



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

**ESTUDO DO USO SUSTENTÁVEL DO BABAÇU (*Orbignya speciosa*) PARA
PRODUÇÃO DE BIODIESEL E IMPLEMENTAÇÃO DO MECANISMO REDD+ NO
ESTADO DO TOCANTINS**

Aluno: Reginaldo Paiva Silva Serrano Filho

Orientador: Gláucia Eliza Gama Vieira

**PALMAS/TO
2013**



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

**ESTUDO DO USO SUSTENTÁVEL DO BABAÇU (*Orbignya speciosa*) PARA
PRODUÇÃO DE BIODIESEL E IMPLEMENTAÇÃO DO MECANISMO REDD+ NO
ESTADO DO TOCANTINS**

Aluno: Reginaldo Paiva Silva Serrano Filho

Orientador: 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
2013**

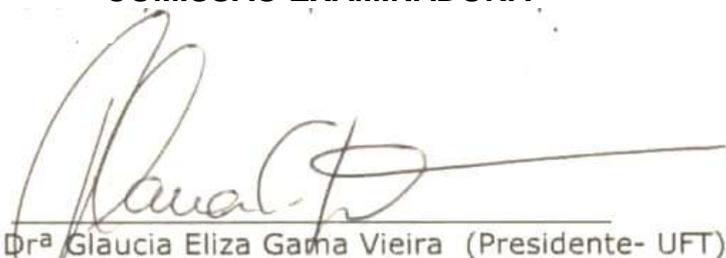


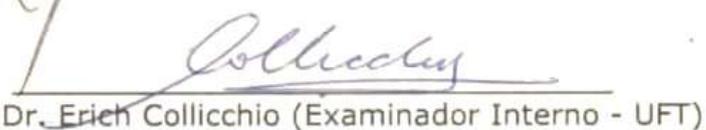
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

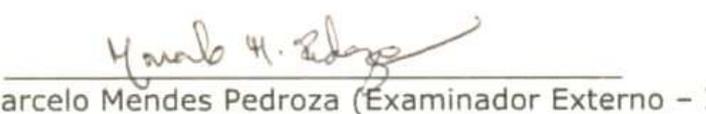
**ESTUDO DO USO SUSTENTÁVEL DO BABAÇU (*Orbignya speciosa*) PARA
PRODUÇÃO DE BIODIESEL E IMPLEMENTAÇÃO DO MECANISMO REDD+ NO
ESTADO DO TOCANTINS**

Aluno: Reginaldo Paiva Silva Serrano Filho

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof^a. Dr^a Gláucia Eliza Gama Vieira (Presidente- UFT)


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


Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza (Examinador Externo - IFTO)

Data da defesa: 13 de novembro de 2013.

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da Dissertação foram contempladas.


Dr^a Gláucia Eliza Gama Vieira (Presidente)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Rosivane Silva Serrano e Reginaldo Paiva Serrano pelo apoio, carinho e dedicação com que me criaram.

A minha Esposa Fabiane Maikele Dutra Silva Serrano que sempre me incentivou e é grande responsável por esta conquista.

A minha amada filha Sophia Serrano por representar em minha vida algo impossível de expressar.

EPÍGRAFE

O mundo não está ameaçado pelas pessoas más, e sim pelas que permitem a maldade.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre esteve presente em minha vida, abençoando minha família com saúde, paz e felicidade.

Aos meus queridos Pais, Reginaldo Paiva Serrano e Rosivane Silva Serrano que me educaram para que eu pudesse um dia me tornar um homem bom, honesto e esforçado.

A minha esposa Fabiane Maikele Dutra Silva Serrano, grande amor e grande amiga que sempre esteve ao meu lado me incentivando e tornando meus dias mais felizes.

A minha filha Sophia Serrano que com tão poucos dias de vida já representa algo tão importante pra mim.

Aos meus Avôs Raul Pereira Paiva *in memorian* e Roberval Rosa da Silva *in memorian* e a minha Avó Maria Dolores Serrano.

A todos da minha família que sempre incentivaram a minha conquista.

A todos os amigos aos quais já dividimos os mesmos caminhos.

Aos parentes de minha esposa, nova família que tenho: Vanuza Antunes Dutra, Manoel Messias da Silva e Layanne Meirele Dutra da Silva.

A minha querida Professora Glaucia Elisa que me deu a oportunidade de desenvolver um trabalho tão gratificante.

Ao professor Marcelo Mendes Pedroza pelo apoio que sempre deu a mim e a todos os membros do LEDBIO.

A todos os colegas do LEDBIO – Laboratório de Análises e Desenvolvimento em Biomassas e Biocombustíveis: em especial ao Gezer, Evandro, Gerson, Aymara, Murillo, Aderlânio, Lígia, Leandra, Iara, Carlos, Ricardo, Luana, Jaciel, Dyego, Wesley, Liliane, Fernanda, Daniela, Ruth, Jordana, Roseanne, Juliana, Abmael, Sótese, agradeço a todos por contribuir diretamente com essa realização.

A todos os Professores do Mestrado em Agroenergia, em especial ao Professor Joenes pela ajuda com as análises estatísticas e companheirismo.

Aos colegas do Mestrado em Agroenergia, em especial ao grande amigo Lorenzo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa concedida, importante incentivo para que eu e milhares de jovens pesquisadores persistam na busca do desejado título de Mestrado.

A todos que de alguma forma foram fundamentais para que essa conquista se materializasse.

SUMÁRIO

CAPÍTULO – I

APROVEITAMENTO INTEGRAL DO COCO BABAÇU NA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E A PROTEÇÃO DA PALMEIRA MEDIANTE A IMPLANTAÇÃO DO MECANISMO REDD	15
RESUMO	15
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO	17
APROVEITAMENTO INTEGRAL DO BABAÇU	18
A CASTANHA OU AMÊNDOA	18
Aproveitamento da torta da amêndoa do babaçu na alimentação humana e animal	23
MESOCARPO	24
ENDOCARPO	25
EPICARPO	26
MECANISMO REDD	28
Conceito e Histórico	28
Possibilidade de implantação de projetos de REDD+ na proteção de florestas de babaçu	29
Redução das emissões por desmatamento	29
Valoração econômica dos produtos obtidos do coco babaçu e o desenvolvimento social das comunidades envolvidas	30
CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

CAPÍTULO II

ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTAS NATIVAS DE BABAÇU - INFLUÊNCIA NA IMPLANTAÇÃO DO MECANISMO REDD+ EM PALMAS - TO	36
RESUMO	37
ABSTRACT	38
INTRODUÇÃO	39

	9
MATERIAIS E MÉTODOS	40
Área de estudo	40
Cálculo da área basal	41
Biomassa Seca e Biomassa Viva Acima do Solo - BVAS.....	41
Estoque de carbono.....	42
Carbono Equivalente	42
Cenários	42
RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
Área basal	43
DAP e altura das palmeiras	44
Biomassa Seca e Biomassa Viva Acima do Solo - BVAS.....	44
Estoque de carbono e Carbono Equivalente	46
Cenários – População de 1, 34, 80 e 120 palmeiras por hectare	47
CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

CAPÍTULO III

ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA AMÊNDOA DO BABAÇU PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL – ASSOCIAÇÃO COM O MECANISMO REDD+.....	54
RESUMO	54
ABSTRACT	54
INTRODUÇÃO	55
MATERIAIS E MÉTODOS	56
Análise imediata da amêndoa do babaçu	56
Extração por solvente	56
Caracterização físico-química do óleo extraído	57
Índice de acidez	57
Viscosidade Cinemática	57
Densidade	57
Caracterização por CG/EM do óleo de babaçu	57
Produção e caracterização do biodiesel	58
RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
Análise imediata da amêndoa do babaçu	59

	10
Caracterização físico-química do óleo extraído - Índice de acidez, Viscosidade Cinemática e Densidade do óleo de babaçu extraído.....	61
Caracterização por CG/EM.....	63
Produção e caracterização do biodiesel	65
Associação ao mecanismo REDD	66
CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS	70

APRESENTAÇÃO

O babaçu (*Orbignya speciosa*) é uma palmeira distribuída por uma área de aproximadamente 14,5 milhões de hectares em todo Brasil. Essa cultura tem como uma de suas principais características o elevado potencial econômico de seus produtos, todas as partes do fruto que se divide em quatro componentes principais podem ser aproveitadas para fins comerciais. A parte mais nobre do babaçu é a amêndoa que em sua composição tem em média cerca de 60% de ácidos graxos, o óleo extraído pode ser perfeitamente empregado na produção de biodiesel e outros biocombustíveis.

Do mesocarpo parte intermediária do coco babaçu, pode ser produzido etanol devido à elevada concentração de amido, além disso, o epicarpo apresenta um grande potencial para sua utilização na produção de aglomerados de madeira, briquetes, carvão etc., já o endocarpo parte que envolve as amêndoas do babaçu pode ser empregado como substituto da lenha e do carvão na queima em caldeiras e fornos industriais e até mesmo para alimentar termoelétricas.

A palmeira do babaçu além de gerar matéria prima apropriada para produção de uma infinidade de biocombustíveis, também é responsável pela estocagem de biomassa e carbono no seu tronco, folhas e frutos. No intuito de quantificar a capacidade de estocagem de Biomassa Viva Acima do Solo - BVAS e do Estoque de Carbono das palmeiras foi delimitada uma área de estudos de aproximadamente um hectare nas proximidades do distrito de Taquaruçu em Palmas – TO, onde todos os indivíduos de babaçu foram identificados e estudados, a título de complementação foram desenvolvidos alguns cenários nacionais para que fosse

possível estimar quanto de Carbono Equivalente as florestas brasileiras nativas com ocupação da espécie são capazes de armazenar.

A produção de frutos das palmeiras da área escolhida foi acompanhado pelo período de 01 (um) ano e das 34 palmeiras identificadas foi possível constatar que 17 frutificaram. Os frutos coletados foram identificados e posteriormente foram realizadas análises das características da amêndoa e do óleo extraído, além disso, possível obter o biodiesel que também foi analisado.

A presente pesquisa originou três artigos que serão apresentados nas próximas páginas dessa dissertação. O primeiro artigo intitulado Aproveitamento Integral do Coco Babaçu na Produção de Biocombustíveis e a Proteção da Palmeira Mediante a Implantação do Mecanismo REDD, trata-se de uma revisão bibliográfica explanando os principais aspectos que envolvem a cultura do babaçu, bem como sua viabilidade em ser utilizado como matéria-prima na produção de biocombustível como o biodiesel e o álcool, traçando uma relação entre o potencial produtivo dos frutos dessa palmeira e a possibilidade de preservação das áreas de ocorrência do babaçu através da implementação do Mecanismo REDD+.

A segunda produção científica, intitulada Estoque de Carbono em Florestas Nativas de Babaçu – Influência na Implantação do Mecanismo REDD+ em Palmas-TO, relata uma pesquisa realizada no distrito de Taquaruçu, localizado na Capital do Estado do Tocantins, Palmas.

Esse estudo teve como objetivo a obtenção de dados dendrométricos das palmeiras de babaçu localizadas em uma área previamente delimitada, para que posteriormente através de equações de regressão fosse possível obter variáveis como: o estoque de carbono do tronco e da área foliar da palmeira, a biomassa seca

e biomassa viva acima do solo, relacionando esses dados com a capacidade dessa planta de estocar carbono na forma de matéria vegetal e conseqüentemente ter suas áreas inclusas em projetos de redução compensada de emissões de GEE's do tipo REDD+.

A terceira produção científica recebeu o título de Estudos de Caracterização Química e Físico-Química da Amêndoa do Babaçu para Obtenção de Biodiesel – Associação com o Mecanismo REDD+. Esse trabalho foi realizado afim de não só apresentar a palmeira de babaçu como uma cultura nativa a ser preservada. Más também, comprovar por métodos científicos sua viabilidade na aplicação do óleo do coco babaçu como matéria-prima na produção de biodiesel. Para isso, foram realizadas campanhas de coletada de frutos na mesma área estuda no segundo artigo.

Os frutos coletados foram identificados e cada palmeira produtiva deu origem a um tratamento. Foi extraído o óleo das amêndoas de babaçu, tendo o mesmo sido quantificado e analisado e posteriormente foi obtido o biodiesel através da reação e transesterificação.

O objetivo principal deste trabalho foi estabelecer um vínculo entre o conhecimento científico sobre a cultura estudada e a possibilidade de utilização dos recursos naturais que essa palmeira produz de forma sustentável. Como metodologia de proteção das áreas com ocorrência nativa da espécie foi identificado a viabilidade da implantação do mecanismo REDD+ baseando-se em um sistema que envolva a redução do desflorestamento e a valorização dos recursos florestais disponíveis.

CAPÍTULO - I

**APROVEITAMENTO INTEGRAL DO COCO BABAÇU NA PRODUÇÃO DE
BIOCOMBUSTÍVEIS E A PROTEÇÃO DA PALMEIRA MEDIANTE A
IMPLANTAÇÃO DO MECANISMO REDD**

RESUMO

O babaçu (*Orbignya sp.*) é uma palmeira amplamente distribuída em uma área de aproximadamente 14,5 milhões de hectares. Caracterizada por apresentar um elevado potencial econômico, todas as partes do fruto podem ser aproveitadas. A parte mais nobre do babaçu é a amêndoa que é composta por cerca de 60% de ácidos graxos, o óleo extraído pode ser perfeitamente empregado na produção de biodiesel. Do mesocarpo do babaçu pode ser produzido etanol devido à elevada concentração de amido, além disso, o epicarpo apresenta um grande potencial para sua utilização na produção de aglomerados de madeira, briquetes, etc., podendo ser usado também na queima direta para produção de energia térmica, já o endocarpo pode ser empregado como substituto da lenha e do carvão na queima em caldeiras e fornos industriais. O objetivo deste trabalho é descrever os principais empregos do coco babaçu na agroindústria sob uma visão de valoração da floresta em pé, voltado ao desenvolvimento sustentável das comunidades localizadas nas regiões agraciadas com a presença dessa espécie em suas florestas nativas.

Palavras-chave: Biodiesel; biomassa; etanol.

