnologia Vegetal), Instituto Agrônomo, Campinas, 2013.

BRESSAN, J. *et. al.* Impacto hormonal e inflamatório de diferentes composições dietéticas: ênfase em padrões alimentares e fatores dietéticos específicos. **Arq. Bras. Endocrinol Metabolismo**, v. 53 n. 5. 2009.

CORREIA, L.A. R.; G.E.G. VIEIRA. **Estudo do processo de pirólise para o aproveitamento sustentável de lodo digerido doméstico**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO, 2013.

COSTA, G. L. de A.; MORENO, S. E. M.; FAVARO, S. P. **Avaliação do potencial mutagênico, antimutagênico e antioxidante do óleo da polpa de *Acrocomia aculeata* (Arecaceae)**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia aplicada à saúde), Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande- MS, 2012.

DUVAL, C. *et. al.*, Overexpression of mitochondrial uncoupling protein-3 does not decrease production of the reactive oxygen species, elevated by palmitate in skeletal muscle cells. **FEBS Lett.**, V. 581, n. 5 p. 955-961, 2007.

ESTEVAN, A. O. *et. al.* **Estudo do potencial anti-inflamatório dos extratos de *Acrocomia aculeata* no processo inflamatório agudo e crônico em modelos experimentais**. In: III simpósio intercâmbio brasil-japão em sustentabilidade: um desafio da humanidade, 8 e 9 de outubro de 2010, Campo Grande - MS.

FERREIRA, A. Nunes *et. al.* Utilização do extrato de bocaiúva (*Acrocomia aculeata*) como um alimento funcional do tipo "Shake". **Interbio**, Dourados, v. 7, n. 1, p.61-71, out. 2013.

FRANÇA, R. da S. *et. al.* Determinação dos teores de nitritos em amostras de queijos tipo prato comercializados na cidade de Vitória da Conquista - Bahia. **Centro Científico Conhecer** , (Enciclopédia Biosfera), Goiânia, v. 8, n. 14, p.1890-1899, dez. 2012.

GHIGGI, V. **Estudo do crescimento e indução da produção do pigmento astaxantina por *Haematococcus pluvialis***. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GREEN, L. C.; WAGNER, D. A.; GLOGOWSKI, J.; SKIPPER, P. L.; WISHNOK, J. S.; TANNENBAUM, S. R. Analysis of nitrate, nitrite, and [15N nitrates] in biological fluids. **Analytical Biochemistry**, 26: 131-138, 1982.

HOFISKY, A. V. *et. al.* Cinética de secagem de abacaxi cv pérola em fatias. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p.123-128, dez. 2009.

KALEMBA D; KUNICKA A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. **Current Medicinal Chemistry**, 10:813-829. 2003.

KUEHN, C.C.; PRADO JUNHO, J.C. do. **Análise in Vitro e in vivo da ação conjunta dos hormônios Dehidroepiandrosterona (DHEA) e melatonina (MEL) contra *Tripanosoma cruzi***. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Biociências aplicadas a farmácia), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

LIN, S. W.; Huey, S. M. High oleic enhancement of palm olein via enzymatic interesterification. **Journal of Oleo Science**, 58, 549-555. 2009.

LORENZI, G. M. A. C. ***Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. – Aceráceae: bases para o extrativismo sustentável**. 2006, 156f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MOILANEN, E.; VAPAATALO, H. Nitric Oxide in Inflammation and Immune **Response**. **Ann. Med.**, v.27, p.359-67, 1995.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japí, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 1, p. 149-162, 1990.

MORTIMER, E. F. **Coleção explorando o ensino: Química**. 4. ed. Brasília: MESEB, 2006. 175 p.

NACHBAR, R. T. **Efeito dos ácidos palmítico e palmitoléico sobre o metabolismo de glicose no musculo sóleo de ratos**. 2012. 90f. Tese (Doutorado em Fisiologia Humana), Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PALANCA, V.; RODRÍGUEZ, E.; SEÑORÁNS, J.; REGLERO, G. Bases científicas para el desarrollo de productos cárnicos funcionales con actividad biológica combinada. **Nutr. Hosp.**, v. 21, n. 2, p. 199-202, 2006.

PADRÃO, J. C. Identificação da via de degradação da óxido nítrico síntase induzida em macrófagos ativados e infectados pelo toxoplasma Gondii. 2009. 51f. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia com ênfase em Biologia Celular), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.

RAMOS L. A., CAVALHEIRO C. C. S. e CAVALHEIRO E. T. G. Determinação de nitrito em águas utilizando extrato de flores. **Química Nova**, v. 29, n. p. 1114-1120, 2006.

REBELO, T. G. S. *et. al.* COMPOSIÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Piper malacophyllum* (C. PRESL.) C. DC. **Química Nova**, Blumenau, v. 35, n. 03, p.477-481, set. 2012.

RODRIGUÊS, H. G. **Modulação do processo de cicatrização pelos ácidos oleico e linoleico**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2011.

SARAIVA, R.de A. **Efeito anti-inflamatório do óleo fixo do mesocarpo interno de *Caryocar coriaceum* wittm. sobre o edema induzido por agentes flogísticos em modelos animais**. 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Curso de Bioprospecção Molecular), Química Biológica, Universidade Regional do Cariri, Crato, 2009.

SEABRA, S.H., DAMATTA, R.A., DE SOUZA, W. Toxoplasma gondii exposes phosphatidylserine inducing a TGF- β 1 autocrine effect orchestrating macrophages evasion. **Biochem Biophys Res Commun**. v. 324, p. 744-752, 2004.

SOUSA, M. de B. *et.al.* Cinética de secagem do farelo de mamona. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.2, p.139-146, 2006.

SIERRA, S. *et.al.* La expresión de IL-10 interviene en la regulación de la respuesta inflamatoria por los ácidos grasos omega 3. **Nutr. Hosp.**, v. 19, n. 6, p. 376-382, 2004.

SILVESTRI, J. D. F. *et. al.* Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p.589-594, set. 2010.

TEIXEIRA, E. *Acrocomia aculeata*. In: TASSARO, H. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996, p.15.

VERMA N, C.; DAS R.H; GAUTAM H.K. Anti-inflammatory effects of shea butter through inhibition of i-NOS, COX-2, and cytokines via the Nf-κB pathway in LPS-activated J774 macrophage cells. **J Complement Integr Med**. v. 12 n. 9:Article 4. P. 1515-1553. Jan. 2012.

YU, T-W.; D. Rreactive oxygen species – induced DNA damage and its modification: a chemical investigation. **Mutat. Res. Amsterdam**, V. 379, n. 2 p. 201-210, 1997.