**UTILIZATION OF BABASSU COCONUT IN THE PRODUCTION OF BIOFUELS
AND PROTECTION OF PALM THROUGH IMPLEMENTATION MECHANISM
REDD**

ABSTRACT

Babassu is a palm tree widely distributed in an area of approximately 14.5 million acres. Characterized by having a high economic potential, all parts of the fruit can be harnessed. The noblest part of the babassu is the almond which is composed of about 60% of fatty acids, the oil extracted can be perfectly used in the production of biodiesel. The babassu mesocarp can be employed for ethanol production due to the high concentration of starch, furthermore, the epicarp has great potential for use in the production of wood pellets and briquettes and can also be used for direct burning to produce thermal energy. The babassu endocarp can be used as a substitute for wood and coal and can be used for burning in boilers and industrial furnaces. The purpose of this article is to describe the main uses of the babassu coconut in agribusiness, in a vision of recovery of protected forest and sustainable development of the communities located in regions that have the babassu in native forests.

Keywords: Babassu; biomass; etanol.

1. INTRODUÇÃO

O babaçu *Orbignya* sp. é uma palmeira de grande porte que chega a atingir 20 metros de altura, sua distribuição geográfica no território nacional estende-se pelas Regiões Nordeste, Norte, Centro-Oeste e Sudeste, totalizando uma área de 14 milhões de hectares (Almeida; Menezzi & Teixeira; 2002).

Segundo Lorenzi (2004) o babaçu é uma palmeira de tronco simples que pode distribuir-se isoladamente na floresta ou em áreas abertas, é comum encontrar áreas degradadas cobertas por esta espécie. O babaçu é considerado a maior fonte mundial de óleo silvestre para uso doméstico. Outras das principais características botânicas desta palmeira são: folhas com até 8 m de comprimento, flores com tonalidades que variam do creme ao amarelo, aglomerados de frutos em longos cachos, sendo que cada palmeira apresenta até 6 cachos por floração (Lima 2006).

Os frutos ou cocos tem formato elipsoidal, de coloração castanha sendo que seu peso é distribuído proporcionalmente em epicarpo 11-13% (camada mais externa do fruto), mesocarpo 20-23% (parte intermediária do fruto fibrosa e rica em amido), endocarpo 57-63% (parte lenhosa onde encontram-se inseridas as sementes ou amêndoas), amêndoa 7-9% (parte de maior importância econômica e rica em ácidos graxos) (Pavlak 2007, Serrano filho 2011, Tobasa 2012). A produção desta espécie se dá de agosto a janeiro, e cada fruto pode ter de 3 a 4 sementes em média.

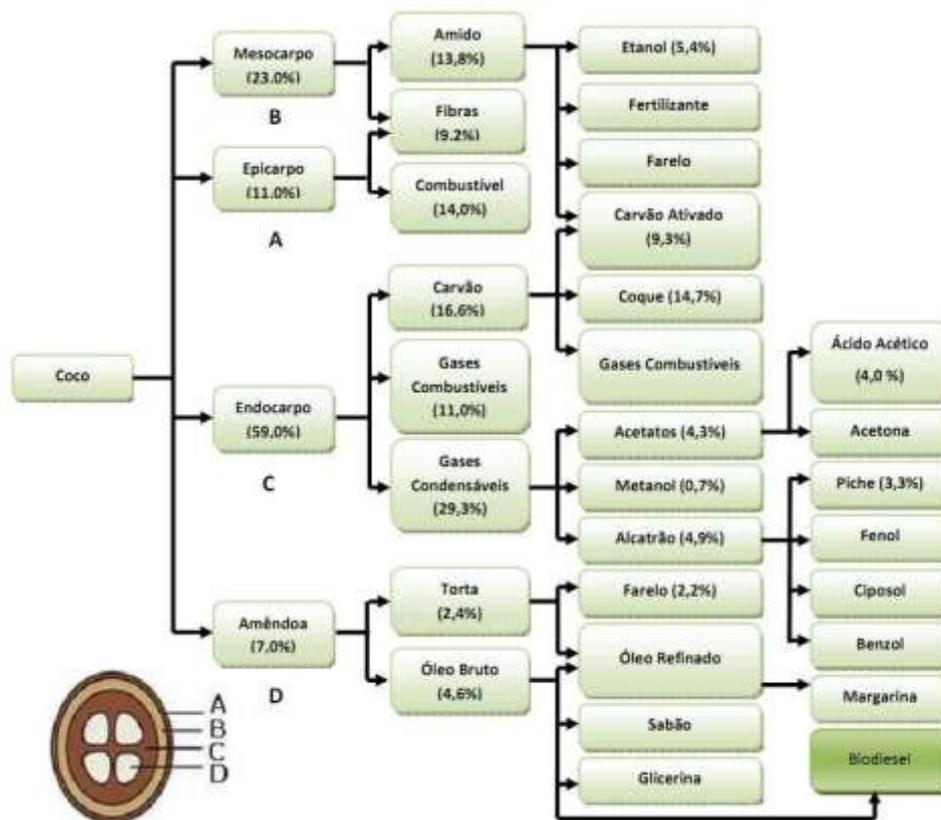
O babaçu caracteriza-se como uma cultura socialmente importante, pois a coleta e quebra dos cocos produzidos por esta *Palmacea* chega a empregar até 2 milhões de pessoas durante o pico da safra, sendo que esses processos geralmente são movidos por mão-de-obra familiar (Vallilo et al. 2004).

2. APROVEITAMENTO INTEGRAL DO BABAÇU

O caule pode ser empregado em construções rurais e as folhas para a produção de peças artesanais ou na cobertura de casas. Pode, também, servir na fabricação de celulose e papel (Rufino 2008).

Segundo Santos (2008) o potencial do babaçu continua pouco explorado, sendo possível o aproveitamento econômico dessa palmeira na produção do carvão, óleo comestível, farinha, sabonetes, gás, lubrificantes, etc. O fluxograma abaixo relaciona alguns produtos gerados a partir do babaçu (Deser 2005, Parente 2003, Pensa 2000).

Figura 1 - Produtos obtidos a partir do beneficiamento do coco babaçu.



FONTE: Santos (2008)

2.1 A CASTANHA OU AMÊNDOA

A castanha ou amêndoa é a parte do fruto de maior importância comercial, pesando em média de 3 a 4 g, em condições favoráveis de clima e solo o teor de óleo pode ultrapassar

70%. As amêndoas secas ao ar contêm aproximadamente 4% de umidade. (Soler *et al.*, 2007).

Serrano Filho *et. al* (2011) encontraram 59,12% de óleo na castanha do babaçu coletada no norte do Estado do Tocantins.

Dentre os produtos obtidos a partir do babaçu o biodiesel tem uma importância especial, pois representa uma importante alternativa na substituição de combustíveis fósseis por combustíveis oriundos de recursos renováveis.

É crescente a busca mundial pela produção de energia a partir de processos ecologicamente equilibrados que utilizam metodologias capazes de reduzir a níveis mínimos a emissão de gases e subprodutos nocivos ao meio ambiente.

O Brasil é um País com grande potencial para a produção dos chamados biocombustíveis, a tecnologia brasileira empregada na produção de etanol a partir de cana-de-açúcar é um exemplo de sucesso no uso dessas fontes que são menos poluidoras que os combustíveis derivados de petróleo.

Agora os olhares vêm se voltando cada vez mais para a produção de biodiesel utilizando como fonte os óleos vegetais, cabendo destaque a utilização de espécies nativas como fonte energética é o caso do babaçu, pequi, macaúba e outros. O principal fator que fortalece essa tendência é a possibilidade de exploração dessas espécies de maneira sustentável, sem que haja a necessidade de se realizar o desflorestamento da vegetação nativa.

O óleo de babaçu é constituído por ácidos graxos saturados e insaturados. A Tabela 1 apresenta a composição de ácidos graxos do óleo do babaçu encontrada em diferentes fontes bibliográficas.

Tabela 1 - Composição dos principais ácidos graxos encontrados no óleo do babaçu por diferentes autores.

Ácido graxo	Rossell (1993) (%)	Araújo, Carvalho e Souza (2009) (%)	Machado, Chaves e Antoniassi (2006) (%)	Nascimento et. al (2009) (%)
Caprílico C 8:0	5,50	6,13	4,74	1,04
Cáprico C 10:00	5,50	4,68	5,17	4,97
Láurico C 12:00	43,0	42,49	44,96	27,32
Mirístico C 14:00	16,0	19,93	16,91	19,13
Palmítico C 16:00	9,0	11,61	9,70	14,35
Esteárico C 18:00	3,5	2,23	-	24,87
Oléico C 18:1 (9)	15,0	9,44	-	-
Linoléico C 18:2 (9,12)	2,6	3,44	-	7,10

O ácido láurico (C 12:0) apresenta-se em maior quantidade no óleo do babaçu. Segundo Lima et al. (2007) esse fator facilita a reação de transesterificação, pois os ácidos láuricos possuem cadeias carbônicas curtas que permitem uma interação mais efetiva com o agente transesterificante, desse modo é possível a obtenção de um biodiesel de excelentes características físico-químicas.

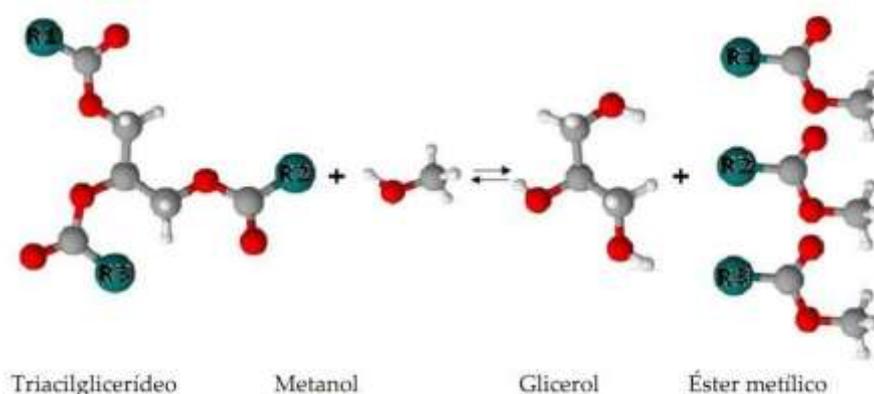
Tabela 2 – Características do óleo de babaçu analisadas por diferentes autores.

	Machado, Chaves e Antoniassi (2006)	Silva et al (2010)	Nascimento et al (2009)
Viscosidade Cinemática 40°C (mm ² /s)	-	34,84	34,84
Índice de acidez	0,092	-	0,53
Índice de saponificação	-	-	119,9
Densidade Relativa 25°C	0,914	0,923	0,923
Ponto de Fusão (°C)	28,0	-	-
Índice de Refração (40 °C)	1,4485	-	-
Índice de Peróxido (meq/kg)	-	-	1,136

Várias alternativas têm sido estudadas para potencializar o uso de óleos vegetais como matéria prima na geração de energia, dentre elas destacam-se a pirólise, micro emulsão com etanol ou etanol, craqueamento catalítico e a reação de transesterificação (Lima et al. 2007).

A reação de transesterificação tem sido a mais utilizada visto que o processo é relativamente simples e o produto obtido (biodiesel) possui propriedades muito similares às do diesel petrolífero (Gardner et al. 2004). O biodiesel é composto principalmente de ésteres etílicos/metílicos e é considerado um combustível renovável com potencial para ser usado diluído ou como um substituto para ao diesel derivado do petróleo (Pappu, 2011). A Figura 2 traz uma esquematização da reação de transesterificação.

Figura 2 - Reação de transesterificação.



Fonte: Santos (2008).

Ésteres alquílicos de ácidos graxos podem ser produzidos a partir de todo tipo de óleo vegetal, entretanto algumas matérias-primas mostram-se pouco apropriadas para a produção de biodiesel. Isso devido a propriedades físico-químicas como alta viscosidade, ou elevada acidez, ou elevado índice de iodo, essas características são transferidas para o biodiesel, tornando-o inadequado para uso direto em substituição ao diesel petrolífero (Richard, 2012).

Outro fator importante para que se obtenha uma reação de transesterificação equilibrada é a proporção e a escolha do álcool e do catalizador a ser adotado na mistura. Buscando aumentar a eficiência dessa reação Silva et. al (2010) analisaram diferentes proporções de etanol/metanol para a transesterificação do óleo do babaçu, chegando a conclusão de que a mistura em volume de 80% de metanol e 20 % de etanol, foi a mais apropriada, originando um biodiesel com 98,70% de ésteres e rendimento em massa de 95.32%. O produto desta reação mostrou-se dentro das especificações da ANP, no que se refere a umidade, viscosidade cinemática e glicerina livre.

O óleo do babaçu também pode ser utilizado para na geração de energia elétrica. Moret & Guerra (2012) desenvolveram um sistema para aproveitamento desse óleo no abastecimento do motor de um gerador. O sistema é composto de três componentes principais a) motor gerador; b) tanque para o Diesel, c) tanque para o óleo vegetal, d) uma serpentina para aquecimento do óleo vegetal e) válvula de controle de fluxo de combustível.

O sistema inicia a operação com Diesel por duas razões, já que há a necessidade dos componentes do motor ficarem permeados de Diesel, em seguida a serpentina aquece o óleo vegetal até a faixa 70-80 °C, essa faixa térmica aproxima a viscosidade do óleo vegetal aos valores do Diesel. Quando o óleo vegetal chega a temperatura adequada o motor passa a ser alimentado com óleo vegetal puro a partir do controle de fluxo até momentos antes do desligamento quando o fluxo de combustível é alterado novamente para o diesel afim de que os componentes do motor fiquem permeados de Diesel. Os autores observaram que os resultados dessa operação não produziram modificações significativas de vibração, ruído e potências.

A utilização desse sistema mostra-se muito viável principalmente considerando sua implantação em comunidades isoladas. Isso permite o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis na geração de energia elétrica sem alterações significativas ao meio ambiente.

A partir da pirólise das amêndoas do babaçu é possível obter outros biocombustíveis, dentre estes se destaca o bio-óleo, segundo Diniz (2005) o processo de pirólise consiste na decomposição química de biomassa, pelo calor, na ausência de ar, onde o calor fornecido à biomassa provoca ruptura e recombinações de ligações químicas e de interações físicas, fracionando assim a estrutura molecular da biomassa. Segundo Vieira et al. (2009a, 2009b) esse processo libera compostos de carbono na forma líquida (Bio-óleo), sólida (bio-sólido) e gasosas (bio-gás) todos com características que permitem seu aproveitamento como combustíveis ou insumos químicos. Rocha (2011) realizando a pirólise das amêndoas de babaçu encontrou rendimentos médio de 55,11% para bio-óleo, 10,51% para bio-sólido e 30,4% para bio-gás, os outros 3,98% corresponde à fração aquosa.

2.1.1 Aproveitamento da torta da amêndoa do babaçu na alimentação humana e animal

A torta da amêndoa do babaçu, também chamada de “rolão” em algumas regiões é gerada durante a extração industrial do óleo, esse coproduto tem uma grande gama de aplicações alternativas, especialmente na alimentação animal.

Pereira et al. (2006) utilizou esse coproduto na dieta de colônia de abelha e observou um acréscimo significativo no peso das cólmeias submetidas a esse tipo de alimentação. Além disso, a introdução da torta de babaçu, não leva a qualquer tipo de toxicidade para as abelhas *Apis mellífera*. (Pereira et al. 2007)

Santos Neta et al. (2011) observou que a introdução de até 12% de torta de babaçu na alimentação de frangos de corte trouxe resultados significativos para o ganho de peso, conversão alimentar e retenção de energia bruta.

2.2 MESOCARPO

O babaçu pode ser considerado ainda uma fonte alternativa para a obtenção de etanol, tendo em vista a alta concentração de amido presente no mesocarpo dos frutos desta espécie.

Segundo Pavlak et al. (2007) a farinha do mesocarpo do babaçu apresenta cerca de 52% de amido em sua composição.

O principal meio de obtenção de etanol utilizado no Brasil é via processo fermentativo. No trabalho conduzido por Vieira et al (2009c) o processo fermentativo ocorreu em três etapas principais: preparação da matéria-prima, fermentação e destilação. A farinha do mesocarpo do babaçu foi obtida a partir de um triturador e em seguida essa farinha foi hidrolisada para só depois ser realizada a fermentação e a destilação do etanol. A autora obteve um rendimento final de 0,350l de etanol/kg de amido a 80°GL. Já Baruque Filho (2000) obteve rendimento de etanol de 350l de etanol/kg de amido a 96°GL, sendo que a metodologia de obtenção de etanol utilizada nos dois trabalhos foi parecida. A diferença de dados encontrada pode estar relacionada com a variação dos teores de grau °Brix encontrados nas amostras. Ainda, segundo Vieira (2009c) é possível chegar a uma produtividade média de 5 litros de etanol por palmeira de babaçu, considerando uma planta de produção média.

Apesar de apresentar uma produtividade de álcool satisfatória apenas a empresa Tobasa Bioindustrial S. A. aproveita esse potencial, sendo a detentora da primeira destilaria de álcool de babaçu em escala industrial (Pavlak et. al 2007).

Alguns pesquisadores vêm estudando as propriedades cicatrizante do mesocarpo do babaçu. Amorim et. al. (2006); Martins et. al. (2006) e Batista et. al. (2006) observaram que o uso tópico do extrato aquoso do mesocarpo do babaçu contribuiu positivamente para o processo de cicatrização, de feridas cutâneas em ratos. Caetano et al (2002) comprovaram a atividade antimicrobiana do extrato da farinha de mesocarpo de babaçu em cepas de *Staphylococcus aureus*, essa bactéria atua em simbiose com o homem e quando sua população

torna-se muito grande pode levar a ocorrência de doenças como foliculite e até mesmo pneumonia.

2.3 ENDOCARPO

De acordo com Couto et al. (2000) a biomassa florestal possui características tais que permitem a sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, como carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso.

O endocarpo do babaçu pode ser utilizado na obtenção de combustíveis sintéticos através da pirólise dessa biomassa, transformando-a em um combustível conhecido como gás de síntese, pode ser utilizado também na alimentação de caldeiras e fornos de indústrias substituindo perfeitamente a lenha comum ou utilizada na produção de carvão vegetal, ou ainda como matéria prima para a produção de carvão ativado utilizado em filtros de água.

Silva, Barrichelo & Brito (1986) concluíram em seu trabalho que o carvão de endocarpo babaçu é superior ao carvão de madeira de eucalipto para usos, tais como: gasogênios, operações metalúrgicas e siderúrgicas e uso doméstico.

São poucos os trabalhos que analisam as características do endocarpo do coco babaçu, entretanto, na prática diversas empresas já se utilizam dessa fonte no abastecimento de seus fornos, seja na forma de carvão, ou ainda a partir da queima direta do coco inteiro. As concentrações em massa dos principais componentes químicos na parte orgânica do endocarpo do babaçu são: celulose (23%), hemicelulose (22%) e lignina (39%) (Emmerich 1987). A Tabela 3 apresenta algumas características do endocarpo do babaçu

Tabela 3 – Algumas características físico-químicas do endocarpo do babaçu.

Análise Imediata	%
Voláteis	83,4
Carbono Fixo	15,1
Cinzas	1,7
Análise Elementar	%
Carbono	44,2
Hidrogênio	5,6
Nitrogênio	0,5
Oxigênio	47,9
Outras Características	
Densidade Aparente (kg/m ³)	506
Densidade real (kg/m ³)	1360
Poder Calorífico Superior (kJ/kg)	18960
Poder Calorífico Inferior (kJ/kg) à 12% de umidade	15467

Fonte: Teixeira (2003)

No trabalho de Teixeira (2003) foi conduzida uma análise de fluorescência de raio-X, onde foi identificado a presença de: Silício, Enxofre, Ródio, Potássio, Cálcio, Ferro, Tório, Cobre, Bromo, Prata e Fósforo.

2.4 EPICARPO

O epicarpo do fruto do babaçu também possui uma significativa importância comercial, no trabalho conduzido por Lima et.al. (2006) foi observado que a utilização dessa parte do fruto como matéria prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomeradas apresentou propriedades mecânicas estatisticamente iguais a chapas produzidas com Pinus. Brito et. al. (2004) também observou que esta inclusão da fibra de coco em níveis crescentes, não proporcionou diferença estatística quando comparado com as chapas feitas

exclusivamente de pinus, não afetando na qualidade do produto final. Apresentando assim mais uma alternativa de exploração da potencialidade produtiva desta espécie.

Segundo Vieira et al. (2011) esta parte do coco babaçu contém um grande número de grupos funcionais, incluindo OH fenólico bem como grupos carboxílicos COO-, que favorecem a absorção de corantes considerando que estes biopolímeros, apresentam um grande potencial como adsorvente, devido à abundância de biomassa e de baixo custo.

Teixeira (2003) analisou algumas características do epicarpo do babaçu, a Tabela 04 traz estes resultados que confirmam a possibilidade de utilização dessa parte do fruto na alimentação de caldeiras, ou na geração de energia termelétrica.

Tabela 4 - Características do epicarpo do babaçu.

Análise Imediata	%
Voláteis	88,16
Carbono Fixo	9,62
Cinzas	2,22
Análise Elementar	%
Carbono	45,69
Hidrogênio	5,65
Nitrogênio	0,57
Oxigênio	45,87
Outras Características	
Poder Calorífico Superior (KJ/Kg)	19756
Poder Calorífico Inferior (Kj/Kg) á 12% de umidade	16287

Fonte: Teixeira (2003)

É possível observar através das características obtidas pelas análises físicas de análise imediata, análise elementar e poder calorífico do epicarpo do babaçu são bem semelhantes às encontradas nas amostras de endocarpo.

3. MECANISMO REDD

3.1 Conceito e histórico

As discussões sobre o REDD (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) surgiram na Convenção Quadro das Nações Unidas (UNFCCC) realizada em 2003, partindo da proposta apresentada por um grupo de instituições não governamentais brasileiras de um mecanismo de redução compensada das emissões de carbono na atmosfera.

Em 2007, durante a 13^a Conferência das Partes da UNFCCC (COP-13), em Bali, foi adotado o Plano de Ação de Bali que determinou o REDD como uma das principais ações de mitigação de mudanças climáticas (MMA, 2012).

A proposta era de estimular os países em desenvolvimento a reduzir as emissões de Gases Causadores do Efeito Estufa (GEE) por desmatamento e degradação, assim como promover investimentos em proteção ambiental, transferência de tecnologia, etc. Também durante a COP-13 o conceito foi ampliado, passando a ser conhecido como REDD+ (MMA, 2012).

O REDD+ busca estabelecer incentivos aos países em desenvolvimento para proteger e gerenciar melhor seus recursos florestais, através da criação e reconhecimento de um valor financeiro para o carbono armazenado nas áreas de vegetação nativa moldando-se como uma estratégia de mitigação da mudança do clima que contará com o apoio técnico e financeiro dos países desenvolvidos (CORBERA e SCHROEDER, 2011).

Essa mudança fez com que o REDD+ se tornasse um mecanismo não só de redução de emissões de GEE por desmatamento e degradação, mas também de incentivo a conservação florestal, ao manejo sustentável e ao aumento dos estoques de carbono. Essas diretrizes protetivas trouxeram contribuições adicionais, como a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos e a melhoria das condições de vida das populações tradicionais.

Muitas iniciativas, programas e projetos de REDD e REDD+ vêm surgindo por parte de governos, ONGs e outras entidades. O Brasil ainda não conta com uma regulamentação específica para essas ações (MMA, 2012), entretanto, qualquer que sejam as diretrizes adotadas, será necessário tomar um cuidado especial com a administração financeira destes projetos, especialmente no que diz respeito ao combate à corrupção (MELICK, 2010).

4. Possibilidade de implantação de projetos de REDD+ na proteção das florestas de babaçu

A proposta de implantação do mecanismo REDD+ em áreas ocupadas por florestas de babaçu se baseia em um sistema que envolve a redução do desmatamento destas palmeiras, a valoração econômica dos produtos obtidos a partir do beneficiamento do coco babaçu com a formação de uma cadeia produtiva estável e o desenvolvimento social das comunidades envolvidas nesta cadeia. Estes pilares possibilitam desenvolvimento econômico e social e uma significativa proteção ambiental (mediante a redução das emissões de GEE por desmatamento das palmeiras de babaçu) e valoração dos recursos disponibilizados pela floresta em pé.

4.1 Redução das emissões através do desmatamento evitado

A floresta de babaçu tem grande capacidade de armazenar Carbono em sua Biomassa Viva Acima do Solo, tanto em sua estrutura arbórea, quanto nos frutos. Gehring et al (2011) encontrou uma biomassa seca média de 421,9 kg por indivíduo em uma população de 80-120 palmeiras de babaçu adultas por hectare, considerando que o autor observou um teor de carbono médio de 41,15% do peso seco, isso indica que a floresta de babaçu seria capaz de manter sequestrada em sua biomassa arbórea de 13–20 toneladas de Carbono por hectare

4.2 Valoração econômica dos produtos obtidos do coco babaçu e o desenvolvimento social das comunidades envolvidas.

Como já destacado neste trabalho o coco babaçu é capaz de dar origem a uma grande diversidade de produtos, tais como óleo, carvão, sabão, etc. O principal entrave no beneficiamento integral do coco babaçu é a separação entre as diferentes partes que compõem o fruto: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas. Algumas empresas já são dotadas de tecnologia para esse tipo de processamento, é o caso da Tobasa Bioindustrial de Babaçu S.A., localizada em Tocantinópolis – TO. A empresa além de beneficiar o fruto produz diferentes produtos como o óleo extraído da amêndoa o farelo do mesocarpo (muito utilizado na alimentação animal), o carvão oriundo do endocarpo e do epicarpo, entre outros (TOBASA, 2012).

A proposta de fortalecimento da cadeia produtiva do babaçu envolve tanto o aproveitamento integral dos produtos obtidos, quanto o desenvolvimento socioeconômico das pessoas ligadas a esta cadeia. Um dos principais problemas enfrentados no desenvolvimento destas comunidades é a falta de fornecimento de energia elétrica nas regiões com produção do babaçu, isso por que essas localidades geralmente estão afastadas dos centros urbanos e das redes de distribuição de energia. Esse problema, entretanto pode ser facilmente resolvido ou pelo menos minimizado com a aplicação do próprio babaçu na geração de energia seja através da substituição direta do óleo diesel por óleo de babaçu nos motores estacionários (MORET e GUERRA, 2012), na utilização do coco na queima em pequenas centrais termelétrica, ou por outro meio produtor de energia.

A energia elétrica é um bom começo para alavancar as condições sociais de uma comunidade, a disponibilidade desse recurso, possibilita uma grande quantidade de melhorias, como: água encanada, possibilidade de refrigeração de alimentos e considerando investimentos mais audaciosos especialmente em termelétricas a possibilidade de venda do

excedente da energia gerada para companhias elétricas ou outras comunidades próximas. A principal razão de se discutir sobre a possibilidade de inclusão das florestas de babaçu em projetos de REDD ou REDD+, vai além da importância ambiental do carbono armazenado nestas árvores, essa discussão envolve a valoração econômica da floresta em pé e de seus produtos naturais e principalmente a contribuição social que esses projetos podem trazer para as comunidades atendidas, fixando o homem do campo nestas localidades e possibilitando a ele criar sua família de forma digna, sem se fazer necessário as mudanças no uso do solo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta análise técnico-científica foi possível observar a variedade de produtos obtidos a partir do coco babaçu. Sendo evidente a capacidade dessa palmeira de trazer benefícios econômicos aqueles que se dedicam a sua exploração, benefícios sociais as comunidades que vivem em regiões produtoras de babaçu, já que sua cadeia produtiva gera uma demanda considerável de mão-de-obra e benefícios ambientais, por tratar-se de uma espécie que pode ser explorada comercialmente sem que seja necessário o desmatamento da vegetação nativa. A implantação de projetos e iniciativas de REDD nas áreas de babaçu pode ser uma alternativa eficiente na proteção e na valoração das florestas nativas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. R.; MENEZZI, H. S. D.; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement-bonded particleboard. *Bioresource Technology* 85 (2002) 159–163.