CAPÍTULO V

INVENTO

Título: Equipamento e método para coletar frutos (equipamento coletor)

Setores de interesse: Agronegócios e indústrias alimentícia

Pesquisadores: Abimael Pereira Nunes; Glaucia E. G. Vieira

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Problema: Com um olhar no mercado não existe instrumento para coleta de frutos (macaúba) de forma eficiente e com a falta de equipamento e/ou ferramenta, dificulta o trabalho de pesquisadores e extrativistas que não conseguem coletar os frutos de forma adequada e sem lesões. Os coletores de frutos existentes no mercado são de haste de metal e com uma ferramenta de corte. Mesmo que a sua utilização sendo em larga escala pode gerar inconvenientes por exemplo, danificar os frutos, danificar cachos ainda em maturação, quando a árvore é muito alta se faz necessário subir para realização da coleta, tornando o trabalho perigoso.

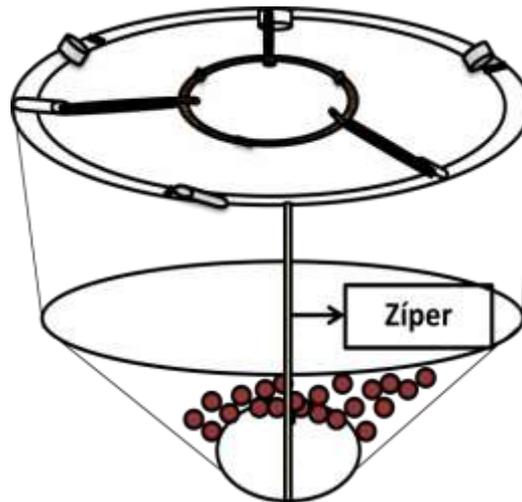
Proposta de patente: é de um modelo de utilidade para pesquisadores e extrativistas, que se refere a um coletor de frutos constituído por dois aros, duas abraçadeiras, três artes de sustentação e saco de nylon.

Benefícios: maior praticidade, agilidade, eficiência e segurança nas coletas.

Potencial de uso/mercado: levando em consideração a diversidade de recursos naturais do Brasil, que são explorados de forma sustentável, extrativista e legal. Esse modelo de coletor de frutas tem potencial diferenciado de mercado em todas as regiões brasileiras, atendendo tanto pesquisadores quanto extrativistas.

Resumo

A invenção refere-se a um coletor de frutos desenvolvidos especialmente para acoplar em macaubeira (Figura 1). Consiste em saco (forma de um cone/coador gigante), composto de 2 aros e 2 abraçadeiras, 3 artes para sustentação do mesmo. Esse sistema é para coleta de frutos de forma natural tem como objetivo otimizar o recolhimento e evitar que os frutos tenham contato com o chão, sendo que na queda do fruto ocorre por muitas vezes um rompimento do epicarpo e sendo contaminado, ou seja, deixando o fruto vulnerável a microbiota local.



1 FUNDAMENTAÇÃO DA INVENÇÃO

A macaubeira se destaca, entre as diversas palmeiras oleaginosas, pela grande distribuição territorial brasileira e por gerar diversos produtos no setor alimentícios, além de ser uma importante fonte de matéria prima para setor energético, devido ao seu grande potencial na obtenção de óleo, pode-se destinar para produção de biodiesel. As maiores concentrações ocorrem nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Tocantins e entre outros estados da confederação, estima-se em maciços naturais uma área de 12 mil hectares.

A macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.] pode atingir de 10 a 15 metros de altura por 3 a 4 metros de diâmetro de copa, com troncos de 20 a 30 cm de diâmetro (LORENZI et. al., 2006, BRANDÃO, 2013).

Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, em forma de drupa globosa, com diâmetro de 2 a 5 centímetros. O endocarpo enegrecido é fortemente aderido ao mesocarpo. A amêndoa é oleaginoso, comestível e coberta por uma fina camada de tegumento (LORENZI, 2006).

O epicarpo representa uma oferta de grande potencial para produção de briquetes em torno de 348 toneladas por ano, de todo composto do fruto o epicarpo representa 20% do peso (BEHERING, 2010),

A polpa (mesocarpo), possui os mais diversos usos alimentícios, como sucos e a farinha da polpa para sorvetes, geleia, bolos, biscoitos, pudim, uma espécie de mingau e produção de licores, usos como ração para animais de grande porte

(exemplos ruminantes). O seu óleo da polpa de macaúba pode substituir o da soja na cozinha e também para produção de sabão (TOLÊDO, 2010).

O carvão produzido a partir do endocarpo, apresenta um elevado poder calorífico (CARGNIN; JUNQUEIRA; FOGAÇA, 2008).

Segundo HIANE, (2005), a amêndoa da macaúba apresentou 52,9% de teor de óleo, sendo 42,5% de ácidos graxos monoinsaturados, 49,7% de ácidos graxos saturados.

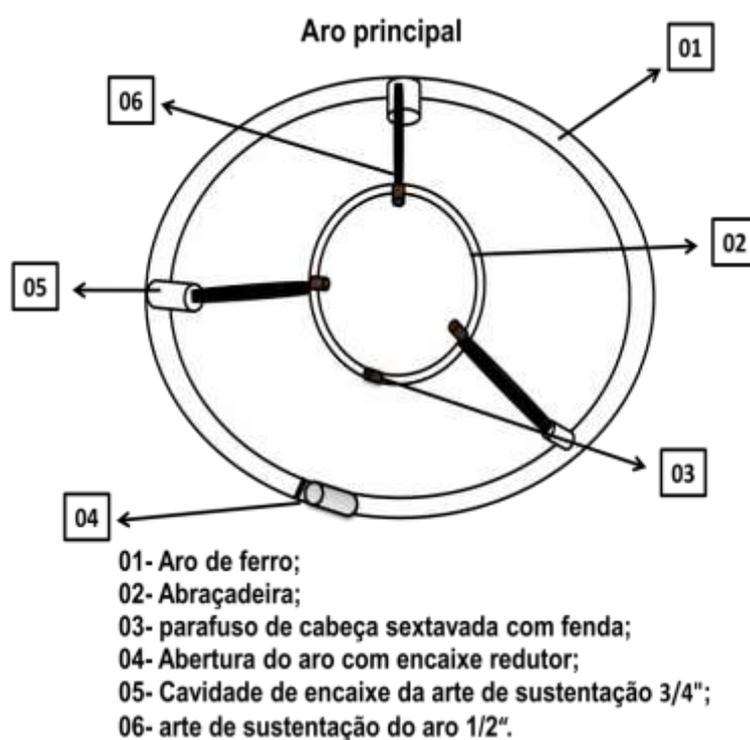
O meio mais comum de coleta do fruto em macaubais é catando os que caiem no chão, e por muitas vezes há grande desperdício do fruto, sendo que a ocorrência se dá em ambientes íngreme e em meio a pastagens, esse método é demorado porque tem que pegar um a um com o auxílio desse receptor de fruto otimizaria no tempo de coleta e os frutos também chegaria ao local de beneficiamento com mais qualidade. Sendo que o mercado não oferece alternativas seguras e viáveis no recolhimento dos frutos em adensamentos naturais. Nesse contexto pode-se afirmar que a expansão de macaubais tem como uma das principais dificuldades é a colheita, devido à problemática de catar o fruto no chão e velocidade crescente da produção e a demanda.