ANP - Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustível. Resolução nº. 7, de 19 de março de 2008 (DOU 20.3.2008). Regulamento Técnico nº 01/ 2008. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2008.

AMORIM, E.; MATIAS, J. E. F.; COELHO, J. C. U.; CAMPOS, A. C. L.; STAHLKE JÚNIOR, H. J.; TIMI, J. R. R.; ROCHA, L. C. DE A.; MOREIRA, A. T. R.; RISPOLI, D. Z.; FERREIRA L. M. Efeito do uso tópico do extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (Babaçu) na cicatrização de feridas cutâneas - estudo controlado em ratos. *Acta Cirúrgica Brasileira*. [S.I.], v. 21, n. 2, p. 67-75, 2006.

ARAÚJO, G. S.; CARVALHO, R. H. R.; SOUSA, E. M. B. D. de. Produção de Biodiesel a partir de Óleo de Coco (*Cocos nucifera* L.) Bruto. In: 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production. 2009, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 2009. p. 1-10.

BARUQUE FILHO, E. A. Amido de Coco de Babaçu: Uma Fonte Alternativa para a Produção de Etanol. 2000. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

BRITO, E. O. Propriedades de Chapas Produzidas com Resíduos do Fruto de Coco e Partículas de Pinus. *Floresta e Ambiente*. V. 11, n.2, p. 01 - 06, ago./dez. 2004.

CAETANO, N.; SARAIVA, A.; PEREIRA, R.; CARVALHO, D.; PIMENTEL, M. C. B.; MAIA, M. B. S. Determinação da atividade antimicrobiana de extratos de planta de uso popular como anti-inflamatório. *Revista Brasileira de Farmacologia* [S.I.], v. 12, p. 132-135, 2002

CORBERA, E.; SCHROEDER, H. Governing and implementing REDD+. *Environmental Science & Policy*. [S. I.], v. 14, p. 89–99, 2011.

COUTO, L.; FONSECA, E.M.B.; MÜLLER, M.D. O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44p.

DESER: Departamento de Estudos Sócio-econômicos Rurais. *A cadeia produtiva do babaçu*, Curitiba. Estudo exploratório 02, abril, 2005.

DINIZ, J. Conversão Térmica de Casca de Arroz à Baixa Temperatura: Produção de bio-óleo e resíduo sílico-carbonoso adsorvente. *Tese de doutorado do programa de pós-graduação em Química*, área de concentração em química analítica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, 2005.

EMMERICH FG. Modelo granular, percolação-resistividade, RSE e módulo de elasticidade de materiais carbonosos: aplicação ao endocarpo de babaçu tratado termicamente até 2200 °C. 1987. *Tese de Doutorado em Física* - Universidade Estadual de Campinas.

GARDNER, R.; KASI, S.; ELLIS, E. M. Detoxication of the environmental pollutant acrolein by a rat liver aldo-keto reductase. *Toxicology Lette*. 148: 65, 2004.

GEHRING, C.; ZELARAYÁN M. L. C.; ALMEIDA, R. B.; MORAES, F. H. R. Allometry of the babassu palm growing on a slash-and-burn agroecosystem of the eastern periphery of Amazonia. *Acta Amazonica*. v. 41, p. 127-134, 2011.

GONSALVES, ALPHEU DINIZ. O Babaçu, Considerações Científicas, técnicas e econômicas. *Ministério da Agricultura*: Rio de Janeiro, Série Estudos e Ensaio n°8, 1955.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas. Coordenação Agropecuária. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=to&tema=extracaovegetal2008>. Acesso em 19 de nov. de 2010.

LIMA, A. M. et. al. Utilização de Fibras (epicarpo) de Babaçu como Matéria-Prima Alternativa na Produção de Chapas de Madeira Aglomerada. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.645-650, 2006.

LIMA, J. R. O; SILVA, R. B.; SILVA, C. M. Biodiesel de babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. *Química Nova*, 30: 600, 2007.

LORENZI, H. et al. (org.). *Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas*. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 2004.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J.B.P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. *Revista Ceres*, v. 53, p. 463-470, 2006.

MARTINS, N. L. P.; MALAFAIA, O.; RIBAS-FILHO, J. M.; HEIBEL, M.; BALDEZ, R. N.; VASCONCELOS, P. R. L. DE; MOREIRA, H.; MAZZA, M.; NASSIF, P. A. N.; WALLBACH, T. Z. Análise comparativa da cicatrização da pele com o uso intraperitoneal de extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babaçu). - Estudo controlado em ratos. *Acta Cirúrgica Brasileira*. [S.I.], v. 21, n. 3, p. 66-74, 2006.

MELICK, D. Credibility of REDD and experiences from Papua New Guinea. *Conservation Biology*, 24 (2), p. 359–361, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. REDD+ Brasil. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/redd/index.php/o-que-e-redd>. Acesso em: 01 de outubro de 2012.

MORET, A. DE S.; GUERRA, S. M. G. Geração de eletricidade e qualidade de vida: análise de um sistema aplicado. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, [S.I.], v. 5, n. 14, Jun. 2012.

NASCIMENTO, U. M.; VASCONCELOS, A. C. S.; AZEVEDO, E. B.; SILVA, F. C. Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de coco babaçu com aquecimento por micro-ondas. São Paulo, *Eclética Química*, São Paulo, v. 34 n. 4, p. 37-48, 2009.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: *Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado*. Fortaleza: Unigráfica, 2003.

PAPPU, V. K. S.; YANEZ, A. J.; PEEREBOOM, L.; MULLER, E.; LIRA, C. T.; MILLER, D. J. A kinetic model of the Amberlyst-15 catalyzed transesterification of methyl stearate with n-butanol. *Bioresource Technology*, Essex, v. 102, p. 4270–4272. 2011.

PAVLAK, M. C. M.; ZUNIGA, A. D.; LIMA, T. L. A.; PINEDO, A. A.; CARREIRO, S. C.; FLEURY, C. S.; SILVA, D. L. Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. *Evidência*, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 7-24, jan./jun. 2007.

PEIXOTO, A.R. *Plantas Oleaginosas Arbóreas*. Biblioteca Rural. Ed. Nobel S.A. In: TEIXEIRA, Marcos Alexandre. Biomassa de babaçu no Brasil. Departamento de Energia – FEM – São Paulo: Unicamp, 1973.

PEREIRA, F. de M.; FREITAS, B. M.; VIEIRA NETO, J. M.; LOPES, M. T. do R.; BARBOSA, A. de L.; CAMARGO, R. C. R. de. Desenvolvimento de colônias de abelhas com diferentes alimentos protéicos. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 41, n. 1, p.1-7, jan. 2006.

———; FREITAS, B. M.; VIEIRA NETO, J. M.; LOPES, M. T. do R.; BARBOSA, A. de L.; CAMARGO, R. C. R. de; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, R. S. Efeito tóxico de alimentos alternativos para abelhas *Apis mellifera*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 533-538, mar-abr, 2007.

ROSSEL, J. B.; IRANKEN, M. D.; *Manual de indústrias de los alimentos*. Acríbia v.2, 1993.

SANTOS, N. A. Propriedades termo-oxidativas e de fluxo do biodiesel de babaçu (*Orbignya phalerata*). 2008. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.

SANTOS NETA, E. R. dos; VAZ, R. G. M. V.; RODRIGUES, K. F.; SOUSA, J. P. L.; PARENTE, I. P.; ALBINO, L. F. T. SIQUEIRA, J. C. de; ROSA, F. C. Níveis de inclusão da torta de babaçu em rações de frangos de corte na fase inicial. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*. Salvador, v. 12, n. 1, p. 234-243, jan-mar, 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. In: *I Seminário de Agroenergia da UFT*. Palmas. 2011.

SILVA, F. C.; CAVALCANTE, K. S. B.; LOUZEIRO, H. C.; MOURA, K. R. M.; MACIEL, A. P.; SOLEDADE, L. E. B.; SOUZA, A. G. Production of biodiesel from babassu oil using methanol-ethanol blends. *Eclética Química*, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 47-54. 2010. IPEF, n.34, p.31-34, dez.1986

SILVA, J. de C. e; BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Endocarpos de babaçu e de macaúba comparados a madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de carvão vegetal. *IPEF*, n.34, p.31-34, dez. 1986.

SOLER, M. P.; MUTO, E. F.; VITALI, A. A. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). *Ciência Tecnologia e Alimento*, Campinas, 27: 717, 2007.

TOBASA, *TOBASA Bioindustrial de babaçu S. A.* Disponível em: http://www.tobasa.com.br/quem_somos.html. Acesso em: 18 de outubro de 2012.

VALLILO, M. I.; CRESTANA, C. S. M. de; AUED-PIMENTEL, S.; TAVARES, M.; KUMAGAI, E. E.; GARBELOTTI, M. L. de. Composição química das sementes de *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude (Arecaceae). *Revista Árvore*, v. 28, n. 5. 2004.

VIEIRA, G. E. G.; ROMEIRO, G. A.; SELLA, S. M.; DAMASCENO, R. N.; PEREIRA, R. G. Low temperature conversion (LTC) – An alternative method to treat sludge generated in an industrial wastewater treatment station – Batch and continuous process comparison. *Bioresource Technology*, Essex, v. 100, p. 1544–1547. 2009.

———; MENDES, E.R.; PICKLER, Arilza ; CASTRO J.G.D.;. Análise por GC/MS de bio-óleo obtido a partir da pirólise de amêndoas de babaçu (*Orbignya sp.*). In: *II SEMINÁRIO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS*, 2009, RECIFE. RESUMOS DO II BIOCOM, 2009. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/biocom/2009/trabalhos/-21-5595.htm>>. Acesso em: 30 de dez. de 2010.

———; PICKLER, Arilza ; SILVA, A. ; CASTRO, J.G.D. Obtenção de etanol a partir do mesocarpo de babaçu (*Orbignya sp.*). In: *II SEMINÁRIO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS*, 2009, RECIFE. RESUMOS DO II BIOCOM, 2009. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/biocom/2009/trabalhos/-11-5572.htm>>. Acesso em: 30 de dez. de 2010.

TEIXEIRA, A. P.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, H. A. S.; CHAVES, J. A. P.; MELO, J. C. P.; SILVA FILHO, E. C.; AIROLDI, C. Removal of textile dyes from aqueous solution by babassu coconut epicarp (*Orbignya speciosa*). *Chemical Engineering Journal*, [S.I.], v.173, n. 2, p. 334–340, 2011.

ZYLBERSZTAJN, D.; MARQUES, C. A. S.; NASSAR, A. M.; PINHEIRO, C. M.; MARTINELLI, D. P.; ADEODATO S. NETO, J.; MARINO, M. K.; NUNES, R. *Reorganização do agronegócio do babaçu no estado do Maranhão*. São Paulo: Grupo Pensa-USP, 2000.

CAPÍTULO - II

ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTAS NATIVAS DE BABAÇU - INFLUÊNCIA NA IMPLANTAÇÃO DO MECANISMO REDD+ EM PALMAS-TO

Resumo

O babaçu é uma palmeira de grande porte que chega a atingir 20m de altura, cerca de 14 milhões de hectares no Brasil possuem incidência desta espécie, diversos produtos são obtidos a partir do coco babaçu (óleo, amido, etc.), a coleta e preparo da matéria-prima chega a empregar dois milhões de pessoas durante a safra, fortalecendo a importância social desta palmeira. Este trabalho teve como objetivo principal verificar qual o potencial de estocagem de biomassa e carbono das palmeiras de babaçu. Foi delimitada uma área de estudos de um hectare, onde a biomassa viva acima do solo foi quantificada pelo método indireto em $0,659 \pm 0,109$ t.indivíduo⁻¹ e $22,4$ t.ha⁻¹, já o estoque de carbono foi estimado em $0,152 \pm 0,026$ t.C.indivíduo⁻¹ e $5,17$ t.C.ha⁻¹. O estoque de carbono das florestas de babaçu brasileiras foi estimado em quatro cenários teóricos que variam de 21 – 255 milhões de toneladas.

Palavras-chave: Palmeira; biomassa; preservação.

ESTIMATE AND CARBON STOCK IN BABASSU NATIVE FORESTS - INFLUENCE
ON IMPLEMENTATION MECHANISM REDD+

Abstract

Babassu is a large palm which reaches 20m in height, about 14 million hectares in Brazil have incidence of this kind, many products are made from babassu coconut (oil, starch, etc.), The collection and preparation material comes to employ two million people during the season, streng thening the social importance of the palm. This objective check which potential of biomass and carbon storage of the babassu palm. Was closed an area of one hectare studies, where the living biomass above the soil was quantified by an indirect t.indivíduo 0.659 ± 0.109 and 22.4 t.ha^{-1} , since the carbon stock was estimated to be $0.152 \pm 0.026 \text{ t.C.indivíduo.ha}^{-1}$ and 5.17 . The carbon stock of Brazilian babassu forests was estimated at four theoretical scenarios ranging 21-255 million tons.

Keywords: Palm; Biomass; Preservation.

INTRODUÇÃO

Segundo o International Panel on Climate Change (IPCC) cerca de 25% das emissões globais de dióxido de carbono são oriundas de alterações no uso da terra, especificamente da derrubada de florestas nativas e queimadas (Pimm & Jenkins, 2005).

As florestas prestam diversos serviços ambientais ao planeta, o sequestro de carbono da atmosfera e sua estocagem na forma de biomassa é um deles, tendo em vista a intensificação do efeito-estufa e do conseqüente aquecimento global, causado pelo aumento da concentração de gases como dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) na atmosfera (Ribeiro et al., 2009).

Na área florestal, existem quatro opções de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas: manejo florestal, redução do desmatamento, florestamento e reflorestamento. Segundo o 4º Relatório de Avaliação do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima), em curto prazo, os benefícios ambientais do desmatamento evitado (conservação de florestas) são maiores do que os trazidos pelo florestamento e reflorestamento (IPCC, 2007).

Neste contexto o Mecanismo REDD+ é reconhecido como o mais adequado para tratar da redução das emissões oriundas de desmatamento e degradação das florestas (Moutinho, 2012).

O REDD+ busca estabelecer incentivos aos países em desenvolvimento para proteger e gerenciar melhor seus recursos florestais, através da criação e reconhecimento de um valor financeiro para o carbono armazenado nas áreas de vegetação nativa (Corbera & Schoeder, 2011).

Entretanto para que a aplicação do mecanismo REDD+ seja eficiente é necessário que se estabeleça metodologias capazes de quantificar de forma confiável o estoque de carbono presente na biomassa florestal.

As estimativas de biomassa de um ecossistema podem ser obtidas por métodos diretos (destrutivo) ou indiretos (não destrutivo). O Método Indireto é mais rápido, pois utiliza variáveis dendrométricas que podem ser facilmente obtidas em campo, como o diâmetro a 1,30 m acima do solo (diâmetro à altura do peito - DAP) e a altura total da planta (Ht) (HIGUCHI et al., 2004).

Somogyiet al. (2006) afirmam que a biomassa pode ser estimada de forma indireta realizando-se o ajuste de equações pelo uso de técnicas de regressão. Esse procedimento é o

mais comum, nele algumas árvores são amostradas, o peso de cada componente da árvore é determinado e relacionado por meio de regressão com variáveis dendrométricas (DAP, Ht, etc.).

O babaçu *Orbignya* sp. é uma palmeira de grande porte que chega a atingir 20 metros de altura, sua distribuição geográfica estende-se por uma área de 14 milhões de hectares (Almeida, Menezzi & Teixeira (2002); Lorenzi (2004)). Segundo Lima (2006) graças ao óleo presente nas amêndoas do coco babaçu essa palmeira é considerada a maior fonte mundial de óleo silvestre.

Este trabalho teve como objetivo principal verificar qual o potencial de produção de biomassa e estocagem de carbono da palmeira de babaçu dando ênfase a implantação do mecanismo REDD+ como uma forma de proteger as florestas nativas com incidência desta espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo:

O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural próxima ao distrito de Taquaruçu no município de Palmas – TO (10°20'50,66" S e 48°07'0,60" O). A área de estudo possui uma regionalização climática segundo a classificação de Thornthwaite, C2wA'a', caracterizado pela ocorrência de duas estações bem definidas. Uma estação seca de maio a setembro e uma estação chuvosa de outubro a abril, a temperatura média encontra-se na faixa de 27-28°C e a precipitação média é de 1.600-1.700 mm/ano.

Figura 3—Imagem da área em 11/03/2005 e em 07/06/2009



FONTE: Google Earth

O trabalho foi conduzido no mês de outubro de 2012, foi delimitada uma área de 1 ha^{-1} e identificadas com placas de PVC todas as palmeiras de babaçu adultas, um total de 34 indivíduos. Foram coletados e analisados dados referentes à altura das árvores (H), altura do tronco lenhoso (HL), circunferência à altura do peito (CAP) e diâmetro a altura do peito (DAP), os dados dendrométricos foram obtidos em campo com o auxílio de uma trena métrica e um Clinômetro Analógico.

O número de indivíduos por hectare (N/ha), área basal por hectare (AB/ha), biomassa seca acima do solo (BSAS), biomassa viva acima do solo (BVAS) e estoque de carbono (EC) foram determinados. O carbono equivalente (CO_2eq) contido nos indivíduos de babaçu foi calculado com o intuito de propor uma alternativa para a valoração do carbono sequestrado nestas palmeiras, a fim de associar estes estudos à aplicação de projetos de REDD+.

Cálculo da área basal

A Área basal (AB) expressa a ocupação de uma espécie (m^2) em uma unidade de área (10.000 m^2 ou 1 hectare) e é um bom indicador da densidade da vegetação de um ecossistema. A área basal de cada indivíduo foi calculada a partir da fórmula:

Onde: AB = área basal da palmeira; $= 3,14$; r = raio de cada palmeira.

Biomassa Seca e Biomassa Viva Acima do Solo - BVAS

Estudando o comportamento da biomassa de palmeiras de babaçu adultas Gehringet al., (2012) observou por meio de equações de regressão que era possível quantificar a biomassa da palmeira utilizando-se de duas equações diferentes, uma para estimar a biomassa do tronco

lenhoso e outra para estimar a biomassa foliar. As equações encontradas por Gehringet al., (2012) são respectivamente:

Onde: Hl = Altura do Tronco Lenhoso

Onde: Ht = Altura total da Palmeira

A soma dos resultados obtidos em cada equação resultam na biomassa seca total da palmeira de babaçu. A biomassa viva acima do solo também foi estimada, considerando que as folhas e o tronco lenhoso são compostos em média por 53,6% e 41,2% de umidade, respectivamente.

Estoque de Carbono

Foram adotadas as porcentagem de carbono em peso seco presente na biomassa da palmeira de babaçu em 42,5% para o tronco lenhoso e 39,8% para a biomassa foliar, (Gehringet al., 2012).

Carbono equivalente

Existe uma tendência para que as reduções de emissões resultantes do desmatamento evitado sejam contabilizadas em forma de Certificados de Redução de Emissões (CRE's).

Um CRE corresponde a uma tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq}). Para quantificar o CO_{2eq} de uma floresta, multiplica-se o estoque de carbono da biomassa por 3,67, esse valor é obtido em razão das massas molares do CO_2 (44) e do carbono (12) (IPCC, 2006).

Cenários

Para que fosse possível avaliar o potencial que as florestas de babaçu brasileiras têm de estocar carbono em sua biomassa foram realizados 4 cenários teóricos, considerando uma ocupação de 1, 34, 80 e 120 palmeiras.ha⁻¹, em uma área de 14 milhões de hectare, o que equivaleria a toda área do território nacional com ocorrência desta espécie (Almeida, Menezzi & Teixeira; 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Área Basal

A área basal encontrada na floresta de babaçu analisada neste estudo foi de 3,738 m².ha⁻¹. No inventário realizado por Barbosa & Ferreira (2004) a área basal encontrada foi de 5,898 m².ha⁻¹, sendo amostrada toda a vegetação arbóreo-arbustiva com circunferência de base (CB) > 5 cm, considerando que a floresta estudada pelos autores apresentava uma população de 3.966 ind.ha⁻¹ e a floresta de babaçu apresenta apenas 34 ind.ha⁻¹, fica evidente que esse é uma espécie capaz de promover uma alta ocupação do espaço físico da área florestada.

A tabela 1 apresenta os dados da estatística descritiva da área basal, DAP e altura total das palmeiras.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos das palmeiras de babaçu.

Dados Estatísticos	Área Basal (m ²)	DAP (m)	Altura total (m)
Soma dos Dados	3,738	12,391	387,490
Média aritmética	0,109	0,364	11,397
Desvio padrão	0,063	0,084	1,817
Variância	0,004	0,007	3,302
C. de Variação (%)	57,270	23,313	15,945

Os elevados coeficientes de variação encontrados para área basal, DAP e Altura total demonstram grande diferença entre as características dendrométricas das palmeiras de babaçu estudadas naquela mesma área.

A imagem de satélite do ano de 2005 mostra que todas as palmeiras da área eram jovens (1-2 anos) àquela data, desta forma, pôde-se concluir que ao tempo em que foi realizado este estudo todos os indivíduos tinham idade inferior a 9 anos. A alta variação dos dados pode estar ligada principalmente a diferenças genotípicas entre a população estudada e as características do solo que apresentava uma alta declividade com isso diferentes palmeiras podem ter se desenvolvidos em locais mais ou menos férteis dentro daquela mesma área.

DAP e Altura das palmeiras

O Diâmetro à altura do peito foi em média de $0,36 \pm 0.084\text{m}$, Gehring (2012) observou que o diâmetro à altura do peito da palmeira de babaçu não está correlacionado com a altura total da planta, os indivíduos estudados neste trabalho seguiram a mesma tendência.

Segundo Teixeira (2008) e Lorenzi (2004) a palmeira de babaçu chega a atingir 20m de altura, a média encontrada de $11,39 \pm 1.81\text{m}$ é inferior ao citado na literatura, isso se deve a pouca idade dos indivíduos estudados (9 anos ou menos).

Biomassa seca e biomassa viva acima do solo

A Tabela 2 apresenta os valores referentes à quantificação da biomassa seca, da biomassa viva acima do solo e do estoque de carbono de cada indivíduo estudado, além disso, foi realizada a estatística descritiva destas variáveis.

Tabela 2 Biomassa seca, biomassa viva acima do solo, estoque de carbono das palmeiras de babaçu e estatística descritiva das variáveis analisadas.

INDIVÍDUO	BSF (kg)	BSTL (kg)	BST (kg)	BVAS (kg)	EC (kg)
1	101,3	282,9	384,3	699,6	160,6
2	88,8	256,6	345,4	627,8	144,4
3	101,4	272,9	374,3	682,7	156,4
4	103,5	295,3	398,9	725,4	166,7
5	84,3	234,2	318,5	580	133,1
6	101,4	286,9	388,2	706,4	162,3
7	73,7	221,8	295,5	536	123,6
8	93,5	279,9	373,4	677,6	156,2
9	89,7	250,1	339,8	618,6	142
10	103,6	284,4	387,9	706,8	162,1
11	94,7	279,9	374,6	680,2	156,7
12	86,8	429,9	516,7	918,3	217,3
13	101,4	279,9	381,3	694,5	159,3
14	94,7	329,6	424,3	764,7	177,8
15	94,7	299,3	394	713,2	164,9
16	73,7	237,7	311,4	563,1	130,4
17	103,6	414	517,6	927,3	217,2
18	104,1	222,8	326,8	603,1	136,1
19	88,9	241,6	330,5	602,5	138,1
20	84,3	230,7	315,1	574,1	131,6
21	104,2	242,1	346,4	636,5	144,4
22	104,3	252,6	356,9	654,4	148,7
23	80,1	279,4	359,5	647,8	150,6
24	88,9	461,2	550,1	975,9	231,4
25	66,1	232,7	298,8	538,2	125,2
26	73,7	267,9	341,7	614,6	143,2
27	73,7	248,6	322,3	581,7	135
28	66,1	194,5	260,6	473,2	108,9
29	94,7	270,5	365,2	664,1	152,6
30	84,3	297,3	381,6	687,3	159,9
31	73,7	263,0	336,7	606,2	141,1
32	84,3	283,9	368,2	664,5	154,2
33	80,1	199,4	279,5	511,8	116,6
34	84,3	221,8	306,1	558,9	127,8
TOTAL	3026	9345	12372	22417	5176
MÉDIA	89,02	274,87	363,89	659,33	152,25
Desvio padrão	11,61	58,14	62,77	109,37	26,53
Variância	134,8	3380,3	3940,40	11961,91	725,19
C. Variação (%)	13,04	21,15	17,25	16,59	17,42

Em que: BSF = Biomassa Seca Foliar; BSTL = Biomassa Seca do tronco lenhoso; BST = Biomassa seca (Total); BVAS = Biomassa Viva Acima do Solo (Total); EC = Estoque de Carbono.

A biomassa seca acima do solo foi quantificada em $89,02 \pm 11,61$ kg.palmeira⁻¹ para a área foliar e $274,87 \pm 58,15$ kg.palmeira⁻¹ para o tronco lenhoso, já a biomassa seca total foi em média de $363,8 \pm 62,77$ kg.palmeira⁻¹. Em média 75,53% do peso seco da palmeira correspondeu ao tronco lenhoso e os outros 24,47% à área foliar. A biomassa seca total da parcela analisada foi de 12.372 kg ou 12,37 t.ha⁻¹.

A biomassa viva acima do solo foi quantificada em $659,3 \pm 109,4$ kg.indivíduo e 22.417,1 kg.ha⁻¹ ou 22,4 t.ha⁻¹, este valor foi superior ao encontrado em um ecossistema de campina localizado em Roraima, onde a biomassa total acima do solo foi estimada em 15,91 t.ha⁻¹. (BARBOSA & FERREIRA, 2004).

Em comparação a estudos realizados na vegetação da Região Amazônica o babaçu apresenta valores inferiores de biomassa viva acima do solo, entretanto é importante salientar que a parcela analisada neste trabalho apresenta um baixo número de indivíduos por hectare (34 indivíduos), sendo que essa espécie pode apresentar povoamento de até 120 palmeiras.ha⁻¹, além disso, os outros trabalhos consideram todas as espécies arbóreas presentes na parcela analisada.

Utilizando dados de 216 parcelas Saatchi et al. (2007) estimaram a biomassa média total de áreas da Floresta Amazônica em 254,8 t.ha⁻¹. Nascimento & Laurance (2002) obtiveram média de biomassa acima do solo igual a $397,7 \pm 30,0$ t.ha⁻¹ em florestas intactas na Amazônia central e Souza et al. (2009) estimaram a biomassa viva acima do solo em uma floresta primária na região de Manaus –AM em 639,05 t.ha⁻¹.

Ribeiro et al. (2010) também encontraram valores de biomassa viva acima do solo superiores aos apresentados neste trabalho, em um fragmento florestal da Zona da Mata no Município de Viçosa, Minas Gerais a biomassa total média das árvores foi de 38,99 t.ha⁻¹, o que correspondeu a um estoque de carbono de $19,50 \pm 8,08$ t.C.ha⁻¹.

Estoque de carbono e CO₂ equivalente

O estoque de carbono das palmeiras de babaçu foi em média de $152,2 \pm 26,5$ kg.C.indivíduo e 5.176,53kg.C.ha⁻¹ ou 5,17 t.C.ha⁻¹, esse valor aproxima-se do encontrado por Cota et al., (2008) na estimativa do estoque de carbono do cacauzeiro, 5,22 t.C.ha⁻¹. Já Rezende e Felfili (2004) analisando áreas de cerrado sensu stricto do Brasil

Central encontraram valores que variaram de 3,71 t.C.ha⁻¹ em Patrocínio (MG) a 13,27 t.C.ha⁻¹ em Alvorada do Norte (GO). PAIVA et al. (2011), também estudaram uma área de cerrado sensu stricto e o estoque de carbono total para troncos e galhos, com diâmetro mínimo de 3 cm, dos indivíduos lenhosos arbóreos-arbustivos, com diâmetro basal > 5 cm foi de 8,60 t.C.ha⁻¹.