Nesse sentido, foi desenvolvido um objeto auxiliar para receber o fruto antes que chegue ao chão, seguramente, pode ser útil para otimização do processo de colheita, aumentando a velocidade e a segurança do processo. O presente invento versa em um recipiente contendo um aro de aço de carbono com um diâmetro mínimo de circunferência de 120 cm, na parte superior e na parte inferior um aro de 100 cm de diâmetro, para sustentação do aro superior conta-se com três luvas par encaixe das artes retas (barras de aço carbono), e uma abraçadeira também com três luvas de encaixe para receber as artes. As abraçadeiras conta com um parafuso sextavado e fenda, assim dando suporte regulatório e firmeza na palmeira e sustentando o aro superior que acomoda a tela de nylon formando praticamente um cone invertido, o aro inferior fica solto só com o peso e gravidade, em uma das laterais há um zíper para facilitar o acesso aos que se alojarem no coletor; para fechar o cone usa-se uma abraçadeira se ajustando à palmeira, ao instalar o coletor na palmeira deve-se observar a altura de instalação, pois em meio de pastagens, a base inferior deve está a uma altura mínima de 60 cm acima do peito para evita que os animais alcancem. Desta forma, é possível exploração intensa e racionalizada,

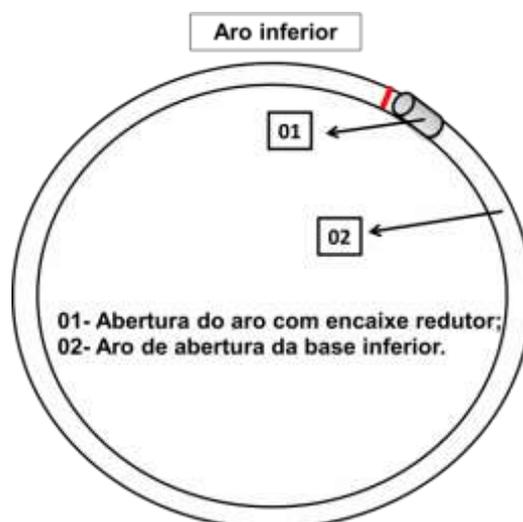
dando maior suporte na coleta, dispensando coleta dos frutos diretamente no chão e evitando possíveis contaminações, além do melhoramento na produtividade.

1.1 Sumário descritivo do coletor/receptor

O aro deve ser fabricado com tubo 3/4" (01) principal tem uma abertura (04), em sua extensão tem 3 cavidades de encaixe da arte de sustentação 3/4" (05), artes de sustentação 1/2" (06), no centro é abraçadeira (02), com parafuso regulatório de cabeça sextavada com fenda.

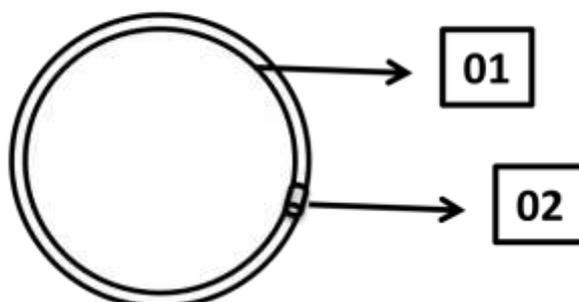


O aro (02) deve ser fabricado com tubo 3/4", tem uma abertura principal (01).



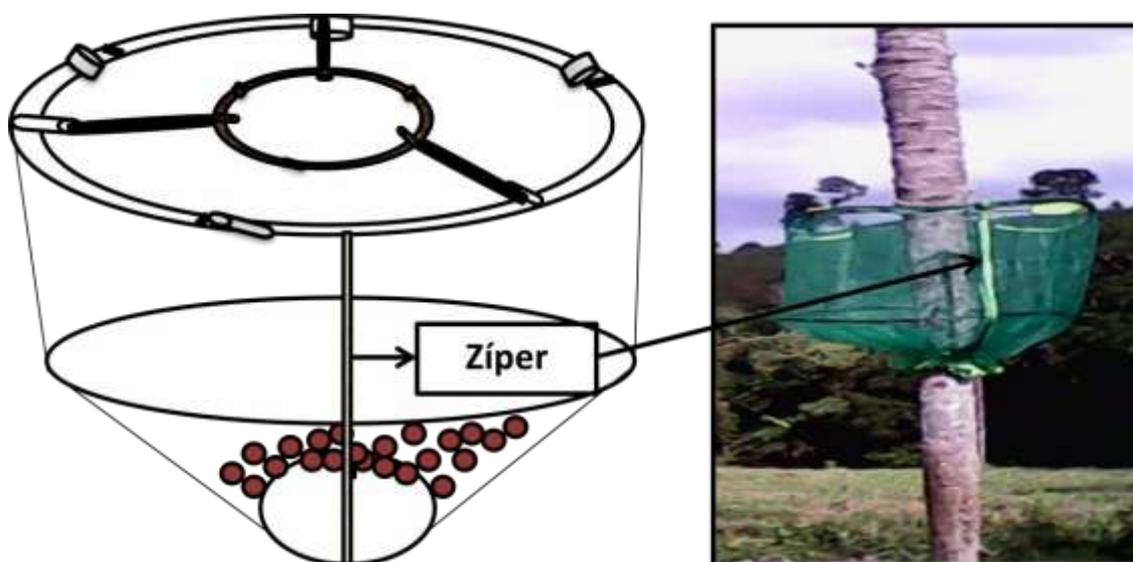
A segunda abraçadeira é para prender a base da estrutura de nylon após montagem (como se fosse para fechar o fundo do saco de nylon).

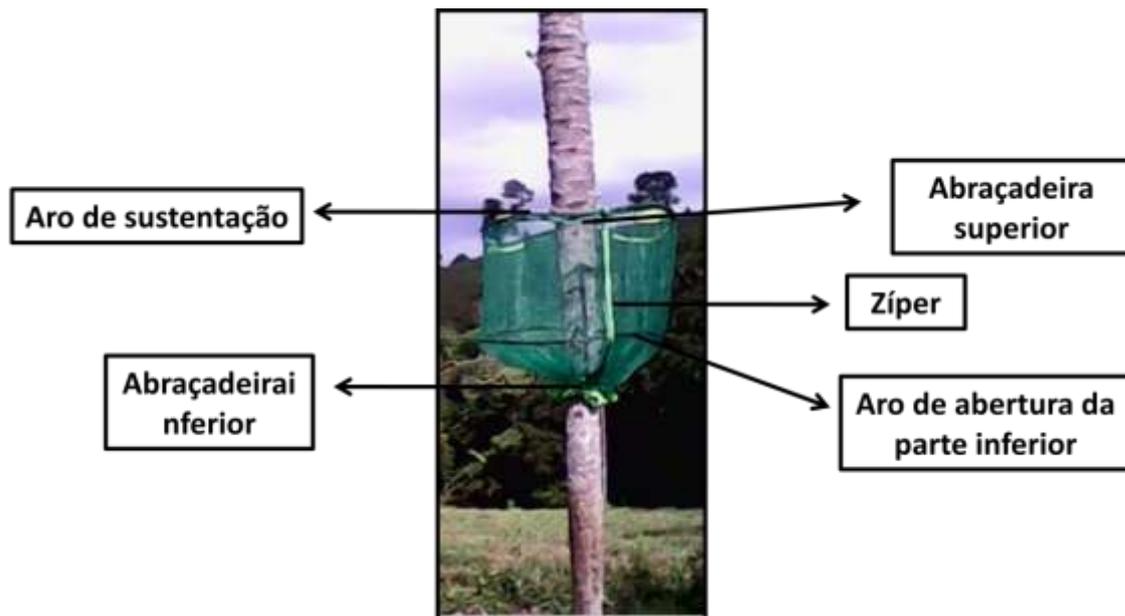
Abraçadeira base inferior



01- Abraçadeira;
02- parafuso de cabeça sextavada com fenda.