O estoque de carbono do babaçu mostrou-se inferior ao encontrado em um povoamentos com seis anos de idade de *Eucalyptus grandis* em Viçosa (MG), Paixão et al. (2006) estimaram o estoque médio de carbono em 39,04 t.C.ha⁻¹ para o fuste sem casca e 3,69 t.C.ha⁻¹ para os galhos. Essa diferença acontece principalmente por que o espaçamento entre plantas para o Eucalipto é bem menor que o da área de babaçu, isso faz com que a população de eucalipto seja bem superior.

Para quantificar o CO_{2eq} das palmeiras de babaçu o peso em carbono encontrado foi multiplicado por 3,67, sendo assim a floresta de babaçu estudado armazenou 18,99t.CO_{2eq}.ha⁻¹, se fossem aplicados para projetos de desmatamento evitado as mesmas regras do mercado de carbono atual esse valor geraria 18,9 Certificados de Redução de Emissão.

Em 2012 o mercado de carbono apresentou uma queda nos preços, em novembro deste ano o CRE foi cotado em €1,5, nestes termos um hectare de babaçu renderia €28,35 ou R\$ 77,40, já que a cotação do euro estava em R\$ 2,73. Este valor parece pequeno, entretanto deve ser levado em consideração que o Brasil conta em seu território com cerca de 14 milhões de hectares de floresta nativa com ocorrência de babaçu (Almeida, Menezzi & Teixeira; 2002).

CENÁRIOS – Populações de 1, 34, 80 e 120 palmeiras por hectare

Para que fosse possível avaliar o potencial que as florestas de babaçu brasileiras têm de estocar carbono em sua biomassa foram realizados 4 cenários teóricos, considerando uma ocupação de 1, 34, 80 e 120 palmeiras.ha⁻¹, em uma área de 14 milhões de hectare, o que equivaleria a toda área do território nacional com ocorrência desta espécie (Almeida; Menezzi e Teixeira; 2002).

Tabela 3 - Biomassa Viva Acima do Solo, Estoque de Carbono, CO_{2eq} e valor (R\$) das florestas de babaçu existentes no território brasileiro caso fossem avaliadas em CRE's, considerando diferentes populações por hectare.

14 milhões hectares	EC (milhões t.)	CO _{2eq} (milhões t.)	R\$ (Bilhões)
1 palmeiras.ha ⁻¹	2,1	7,8	0,03
34 palmeiras.ha ⁻¹	72	266	1,08
80 palmeiras.ha ⁻¹	170	626	2,55
120 palmeiras.ha ⁻¹	255	938	3,82

O cenário mais otimista apresenta um estoque de carbono de 255 milhões de toneladas, o que equivaleria a uma importância de R\$3,82 bilhões de reais em Certificados de Redução de Emissão.

Além de atender às principais premissas dos projetos de desmatamento evitado REDD+ e de reduzir o CO₂ da atmosfera, a proteção das áreas nativas de babaçu contribui para o desenvolvimento sustentável do país, isso por que a exploração dos produtos disponibilizados por esta espécie (óleo, mesocarpo, carvão do coco, etc.) baseia-se no uso intensivo de mão-de-obra familiar, o que contribui significativamente para a geração de emprego e de renda no campo.

CONCLUSÃO

O babaçu apresenta-se como uma importante espécie florestal, capaz de gerar emprego e renda para os povos que dependem da exploração de seus produtos, além disso, tendo em vista sua eficiência em armazenar carbono, as áreas com ocorrência nativa dessa palmeira mostram-se propícias a implantação de projetos de proteção ambiental do tipo REDD+.

A proposta de valorar as florestas a partir de sua capacidade de sequestrar e manter o carbono na forma de biomassa vegetal mostra-se uma das mais justas para quantificação do rendimento monetário que o desmatamento evitado pode trazer para as populações que vivem em regiões onde o REDD+ é implantado. Entretanto, outros aspectos devem ser levados em conta para avaliar a viabilidade da implantação de projetos desse tipo, entre eles estão os aspectos sociais que envolvem os povos nativos de cada região.

Ao final desse trabalho sugere-se a continuidade de pesquisas desse tipo, levando em consideração os aspectos ambientais e econômicos, e também a riqueza social e cultural das comunidades nativas de regiões produtoras de babaçu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. R.; MENEZZI, H. S. D.; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement-bonded particleboard. *Bioresource Technology*, v.85, p.159–163, 2002.

BARBOSA, R. I.; FERREIRA, C. A. C. Biomassa acima do solo de um ecossistema de “campina” em Roraima, norte da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, v. 34, n.4, p. 577 – 586, 2004.

CORBERA, E.; SCHROEDER, H. Governing and implementing REDD+. *Environmental Science & Policy*, [S. I.], v. 14, p. 89–99, 2011.

COTTA, M. K.; JACOVINE, L. A. G.; PAIVA, H. N. de; SOARES, C. P. B.; VIRGENS FILHO, A. de C.; VALVERD, S. R. Quantificação de biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. *Revista Árvore*, Viçosa, v.32, n.6, p.969-978, 2008.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; PINTO, A. C. M.; SILVA, R. P. da; ROCHA, R. de M.; TRIBUZY, E. S. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Revista Floresta*, Curitiba, v.34, n.3, p.295-304, 2004.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Guidelines for National Green house Gas Inventories. Elaborado pelo National Green house Gas Inventories Programme. Japão: IGES, 2006.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

LIMA, J. R. O; SILVA, R. B.; SILVA, C. M. Biodiesel de babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. Química Nova, 30: 600, 2007.

LORENZI, H. et al. (org.). Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 2004.

Moutinho, P. Redução de emissões por desmatamento e degradação florestal (REDD+): construindo os alicerces da economia verde no brasil. [N.I.]: IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2012.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Total aboveground biomass in central Amazonian rain forests: a landscape-scale study. Forest Ecology and Management, v. 168, n. 1-3, p.311-321, 2002.

PAIVA, A.O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado *Sensu stricto* do Distrito Federal. Revista Árvore, Viçosa, v.35, n.3, p.527-538, 2011.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L da; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. da. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes

alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. Revista *Árvore*, v.30, n.3, p.411-420, 2006.

PIMM, S. L.; JENKINS, C. Conservação da biodiversidade. *Scientific American*, v.4, n. 41, p.58-65, 2005.

REZENDE, A. V.; FELFILI, J. M. Avaliação do estoque de carbono do cerrado *sensu stricto* do Brasil Central. *Comunicações Técnicas Florestais*, v.6, n.2, p.1-27, 2004.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L. de; NARDELLI, A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais, *Revista Árvore*, Viçosa, v.33, n.5, p.917-926, 2009.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; NARDELLI, Á. M. B.; SOUZA, A. L. de. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da zona da mata mineira, *Revista Árvore*, Viçosa, v.34, n.3, p.495-504, 2010.

SAATCHI, S. S.; HOUGHTON, R. A.; ALVALÁ, R. C. S.; SOARES, J. V.; YU, Y. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*, v. 13, p. 816-837, 2007.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, MUUKKONEN, P.; LEHTONEN A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. *Europe Journal Forest Research*, [s.n], 2006.

SOUZA, C. R. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B.; SILVA, K. E. da; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Dinâmica e estoque de carbono em floresta primária na região de Manaus/AM, *Acta Amazonica*, vol.42, n.4,p. 501 – 506, 2012.

TEIXEIRA, M. A. Babassu – A new approach for an ancient Brazilian biomass, *Biomass and bioenergy*, v.32, p.857– 864, 2008.

WALKLEY, A. & BLACK, I. A. An examination of the Degtjareffmethod for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v. 37, p. 29-38, 1934.

CAPÍTULO - III

ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA AMÊNDOA DO BABAÇU PARA OBTENÇÃO DE BIODIESEL – ASSOCIAÇÃO COM O MECANISMO REDD+

Resumo: O babaçu é uma palmeira de tronco simples que atinge a 20 metros de altura, a área de ocorrência da espécie estende-se por 14 milhões de hectares em todo o Brasil. O coco babaçu se divide em quatro componentes principais: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e sementes ou amêndoas. O objetivo desse trabalho foi caracterizar e quantificar a porcentagem de óleo vegetal presente na amêndoa de babaçu coletada no Distrito de Taquaruçu em Palmas - TO e posteriormente analisar o biodiesel obtido a partir do processo de transesterificação. As amêndoas apresentaram médias de umidade, cinzas, carbono fixo e voláteis próximas dos valores de referência, o teor médio de óleo presentes nas amêndoas foi de 65,96%. O índice de acidez do óleo de babaçu foi de 0,251 mg KOH/g, a viscosidade cinemática e a densidade do óleo de babaçu foram respectivamente de 24,87 mm²/s e 916,9 kg/m³. A porcentagem da conversão de óleo em biodiesel de 87,52%, a viscosidade e a densidade das amostras de biodiesel foram respectivamente de 3,95 mm²/s e 878,66 kg/m³. Ao final deste trabalho foi possível identificar a viabilidade da implantação do mecanismo REDD+ em áreas ocupadas por florestas de babaçu, baseando-se em um sistema que envolva a redução do desflorestamento e a valorização dos recursos florestais disponíveis.

Palavras Chaves: Óleo, sustentabilidade, preservação.

STUDIES OF CHEMICAL AND PHYSICAL CHEMISTRY OF ALMOND BABASSU BIODIESEL FOR OBTAINING - THE MECHANISM ASSOCIATED REDD.

Abstract: The babassu palm is a simple trunk that reaches 20 meters in height, the area of occurrence of the species extends over 14 million hectares in Brazil. The babassu coconut is divided into four major components: exocarp, mesocarp, endocarp and seeds or almonds. The aim of this study was to characterize and quantify the percentage of vegetable oil present in almond babassu collected in the District of Taquaruçu Palmas - TO and subsequently analyze the biodiesel obtained from the transesterification process. Almonds had average moisture, ash, fixed carbon and volatile near the reference values, the average content of oil present in almonds was 65.96%. The acid babassu oil was 0.251 mgKOH/g kinematic viscosity and density of the babassu oil were respectively 24.87 mm²/s and 916.9 kg/m³. The percentage of conversion of oil to biodiesel 87.52%, the viscosity and density of biodiesel samples were respectively 3.95 mm²/s e 878.66 kg/m³. At the end of this work has been possible to identify the feasibility of the implementation of REDD+ in areas occupied by forests of babassu, based on a system that involves the reduction of deforestation and exploitation of forest resources available.

Key Words: Oil, sustainability, preservation.

INTRODUÇÃO

O babaçu é uma palmeira de tronco simples que pode chegar a 20 metros de altura, sua área de ocorrência estende-se por 14 milhões de hectares envolvendo estados das Regiões Nordeste, Norte, Centro-Oeste e Sudeste (ALMEIDA; MENEZZI e TEIXEIRA; 2002).

Essa é uma espécie arbórea que considerada como uma cultura socialmente importante, tendo em vista que a coleta e quebra dos cocos produzidos por esta *Palmacea* chega a empregar até 2 milhões de pessoas durante a safra que pode ir de setembro até o mês de março (VALLILO et al. 2004).

O coco babaçu se divide em quatro componentes principais. O Epicarpo é a camada mais externa do fruto e corresponde a 12% do seu peso, o mesocarpo compõe 23% do peso e é a parte intermediária do fruto, é fibrosa e rica em amido, endocarpo 58% é lenhoso e tem um grande potencial para produção de energia térmica, é onde encontram-se inseridas as sementes ou amêndoas, as amêndoas que corresponde a 7% do peso total do fruto são ricas em ácidos graxos, esta é a parte de maior importância econômica do fruto (LORENZI, 2004).

O babaçu é a matéria-prima florestal mais utilizada para extração de óleo voltado ao uso doméstico (LIMA, 2006). Serrano Filho et al. (2011) encontraram 59,12% de óleo na castanha do babaçu coletada no norte do Estado do Tocantins. O ácido láurico (C 12:0) apresenta-se em maior quantidade no óleo do babaçu cerca de 44% (MACHADO, CHAVES e ANTONIASSI 2006), segundo Lima et al. (2007) esse fator facilita a reação de transesterificação, pois os ácidos láuricos possuem cadeias carbônicas curtas que permitem uma interação mais efetiva com o agente transesterificante, obtendo-se ao final um biodiesel com excelentes características físico-químicas. Essas características fazem do óleo do babaçu uma matéria prima com grande potencial para utilização na indústria do biodiesel.

Embora seja possível obter ésteres alquílicos de ácidos graxos produzidos a partir de todo tipo de óleo vegetal, é necessário estudar as características de cada um desses óleos, tendo em vista que propriedades físico-químicas como: alta viscosidade, elevada acidez, ou elevado índice de iodo são transferidas para o biodiesel, podendo torná-lo inadequado para uso em substituição ao diesel petrolífero (RICHARD et al., 2013).

O REDD+ é uma estratégia que visa a redução das emissões de Gases Causadores do Efeito Estufa através da mitigação das emissões por desmatamento e degradação ambiental e consequente manutenção da floresta em pé. Para isso, incentivos financeiros são dados as comunidades/governos que preservam sua vegetação nativa através do cadastro destas áreas em projetos do tipo REDD+ que além da proteção ambiental visa entre outras vertentes também o manejo sustentável destas áreas (MMA, 2012)

O objetivo desse trabalho foi quantificar a porcentagem de óleo vegetal presente na amêndoa de babaçu e caracterizar do ponto de vista físico-químico o óleo e o biodiesel produzido a partir do

processo de transesterificação do óleo de babaçu. O foco deste trabalho é avaliar e propor o biodiesel como uma alternativa sustentável para utilização de matéria-prima proveniente de florestas nativas preservadas por projetos do tipo REDD+.

MATERIAL E MÉTODOS

As amêndoas de babaçu utilizadas foram coletadas em uma área de estudos situada no Distrito de Taquaruçu em Palmas – TO, correspondendo às coordenadas 10° 20' 50,66" de latitude Sul e 48° 07' 0,60" de longitude Oeste. A área de estudo possui uma regionalização climática segundo a classificação de Thornthwaite, clima C2wA'a', caracterizado pela ocorrência de duas estações bem definidas. Uma estação seca de maio a setembro e uma estação chuvosa de outubro a abril, a temperatura média encontra-se na faixa de 27 e 28°C e a precipitação média é de 1.600-1.700 mm/ano.

Foi delimitada uma área de pouco mais de 01 hectare e identificadas com placas de PVC todas as palmeiras de babaçu adultas, sendo encontrados um total de 34 indivíduos.

A produção destas palmeiras foi acompanhada durante os meses de agosto de 2011 a agosto de 2012, mensalmente foram realizadas campanhas de coleta na área e após as coletas procederam-se as análises, foi observada que 17 destas palmeiras frutificaram. Os frutos de cada palmeira foram identificados e levados para o Laboratório de Análises e Desenvolvimento em Biomassas e Biocombustíveis - LEDBIO.

Os frutos foram secos em estufa à 120 °C até alcançarem peso constante, para facilitar a retirada da amêndoa, conforme observado por Soler et al. (2007). As amêndoas foram trituradas em um moinho Marconi, modelo MA 630/1 até alcançarem a granulometria do Mesh 10.

Análise imediata da amêndoa do babaçu

Foram analisados em quatro repetições os teores de umidade segundo o método (ASTM E871) à 110°C, de materiais voláteis à 550°C (ASTM E872), de cinzas à 815°C (ASTM D1102) e de carbono fixo das amêndoas de babaçu.

Extrações por solvente

As castanhas trituradas foram colocadas em triplicata em um Extrator tipo Soxhlet acoplado a um balão de fundo redondo 250 mL, o solvente escolhido foi o hexano e o tempo de extração foi de 8h conforme metodologia de Serrano Filho et al. (2011). Antes de levar as amêndoas trituradas ao extrator, as mesmas foram pesadas e encartuchadas em um papel filtro, foi utilizado

aproximadamente 10g de amostra por cartucho. As vidrarias utilizadas no extrator de Soxhlet foram lavadas com água destilada, hexano e posteriormente secas em estufa à 40 °C por 30 min.

O tempo de funcionamento do extrator foi de 8 horas considerando que foi observada uma boa eficiência na extração do óleo do babaçu nestas condições (SERRANO FILHO *et. al*, 2011).

A mistura do hexano com a amostra extraída foi colocada em um Rotoevaporador Fisaton que foi ajustado em 90°C e 22rpm, para a recuperação do solvente. Em seguida, a massa do extrato concentrado foi pesada, determinando o rendimento de óleo do processo.

Caracterização físico-química do óleo extraído

Depois de extraído o óleo passou por algumas análises físico-químicas buscando avaliar sua viabilidade para a produção de biodiesel. Cada palmeira produtiva deu origem a um tratamento, desta forma foi possível avaliar as diferenças entre as características do óleo originado de indivíduos distintos, localizados em uma mesma área. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Índice de Acidez

O índice de acidez expressa a quantidade em miligramas de KOH necessário para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em 1 grama de amostra. O índice de acidez dos óleos foi feito em triplicata e o método adotado foi o CD 3 – 63 da AOCS.

Viscosidade Cinemática

A viscosidade cinemática do óleo extraído das amêndoas de cada indivíduo, foi determinada em 4 repetições, em um tubo capilar de 350 com o auxílio de um banho cinemático Elcar, modelo EL-BC/219 – S, com temperatura ajustada em 40 °C, em conformidade com o método da ASTM- D445.

Densidade

A densidade do óleo foi feita em triplicata com o auxílio de um densímetro digital modelo DMA 35-EX.

Caracterização por CG/EM do óleo de babaçu

A análise qualitativa foi realizada através da caracterização química por cromatografia em fase gasosa acoplada a um espectrômetro de massas por impacto de elétrons e analisador *ion trap* (GC-MS-*El-Iontrap*), equipamento Varian 2200, utilizando hélio como gás de arraste, com fluxo na coluna de 1 mL.min⁻¹, temperatura do injetor: 250°C, split 1:10; coluna capilar (30 m x 0,25 mm) com fase estacionária VF – 5 ms de 0,25 µm e programação de temperatura do forno de: isoterma a 50°C por 5 min, 50 a 190 °C a 3°C.min⁻¹, 190 a 215°C a 1°C.min⁻¹, 215 a 320 °C a 4°C.min⁻¹ e isoterma final de 320 °C por 3 min, totalizando 105,92 minutos de análise.

No espectrômetro de massas as temperaturas do *manifold*, *ion trap* e *transferline* foram de 40, 190 e 200 °C respectivamente. Foram analisadas as massa de 40 m/z (*Lowmass*) a 650 m/z (*High mass*) utilizando o modo de ionização por Impacto de elétrons automático (EI Auto).

Foram injetadas alíquotas de 1,0 µL (injetor automático CP – 8400) das amostras derivatizadas com MSTFA (*N-Methyl-N-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide*) segundo metodologia descrita por Leal (2010) para prevenir danos ao equipamento.

Os picos foram identificados com o auxílio da uma database de espectros de massa (Biblioteca NIST - *National Institute of Standards and Technology*), sendo realizada uma busca com os espectros de massas do Apêndice.

Produção e caracterização do biodiesel

A transesterificação do óleo de babaçu foi realizada em triplicata pela via metílica, a uma proporção de 20% da massa de óleo em metanol e 1% de massa de óleo em KOH. Inicialmente foi obtido o metóxido de potássio misturando o álcool metílico ao hidróxido de potássio. Em seguida o metóxido de potássio foi adicionado ao óleo e mantido sob agitação constante a uma temperatura de 60°C por 1h, ao final da reação, a mistura foi transferida para um funil de decantação.

Após o repouso, observaram-se duas fases bem distintas: uma contendo ésteres, menos densa e mais clara, e outra rica em glicerina, mais densa e mais escura. Após o repouso de 24 h, a glicerina foi retirada por diferença de massa e o biodiesel foi purificado pelo processo de lavagem.

O biodiesel obtido foi caracterizado pelas seguintes análises, todas realizadas em triplicata: rendimento de biodiesel obtido a partir da transesterificação, índice de ésteres do biodiesel; viscosidade cinemática (ASTM- D445) e densidade, obtida com o auxílio de um densímetro digital modelo DMA 35-EX.

Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do software Assistat – 7.6, posteriormente foi realizada análise de variância dos dados referentes aos teores de umidade, cinzas, voláteis, carbono fixo e porcentagem de óleo da amêndoa e índice de acidez, viscosidade e densidade do óleo extraído da amêndoa do babaçu, em seguida foi aplicado o teste de Scott Knott (< 0,01). Cada palmeira produtiva deu origem a um tratamento, sendo (n=17).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise imediata da amêndoa do babaçu

O quadro de análise de variância demonstra efeito significativo pelo teste Scott-Knott ($p < 0,01$). O efeito significativo entre as diferentes palmeiras/genótipos demonstram a existência de variabilidade genética entre os indivíduos presentes naquela mesma área analisada.

A Tabela 1 apresenta o quadro da análise de variância conjunta dos teores de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo da amêndoa de babaçu dos genótipos analisados.

Tabela 1 - Resumo da ANOVA conjunta dos teores de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo da amêndoa de babaçu.

FV	GL	QM				
		Umidade	Voláteis	Cinzas	Carbono Fixo	Porcentagem de óleo extraído
Palmeira	16	0,807**	10,081**	0,858**	0,101**	0,116**
Erro	34	0,045	1,417	0,151	0,005	0,003
Média (%)		3,228	94,518	1,728	0,525	65,963
CV (%)		6,62	0,22	3,86	14,64	0,77

**significativo a 1 % de probabilidade pelo teste de Scott knott.

A média de umidade encontrada nas amêndoas de babaçu foi de 3,2%, esse teor de umidade aproxima-se dos 4% encontrados por SOLER *et al.* (2007). As amêndoas do babaçu apresentaram uma baixa concentração de cinzas e carbono fixo, respectivamente 1,7% e 0,5%. Analisando a polpa do pequi desidratada Santos *et al.* (2010) obtiveram teor de cinzas de 1,3%, já Vale *et al.* (2011) encontraram na torta de pinhão manso um teor de cinzas de 7,8%, o alto teor de cinzas de uma amostra de origem vegetal pode está relacionado com a presença de minerais provenientes ou não da adubação química do solo com elementos como: cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro. Como a área onde foram coletadas as amêndoas do babaçu não recebeu nenhum tipo de cobertura mineral o baixo índice de cinzas explica-se em parte pela deficiência do solo nestes componentes.

Os materiais voláteis correspondem em média a 94,5% do peso total das amêndoas de babaçu analisadas, esse valor é bem superior ao encontrado por Vale *et al.* (2011) para a torta de pinhão manso que identificou 77,4%.

O coeficiente de variação das análises realizadas se mostrou baixo, o que indica confiabilidade nos resultados obtidos. A exceção é o coeficiente de variação do carbono fixo que pode ter sido mais

elevado (CV=14,64%) por ser um resultado obtido a partir da subtração de 100% do peso da amostra pela soma das demais variáveis, ou seja:

$$\text{Carbono fixo} = \text{peso da amostra} - (\text{umidade} + \text{material volátil} + \text{cinzas}).$$

A Tabela 2 apresenta os teores de umidade, material volátil, cinzas e carbono fixo presentes nas amêndoas de babaçu trituradas de cada tratamento/palmeira analisada.

Tabela 2 – Teores de umidade, material volátil, cinzas e carbono fixo presente nas amêndoas de babaçu

Palmeira	Umidade	Voláteis	Cinzas	Carbono Fixo	Porcentagem de óleo extraído
1	2.88c	94.57b	1.75b	0.79 a	67,502 a
2	3.34b	94.40c	1.66c	0.59b	66,342b
3	3.28b	94.67b	1.76b	0.29d	67,392 a
4	4.14 a	93.77d	1.54d	0.55b	66,502b
5	3.83 a	94.25c	1.51d	0.41c	66,558 a
6	2.67d	94.93b	1.78b	0.60b	63,332 c
7	2.29d	95.49 a	1.75b	0.46c	60,395 d
8	3.71 a	94.21c	1.59d	0.48c	68,048 a
9	3.36b	94.17c	1.88 a	0.58b	65,835 b
10	2.99c	94.59b	1.78b	0.63b	64,682 c
11	3.18b	94.86b	1.59d	0.37d	66,278 b
12	3.09c	94.80b	1.80 b	0.29d	67,429 a
13	2.53d	95.20 a	1.96 a	0.31d	65,182 b
14	2.69d	94.68b	1.98 a	0.64b	57,419 e
15	3.40b	94.01d	1.68c	0.91 a	69,066 a
16	4.04 a	93.99d	1.66c	0.31d	67,888 a
17	3.37b	94.18c	1.73b	0.71b	69,533 a
Média	3.23	94.52	1.72	0.52	65,964

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (< 0,01).

Os teores de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo apresentaram variação entre os diferentes genótipos/palmeiras analisados, o que pode indicar diferenças fenotípicas e genotípicas entre os indivíduos produtivos.

Os teores médios de óleo presente nas amêndoas de babaçu variaram de 57,4% a 69,5%, sendo que a média foi de 65,96%. Essa variação pode estar ligada a diferenças genotípicas entre as palmeiras

que originaram cada tratamento, já que as condições de clima mantinham-se basicamente inalteradas entre cada indivíduo, além disso, a diferença de idade e a disposição das palmeiras em uma mancha de solo mais ou menos fértil podem ter contribuído para as variações encontradas.

A média encontrada de 65% de óleo na amêndoa de babaçu mostra-se elevada, Serrano Filho et al. (2011) encontraram 59,12 % de óleo na amêndoa de babaçu coletada no norte do Estado do Tocantins. Segundo SOLER *et al.*, 2007 em condições favoráveis de clima e solo o teor de óleo pode ultrapassar 70%. Outro fator que contribuiu com a elevação do teor de óleo obtido foi a escolha da extração por solvente como tecnologia, já que esse método quando bem executado possibilita menores perdas de massa de óleo durante a extração, elevando a porcentagem de óleo extraída e a confiabilidade dos dados.

Caracterização físico-química do óleo extraído - Índice de acidez, Viscosidade Cinemática e Densidade do óleo de babaçu extraído

Os dados de acidez foram transformados em \sqrt{x} por não seguirem distribuição normal, depois se aplicou o teste de Scott-Knott. Os dados de viscosidade e densidade seguiram distribuição normal e não foram transformados em \sqrt{x} . A Tabela 03 apresenta o resumo da ANOVA conjunta dos dados analisados.

Tabela 3 - Resumo da ANOVA conjunta do índice de acidez, viscosidade cinemática e densidade do óleo de babaçu.

FV	GL	QM		
		Acidez	Viscosidade	Densidade
Genótipo	16	0.041**	15.343**	13.147**
Erro	34	0.000	0.277	0.039
Média		0,251	24.878	916.922
CV (%)		3.63	2.11	0,02

**significativo a 1 % de probabilidade pelo teste de Scott knott.

A Tabela 04 traz as médias encontradas em cada tratamento de babaçu analisado para os parâmetros de acidez, viscosidade e densidade.

Tabela 4 - Médias de acidez, viscosidade cinemática e densidade do óleo de babaçu extraído.

Genótipo	Acidez	Viscosidade	Densidade
1	0,227 g	24,284 d	918 d
2	0,158 i	24,761 d	917 e
3	0,157 i	23,027 e	916 f
4	0,306 d	23,852 d	915 h
5	0,208 h	24,467 d	918 d
6	0,524 a	29,416 a	919 b
7	0,429 b	27,124 b	916 f
8	0,116 l	23,847 d	915 h
9	0,143 j	26,626 b	921 a
10	0,288 e	25,188 c	919 c
11	0,297 d	25,260 c	919 c
12	0,264 f	22,427 e	914 i
13	0,290 e	26,200 b	918 d
14	0,260 f	25,817 c	915 g
15	0,124 l	26,202 b	917 e
16	0,373 c	23,172 e	917 e
17	0,104 m	21,264 f	913 j
Média	0,251	24,878	916,9

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($< 0,01$).

O índice de acidez do óleo de babaçu foi de 0,251 mg KOH/g, esse índice está dentro da faixa considerada aceitável para a produção de biodiesel (< 2 mg KOH/g óleo), a média encontrada neste experimento é inferior a identificada por Lima (2007) 0,505mg KOH/g e Nascimento et al. (2009) 0,53mg KOH/g, o baixo índice de acidez apresentado pode ser devido ao pequeno tempo de armazenagem entre a coleta e a análise do óleo, baixos índices de acidez são adequados para transformação do óleo em biodiesel, visto que um excesso de ácidos graxos livres pode levar a reações de saponificação quando se usa hidróxidos como catalisador.