A figura da esquerda é modelo do coletor após encaixe de todas as peças e a figura da direita aplicação do projeto na prática, esse protótipo foi confeccionado com materiais inferiores, ou seja, com materiais teste, sendo que os sugeridos para fabricação dos coletores estão descritos abaixo.





Sumário dos materiais

2 Material:

- Ferro tubular 3/4" e 1/2" para redução _ (EB-639 Tubos de aço carbono, para fins estruturais (ABNT, 2010);
- Abraçadeira 8" ou 12" _ (Aço Carbono de acordo SAE 1010/20 OU ASTM A36 -Largura da fita de 14 mm, com parafuso de cabeça sextavada com fenda. Por que do uso desse tipo de abraçadeira? R- Devido a sua grande capacidade de aperto e dimensões redução;
- Tela de nylon, tela tipo mosqueteiro malha 12x12;
- Zíper 120 cm (acesso para recolher o fruto).

3 CONCLUSÃO

Pode-se concluir, de acordo com o acompanhamento realizado após a instalação do coletor de frutas, que o proposto no projeto foi o que se esperava do equipamento, protegendo o fruto de rachaduras, contaminação, e para o usuário, dando praticidade, eficiência, agilidade e segurança nas coletas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **EB-639**: Tubos de aço carbono, para fins estruturais. São Paulo: ABNT, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard Specification for Carbon Structural Steel. **ASTM A 36-12**, de 2012.

BHERING *et. al.*, L. L. Mapeamento de maciços naturais de ocorrência de macaúba (*Acrocomia aculeata*) visando à exploração sustentável. Embrapa Agroenergia. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa. Anais... João Pessoa, v. 6 n. 1, 2010.

BRANDÃO, E. G. **Avaliação da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) como volumoso para ovinos**. 2013. 39 f. Monografia – graduação em Medicina Veterinária, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. **Potencial da macaubeira como fonte de matéria prima para produção de biodiesel**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 16 p.

HIANE, P. A. *et. al.* Bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition. **Braz. J. Food Technol.**, v. 8, n. 3, p. 256-259, jul.-set. 2005.

LORENZI, G. M. A. C. ***Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. – Aceráceae: bases para o extrativismo sustentável**. Curitiba, 2006, 156f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

TOLÊDO, D. de P. **Análise técnica, econômica e ambiental de macaúba e de pinhão-mansão como alternativas de agregação de renda na cadeia produtiva de biodiesel**. 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

ANEXOS

ANEXOS A - Cromatogramas de íons totais do óleo do mesocarpo

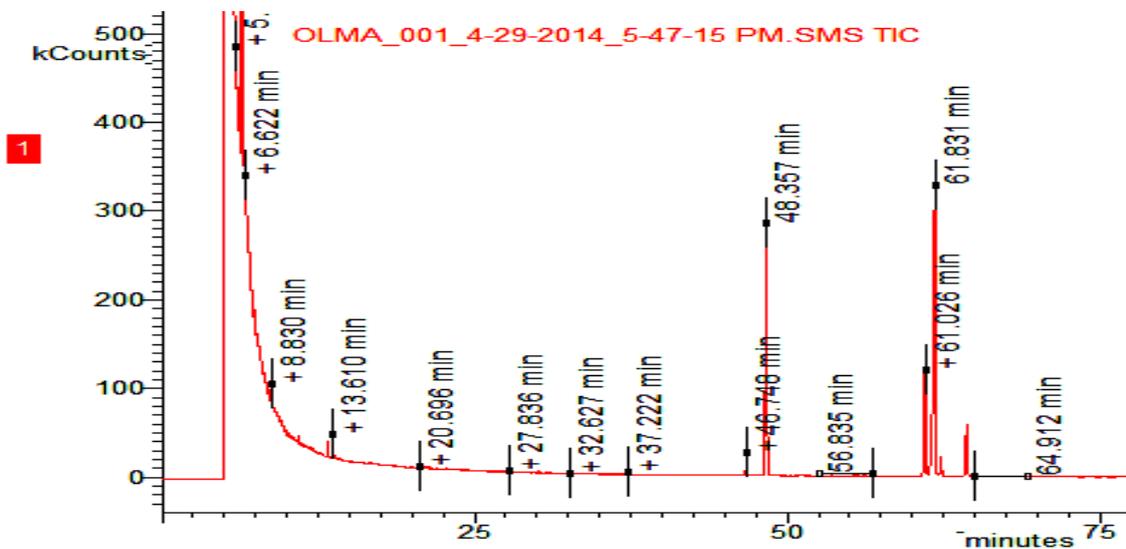


Figura 1 - Cromatograma de íons totais do óleo do mesocarpo da macaúba amostra-01

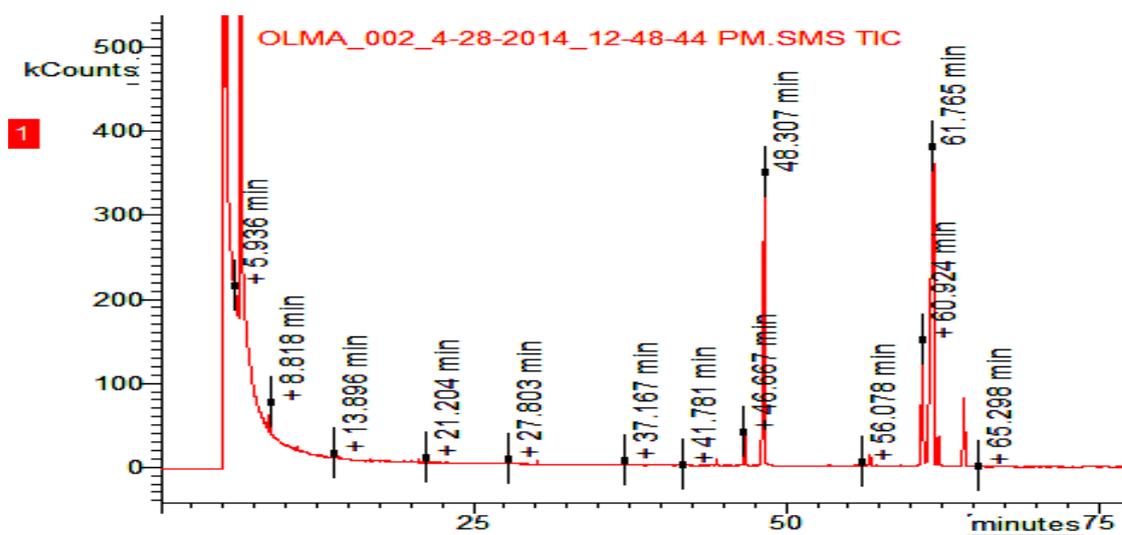


Figura 2 - Cromatograma de íons totais do óleo do mesocarpo da macaúba amostra-02

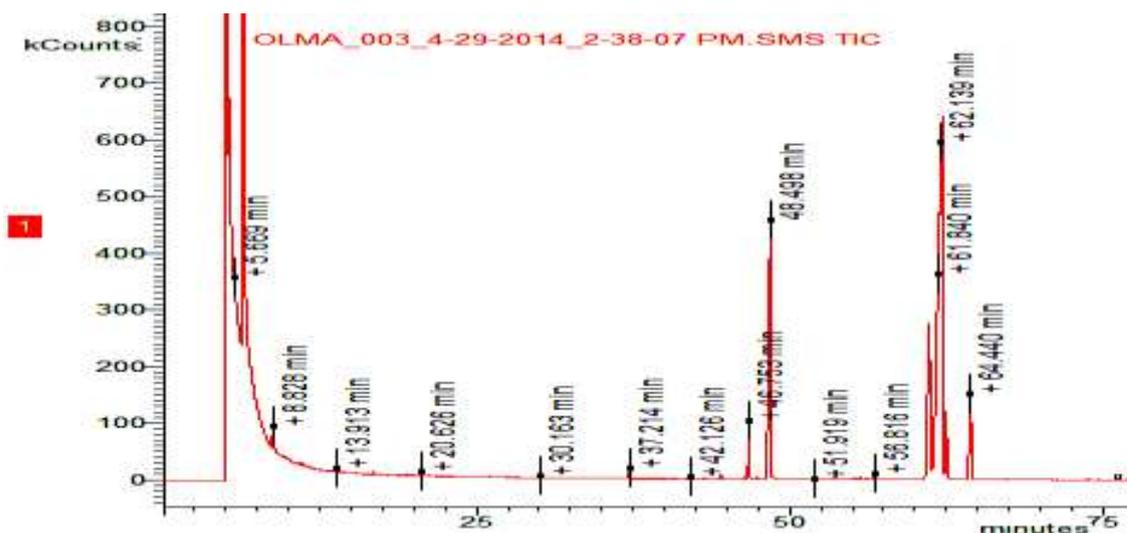


Figura 3 - Cromatograma de íons totais do óleo do mesocarpo da macaúba amostra-03

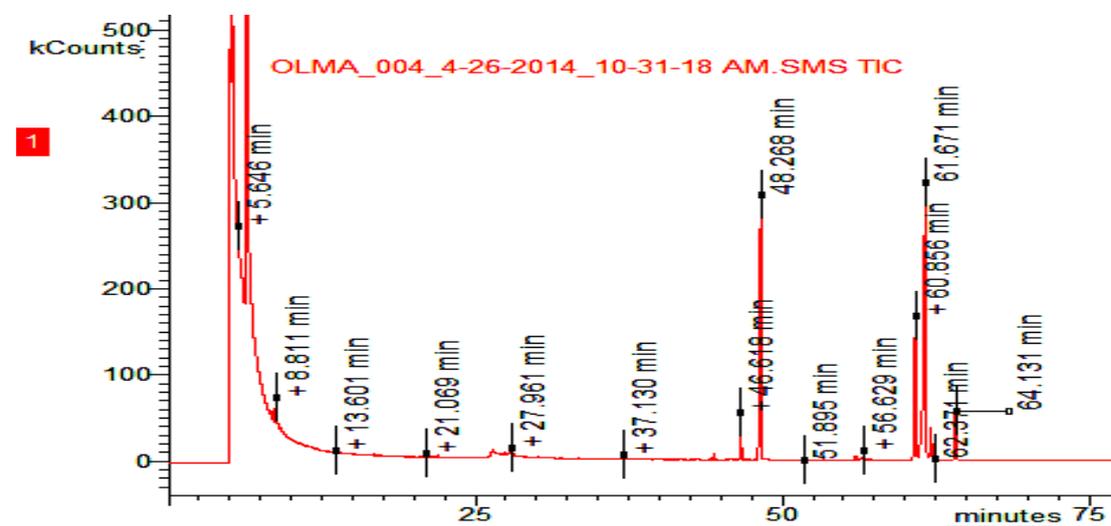


Figura 4 - Cromatograma de íons totais do óleo do mesocarpo da macaúba amostra-04

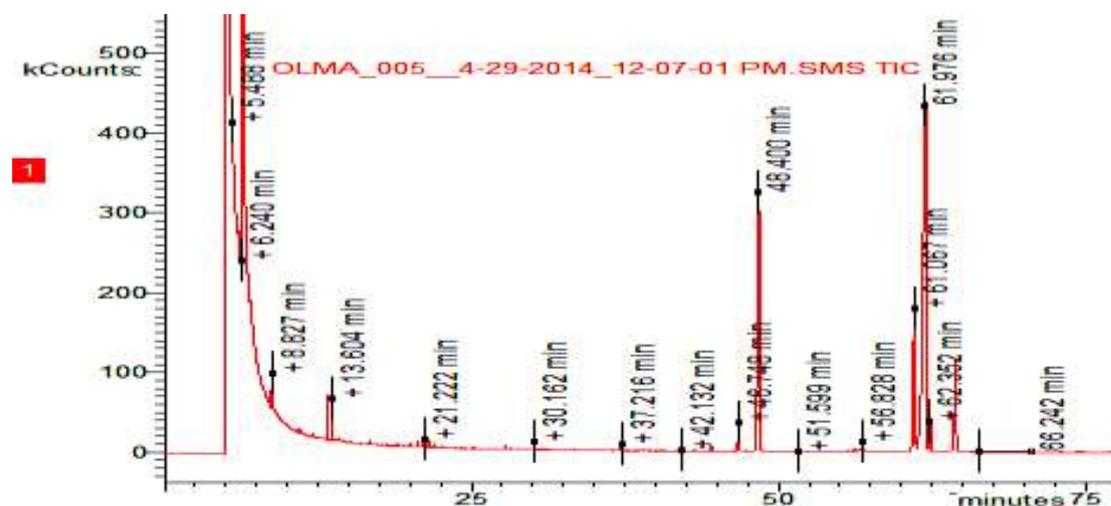


Figura 5 - Cromatograma de íons totais do óleo do mesocarpo da macaúba amostra-05

Anexos B - Cromatogramas de íons totais do óleo da amêndoa

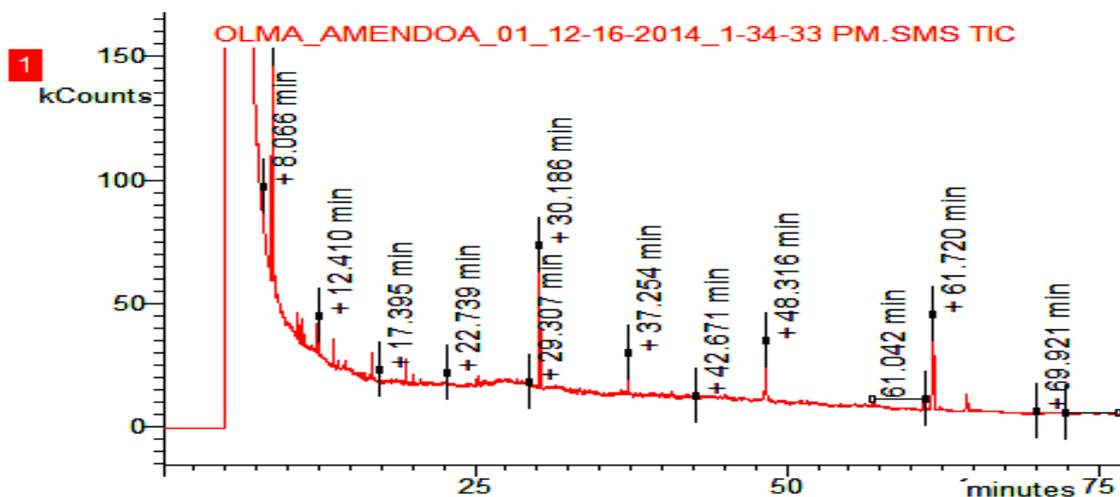


Figura 1 - Cromatograma de íons totais do óleo da amêndoa da macaúba amostra-01

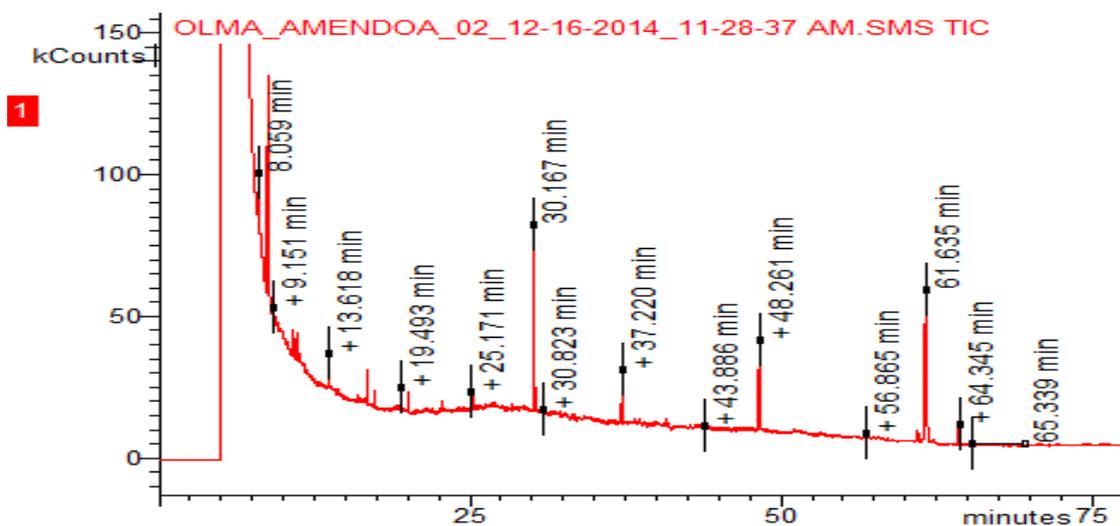


Figura 2 - Cromatograma de íons totais do óleo da amêndoa da macaúba amostra-02

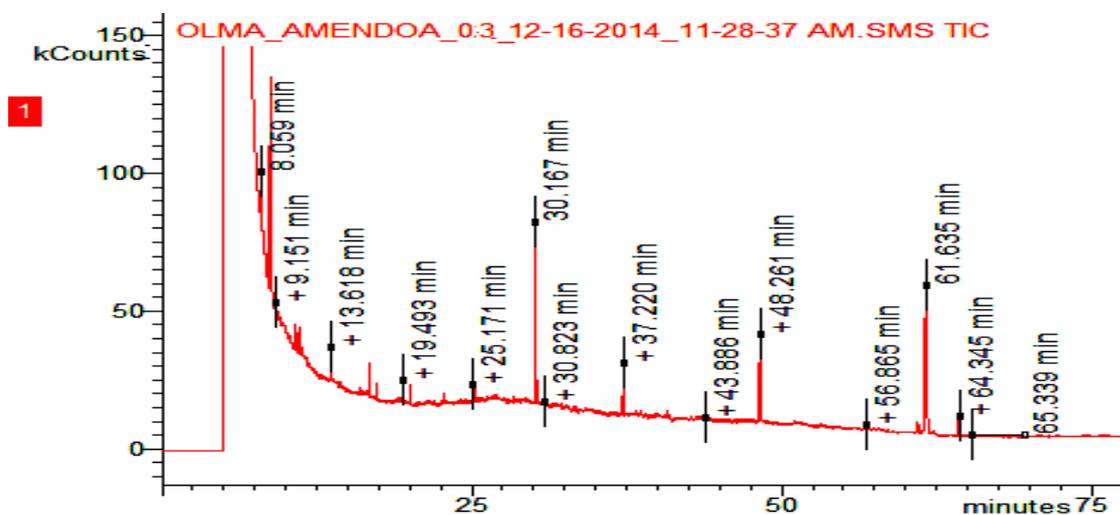


Figura 3 - Cromatograma de íons totais do óleo da amêndoa da macaúba amostra-03

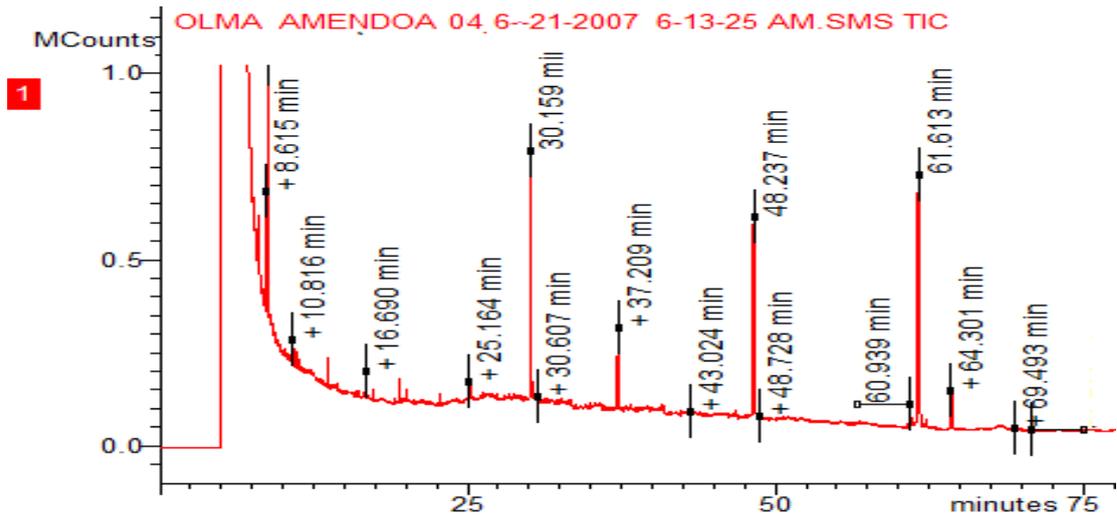


Figura 4 - Cromatograma de íons totais do óleo da amêndoa da macaúba amostra-04

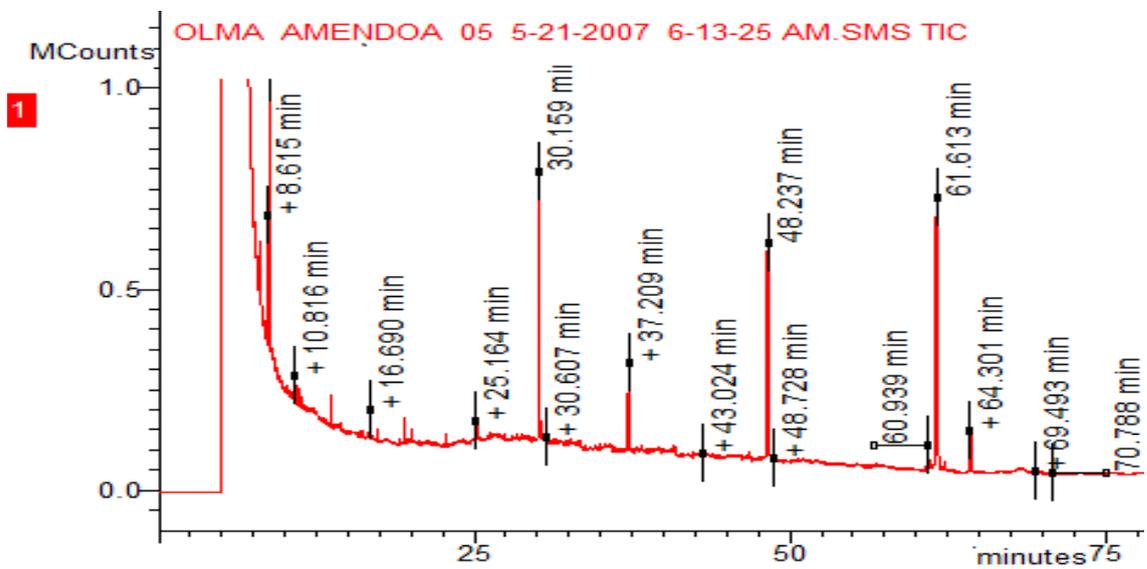


Figura 4 - Cromatograma de íons totais do óleo da amêndoa da macaúba amostra-05

ANEXOS - C - Tabelas da análise de variância dos experimentos entre 120 a 360 minutos**Amostra nº 01** extrações de 120min, 240min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0397	2	0,01985	4,064846	0,139945	9,552094
Dentro dos grupos	0,01465	3	0,00488333			
Total	0,05435	5				

Amostra nº 02 extrações de 120min, 240min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,098233	2	0,0491167	5,407339	0,101198	9,552094
Dentro dos grupos	0,02725	3	0,0090833			
Total	0,125483	5				

Amostra nº 03 extrações de 120min, 240min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,034033	2	0,01701667	7,676692	0,066086	9,552094
Dentro dos grupos	0,00665	3	0,00221667			
Total	0,040683	5				

Amostra nº 04 extrações de 120min, 240min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0247	2	0,01235	0,314383	0,751698	9,552094
Dentro dos grupos	0,11785	3	0,039283			
Total	0,14255	5				

Amostra nº 05 extrações de 120min, 240min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0508	2	0,0254	6,457627	0,081839	9,552094
Dentro dos grupos	0,0118	3	0,003933			
Total	0,0626	5				

ANEXOS – D - Tabelas da análise de variância dos experimentos em diferentes tempos

Composta de todas as amostras: extrações com variação no tempo de 40 a 360 minutos

40min, 60min, 120min, 240min e 360min

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0748	4	0,0187	9,492386	0,014822	5,192168
Dentro dos grupos	0,00985	5	0,00197			
Total	0,08465	9				

60min, 120min e 360min

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,028933	2	0,014467	4,34	0,130172	9,552094
Dentro dos grupos	0,01	3	0,003333			
Total	0,038933	5				

60min, 120min, 240min e 360min.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,041738	3	0,013913	5,649746	0,063838	6,591382
Dentro dos grupos	0,00985	4	0,002463			
Total	0,051588	7				

ANEXOS – E - quadro com cepas testadas e resultados

Baterias	ATCC	Extratos/ controle positivo Imipenen (IMP)										Frações		
		MA-O1	IMP	MA-O2	IMP	MA-O3	IMP	MA-O4	IMP	MA-O5	IMP	MA-O1A	IMP	MA-O2A
DAEC - <i>Escherichia coli</i> aderência	F1845	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0
ETEC- <i>Escherichiacoli</i> enterotoxigênica LT	LT2871	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	20	0
ETEC- <i>Escherichiacoli</i> enterotoxigênica ST	ST8	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	30	0
EIEC- <i>Escherichiacoli</i> -INV- enteroenvasora	ATCC 1381	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	25	0
EPEC- <i>Escherichiacoli</i> enterotoxigênica típica	ATCC E234869	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	30	0
EAEC- <i>Escherichiacoli</i> enteroagregativa	ATCC 042	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	28	0
<i>Escherichia coli</i> não diarréioigênica	ATCC 10536	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0	30	0
EHEC- <i>Escherichia coli</i> enterohemorrágica	CDC-EDL933-171-0157:H3	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0
<i>Shigella desenteriae</i>	ATCC 13313	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	31	0
<i>Shigella flexnerie</i>	ATCC 12022-152	0	31	0	31	0	31	0	31	0	31	0	28	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	ATCC 9458-156	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0	20	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 4352-083	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0
<i>Proteus mirabilis</i>	ATCC 15290-095	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	30	0
<i>Serratia marcescens</i>	ATCC 14756-131	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0
<i>Hafnia alvei</i>	ATCC 11601-120	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	10	0
<i>Acinetobacter baumannii</i>	ATCC 19606-143	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	28	0
<i>Citrobacter freundie</i>	ATCC 43864-576	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0	35	0
<i>Yersinia enterocolítica</i>	ATCC9610-098	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	15	0
<i>Pseudomonas putida</i> (oralis)	ATCC 15175-113	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	20	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CDC EDL-1284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella arizonae</i>	UFAM	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	16	0
<i>Salmonella entérica Choleraesuis</i>	ATCC 10708-028	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	15	0
<i>Salmonella enterica</i> subsp. enterica serovar Typhimurium	ATCC 13311-084	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	16	0
<i>Salmonella enterica</i> subsp. Enterica serovar Typhi	ATCC 6539-029	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	25	0
<i>Streptococcus agalactiae</i>	ATCC 13813	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	20	0
<i>Streptococcus pyogenis</i>	ATCC 19615	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	15	0
<i>Streptococcus galolitycus</i>	ATCC 9809	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	ATCC 11733	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	30	0
<i>Bacillus liquiniformes</i>	UFAM	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	40	0

<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i> (CT)	ATCC 6051	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	30	0
<i>Enterococcus faecalis</i> (<i>Streptococcus faecalis</i>)	ATCC 4083	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0
<i>Listeria inócua</i>	ATCC 33090	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	28	0
<i>Listeria monocytogenes</i>	ATCC 15313	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0	30	0
<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	ATCC 7953	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	29	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 80958	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	43	0
<i>Staphylococcus sumulans</i>	ATCC27851	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0	40	0
<i>Staphylococcus resistente a meticilina</i>	MRSA	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	42	0
0- significa negativo														
Impenen (IMP)- controle positivo														

ANEXOS – F - Cromatografia em coluna e partição

A cromatografia em coluna costuma ser referida como o mais antigo método cromatográfico. Foi descrito pela primeira vez pelo botânico russo M. S. Tswett que a utilizou para o isolamento dos pigmentos existentes nas folhas verdes dos vegetais.

Versa em uma coluna de vidro, metal ou plástico, preenchida com um adsorvente apropriado. A coluna pode ser um tubo simples, aberto em ambas as extremidades, ou semelhante a uma bureta, com uma torneira na parte inferior. O adsorvente pode ser colocado na coluna inteiramente (seco) ou suspenso em um solvente adequado (geralmente o próprio eluente a ser usado no processo de separação).

Os principais adsorventes normalmente utilizados são sílicagel, alumina, carbonato de cálcio, óxido de magnésio, carvão ativado, sacarose e amido. Os principais eluentes são o éter de petróleo, éter etílico, clorofórmio, acetato de etila, acetona, etanol, metanol, água destilada ou misturas dos eluentes anteriores. O procedimento consiste em colocar a substância a ser separada ou analisada na parte superior da coluna e o eluente é vertido em seguida, em quantidade suficiente para promover a separação.

Quando a mistura a ser separada contém substâncias coloridas, podem-se visualizar diferentes zonas descendo pela coluna, de modo a permitir a separação em diferentes frações.

Quando a amostra não possuir cor recolhem-se várias frações iguais do material eluído, testando-as para verificar a presença de substâncias dissolvidas pelo uso de reveladores adequados (luz UV, reveladores químicos, etc.). É comum monitorar a eluição de uma coluna utilizando CCD.

Impregnação da sílica gel com KOH

Metodologia usada por (Pinto, 2000)

200g de sílica → 400ml de sol. Isopropanol

X → 1000ml de sol. Isopropanol

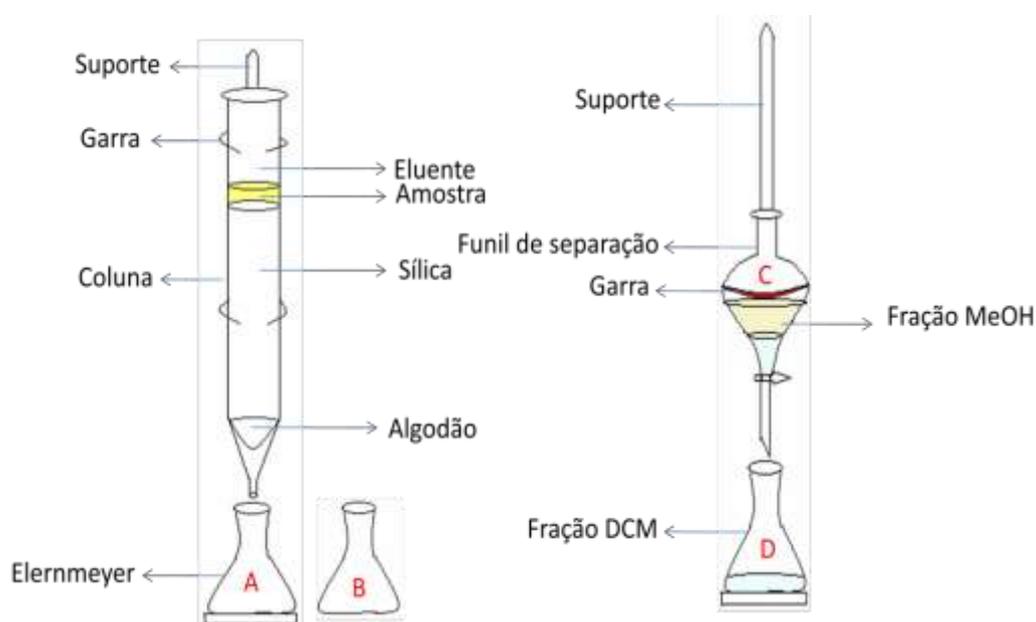
X= 500g de sílica

Pesou-se 150g de sílica gel (gel 70-230 mash) em um Becker verter para um erlenmeyer de 1L colocar 300ml de isopropano-KOH, agitar com ajuda de um bastão de vidro, filtrar em papel filtro comum, colocar o resíduo do filtrado na estufa para secar prato (placa de petri).

Para realização da coluna deve-se pesar a sílica e ativar em estufa por 3hs à 150°C. após ativação realizamos o empacotamento da coluna observando para que ocorra rachaduras, usa-se o 1º eluente para empacotar a coluna, sendo que o eluente e passado por diversas vezes e se deve calcular o volume absorvido pela sílica; em seguida adicionar a amostra cuidadosamente para manter a integridade da sílica dentro da coluna, e passar o 1º solvente coletar as frações e seguir a mesmo método para os demais solvente.

Foi usado 20g de sílica gel, o volume de solvente usado foi 500ml de DCM (diclorometano) e 150ml de MeOH (metanol).

Cromatografia de coluna e partição



Legenda dos códigos:

- A** → fração DCM da coluna;
- B** → fração MeOH;
- C** → fração MeOH rotaevaporada;
- D** → fração DCM da partição.

Metodologia de partição

<i>Dados das partições</i>			
<i>Amostra Nº 01</i>		<i>Amostra Nº 02</i>	
<i>Eluentes</i>	<i>PH</i>	<i>Eluentes</i>	<i>PH</i>
+ 25 ml água destilada	10	+ 25 ml água destilada	10
+ 10 ml de diclorometano	10	+ 10 ml de diclorometano	09
+ 10 gotas de HCL	06	+ 10 gotas de HCL	06
+ 3 gotas de HCL	05	+ 2 gotas de HCL	05
+ 10 ml de diclorometano	05	+ 10 ml de diclorometano	05

REFERÊNCIA

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Coleção explorando o ensino:** Química. 4. ed. Brasília: MESEB, 2006. 175 p.