A viscosidade cinemática do óleo de babaçu foi de 24,87 mm²/s, esse valor foi inferior a média encontrada por Silva et al. (2010) 34,84 mm²/s e superior ao encontrado por Castro et al. (2002) 14,11 mm²/s. As variações entre a viscosidade encontrada por diferentes autores reforça a importância de analisar esta característica.

A viscosidade aumenta com o comprimento das cadeias dos ácidos graxos dos triglicerídeos e diminui quando aumenta o número de insaturações, logo está intimamente ligada à composição

química do óleo, que por sua vez pode variar em razão do genótipo da planta mãe, das características edafoclimáticas da região e até mesmo do tipo de armazenagem do produto (LIMA et al., 2007).

A densidade média do óleo de babaçu foi de 916,9 kg/m³, das características analisadas essa foi a que menos teve alterações entre as diferentes plantas mães estudadas, esse fato comprova-se pelo CV encontrado na análise estatísticas de apenas 0,02%. A densidade média encontrada mostra-se próxima dos valores de referência encontrados na bibliografia, Machado, Chaves e Antoniassi (2006) encontraram uma densidade média no óleo de babaçu analisado de 914 Kg/m³ e Nascimento et. al (2009) obteve uma densidade relativa média de 923 Kg/m³.

Caracterização por CG/EM do óleo de babaçu

Foram realizadas duas análises de CG/EM em amostras de óleo de babaçu escolhidas aleatoriamente, as análises apresentaram muita similaridade e foram identificados praticamente os mesmos picos nas amostras, com variação em apenas algumas concentrações. Os compostos identificados são apresentados na Tabela 07.

A tabela abaixo apresenta os compostos identificados pelas análises de CG-EM.

Tabela 5 - Compostos químicos identificados.

TR(min)	Composto	Prob1	Prob2	PM	Fórmula	%Área1	%Área2
25,648	Ácido octanóico, ester trimetilsililo	58,03	37,08	216	C ₁₁ H ₂₄ O ₂ Si	0,98%	1,17%
34,176	Ácido decanóico, éster de trimetilsililo	57,45	71,15	244	C ₁₃ H ₂₈ O ₂ Si	2,70%	3,85%
41,644	Ácido dodecanóico, trimethylsilyl éster	77,71	77,71	272	C ₁₅ H ₃₂ O ₂ Si	14,12%	24,56%
43,446	Ácido Octanedioic, bis (trimetilsilil) Éster	67,99	59,70	318	C ₁₄ H ₃₀ O ₄ Si ₂	0,41%	0,52%
46,904	Ácido azelaico, o bis (trimetilsilil) éster	93,84	94,06	332	C ₁₅ H ₃₂ O ₄ Si ₂	1,61%	1,52%
48,652	Ácido tetradecanóico, trimethylsilyl ester	52,70	53,06	300	C ₁₇ H ₃₆ O ₂ Si	5,93%	9,89%
49,071	Ácido ftálico, isobutil nonyl ester	13,49	19,31	348	C ₂₁ H ₃₂ O ₄	0,37%	0,56%
51,246	Ácido pentadecanóico, 14-metil-éster metílico	52,57	58,06	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0,22%	0,35%
54,276	Ácido decanóico, 2,3-bis (trimetilsiloxi) propílico	61,89	63,38	390	C ₁₉ H ₄₂ O ₄ Si ₂	0,57%	0,57%
55,387	Ácido hexadecanóico, trimethylsilyl ester	50,11	50,92	328	C ₁₉ H ₄₀ O ₂ Si	12,66%	18,82%
62,633	Ácido 9,12-octadecadienóico (Z, Z) -, éster trimethylsilyl	76,35	80,50	352	C ₂₁ H ₄₀ O ₂ Si	5,54%	11,14%
62,982	Ácido oleico, éster trimetilsililo	26,87	26,51	354	C ₂₁ H ₄₂ O ₂ Si	14,89%	24,28%
64,520	Ácido oleico, éster trimetilsililo	-	39,57	356	C ₂₁ H ₄₄ O ₂ Si	0,00%	2,77%
88,487	Ácido octadecanóico, etenil ester	59,74	-	310	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	8,30%	0,00%
92,483	Ácido octadecanóico, etenil ester	55,18	-	310	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	24,02%	0,00%
95,955	Ácido decanóico, éster de 1,2,3- propanetriyl	-	-	554	C ₃₃ H ₆₂ O ₆	0,00%	0,00%
96,046	Ácido octadecanóico, etenil ester	86,90	-	310	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	7,69%	0,00%
98,921	Ácido decanóico, éster de 1,2,3- propanetriyl	-	-	554	C ₃₃ H ₆₂ O ₆	0,00%	0,00%

TR – Tempo de Retenção; PM – Peso Molecular; Prob – Probabilidade.

Foram identificados 15 compostos químicos. Os compostos identificados variam, desde Trimetil silil Ester do Ácido Octanóico com peso molecular 216, a 1,2,3-propanotriil Ester do Ácido Decanóico com peso molecular 554, sendo todos ésteres de ácidos graxos.

O agente derivatizante (MSTFA) promove a trimetilsilanização de compostos orgânicos, trocando hidrogênios ativos pelo grupo trimetilsilil (-Si(CH₃)₃), sendo assim alguns compostos

aparecem em sua forma derivatizada, como por exemplo o Trimetil fenoxisilano que é o composto derivatizado do fenol (figura abaixo).

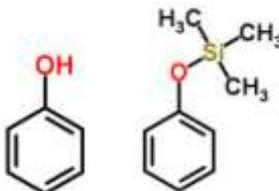


Figura 4: Fenol e Trimetilfenoxisilano

Os compostos mais significativos para o óleo de babaçu são apresentados na tabela abaixo, onde juntos correspondem a mais de 67% da composição do óleo.

Tabela 8 - Principais compostos identificados.

TR(min)	Composto	PM	Fórmula	
41,644	Ácido dodecanóico, trimethylsilyl éster (Ácido Láurico)	272	C ₁₅ H ₃₂ O ₂ Si	
55,387	Ácido hexadecanóico, trimethylsilyl Ester (Ácido Palmítico)	328	C ₁₉ H ₄₀ O ₂ Si	
62,982	Ácido oleico, éster trimetilsililo (Ácido Oleico)	354	C ₂₁ H ₄₂ O ₂ Si	
92,483	Ácido octadecanóico, etenil Ester (Ácido Esteárico)	310	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	

Produção e caracterização do biodiesel

Foram obtidas 3 amostras de biodiesel, cada amostra foi analisada em triplicata, a média da produção de biodiesel, índice de ésteres, viscosidade cinemática e densidade encontrada estão representados na Tabela 09.

Tabela 9 - Média do rendimento de biodiesel, índice de ésteres, viscosidade cinemática e densidade do biodiesel obtido do óleo de babaçu extraído por solvente.

Amostra	Rendimento de biodiesel % (massa óleo/massa biodiesel)	Índice de ésteres (%)	Viscosidade Cinemática (mm ² /s)	Densidade (kg/m ³)
01	89,02	87,51	4,03	875
02	87,48	87,7	3,87	880
03	86,06	88,54	3,97	881
Média	87,52	87,91	3,95	878,66

O rendimento do biodiesel foi obtido dividindo-se a massa do óleo de babaçu utilizado na transesterificação pela massa do biodiesel obtido ao final do processo. A porcentagem da conversão de óleo em biodiesel mostrou-se elevada alcançando uma média de 87,52% valor próximo do encontrado por Araújo, Carvalho e Souza (2009) que obtiveram conversão de 85,29% em condições de Temperatura de 60°C e tempo de reação de 90 minutos.

A viscosidade e a densidade identificadas nas amostras de biodiesel foram de 3,95 mm²/s e 878,66 kg/m³ estes valores assemelham-se bastante ao encontrado no trabalho de Lima et al. (2007) que identificaram respectivamente a viscosidade do biodiesel metílico de 4 mm²/s e densidade de 880 kg/m³.

Associação com mecanismo REDD

O estudo das características físico-químicas do óleo do babaçu e dos biocombustíveis que podem ser gerados a partir desta fonte mostra-se como um importante aliado na proteção das florestas nativas de babaçu, isto por que traz a tona o potencial produtivo deste recurso natural que pode ser empregado como matéria-prima de diferentes produtos.

Mais do que isso, evidencia que as características que esse óleo apresenta em seu estado natural permitem seu uso na produção de biodiesel, destacando esta cultura como uma alternativa à substituição da principal matéria-prima utilizada na produção do biodiesel nacional hoje que é justamente o óleo de soja.

O mecanismo REDD é um sistema que visa a redução compensada das emissões de Gases Causadores do Efeito Estufa (GEE) por desmatamento e degradação, através da promoção de investimentos em proteção ambiental, transferência de tecnologia, valoração da floresta em pé, etc.

Esse mecanismo busca estabelecer incentivos aos países em desenvolvimento para proteger e gerenciar da melhor forma possível os seus recursos florestais, através da criação e reconhecimento de um valor financeiro para o carbono armazenado nas áreas de vegetação nativa moldando-se como uma

estratégia de mitigação da mudança do clima que deve contar com o apoio técnico e financeiro dos países desenvolvidos (CORBERA e SCHROEDER, 2011).

A proposta deste trabalho é de mostrar a viabilidade da implantação do mecanismo REDD+ em áreas ocupadas por florestas de babaçu. Baseando-se em um sistema que envolve a redução do desmatamento destas palmeiras, a valoração econômica dos produtos obtidos a partir do beneficiamento do coco babaçu com a formação de uma cadeia produtiva estável e o desenvolvimento social das comunidades envolvidas nesta cadeia.

Estes pilares possibilitam desenvolvimento econômico e social e uma significativa proteção ambiental (mediante a redução das emissões de GEE por desmatamento das palmeiras de babaçu) e valoração dos recursos disponibilizados pela floresta em pé.

CONCLUSÃO

As médias de umidade, cinzas, carbono fixo e voláteis da amêndoa de babaçu coletada mostraram-se próximas dos valores de referência encontrados na bibliografia, os teores médios de óleo presentes nas amêndoas mostraram-se elevados, o uso de uma metodologia de extração que já havia sido testada pode ter contribuído para esse rendimento aumentando a eficiência do processo.

O índice de acidez do óleo de babaçu está dentro da faixa considerada aceitável para a produção de biodiesel e abaixo dos valores encontrados em outros trabalhos científicos, isso reforça a possibilidade de utilização dessa matéria-prima para produção desse biocombustível.

Ao final deste trabalho foi possível identificar várias características da amêndoa, óleo e biodiesel do babaçu, esse estudo reforça a importância de preservar as florestas nativas cobertas com essa espécie vegetal e indica como forma de manutenção e preservação destas áreas a implantação do mecanismo REDD+. Baseando-se em um sistema que envolva a redução do desflorestamento, a valoração econômica dos produtos obtidos a partir do beneficiamento do coco babaçu, a formação de uma cadeia produtiva estável e o desenvolvimento social das comunidades envolvidas nesta cadeia na obtenção e beneficiamento dessa riqueza natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. R.; MENEZZI, H. S. D.; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya sp.*) to produce cement-bonded particleboard. **BioresourceTechnology**, n.85, p.159–163, 2002.
- CASTRO, A. de A.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. M. C. Comportamento reológico do azeite de coco babaçu em diferentes temperaturas. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.6, n.1, p.457-463, 2002.
- LEAL, E. R. M. **Aplicação do processo de pirólise lenta ao lodo de esgoto adicionado de óxido de cálcio e ferrão para obtenção de bio-óleo combustível**. Dissertação (Mestrado em Agroenergia). Universidade Federal do Tocantins. 256p. 2010.
- LIMA, A. M. et. al. Utilização de Fibras (epicarpo) de Babaçu como Matéria-Prima Alternativa na Produção de Chapas de Madeira Aglomerada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.645-650, 2006.
- LIMA, J. R. O; SILVA, R. B.; SILVA, C. M. Biodiesel de babaçu (*Orbignya sp.*) obtido por via etanólica. **Química Nova**, n. 30, p.600-603, 2007.
- LORENZI, H. et al. (org.). **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. SP:Nova Odessa Instituto Plantarum, 2004.
- MACHADO, G. C.; CHAVES, J.B.P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **RevistaCeres**, v. 53, p. 463-470, 2006.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. REDD+ Brasil. Brasília: MMA, 2012.
Disponível em: <http://www.mma.gov.br/redd/index.php/o-que-e-redd>. Acesso em: 01 de outubro de 2012.
- RECH, C. L. de S.; XAVIER, E. G.; PINO, F. A. B. Del; ROLL, V. F. B.; RECH, J. L.; CARDOSO, H. B. P.; NASCIMENTO, P. V. N. **Análises Bromatológicas e Segurança Laboratorial**. Pelotas, RS: Editora UFPEL, 2006, 132p.

RICHARD, R.; DUBREUIL, B.; THIEBAUD-ROUX, S.; PART, L. On-line monitoring of the transesterification reaction carried out in microreactors using near infrared spectroscopy. **Fuel**, v.104, p. 318-325, 2013.

SANTOS, P. dos; PORTO, A. G.; SILVA, F. S. da; FURTADO, G. de F. Avaliação físico-química e sensorial do pequi (*Caryocar Brasiliensis* Camb.) submetido à desidratação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.2, p.115-123, 2010.

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. **In: I Seminário de Agroenergia da UFT.** Palmas. 2011.

SILVA, F. C. ; CAVALCANTE, K. S. B.; LOUZEIRO, H. C.; MOURA K. R. M.; MACIEL, A. P.; SOLEDADE, L. E. B.; SOUZA, A. G. Production of biodiesel from babassu oil using methanol-ethanol blends. **Eclética Química**, v.35, n.1, p.47-54, 2010.

SOLER, M. P.; MUTO, E. F.; VITALI, A. A. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). **Ciência Tecnologia e Alimento**, Campinas, n.27: p.717, 2007.

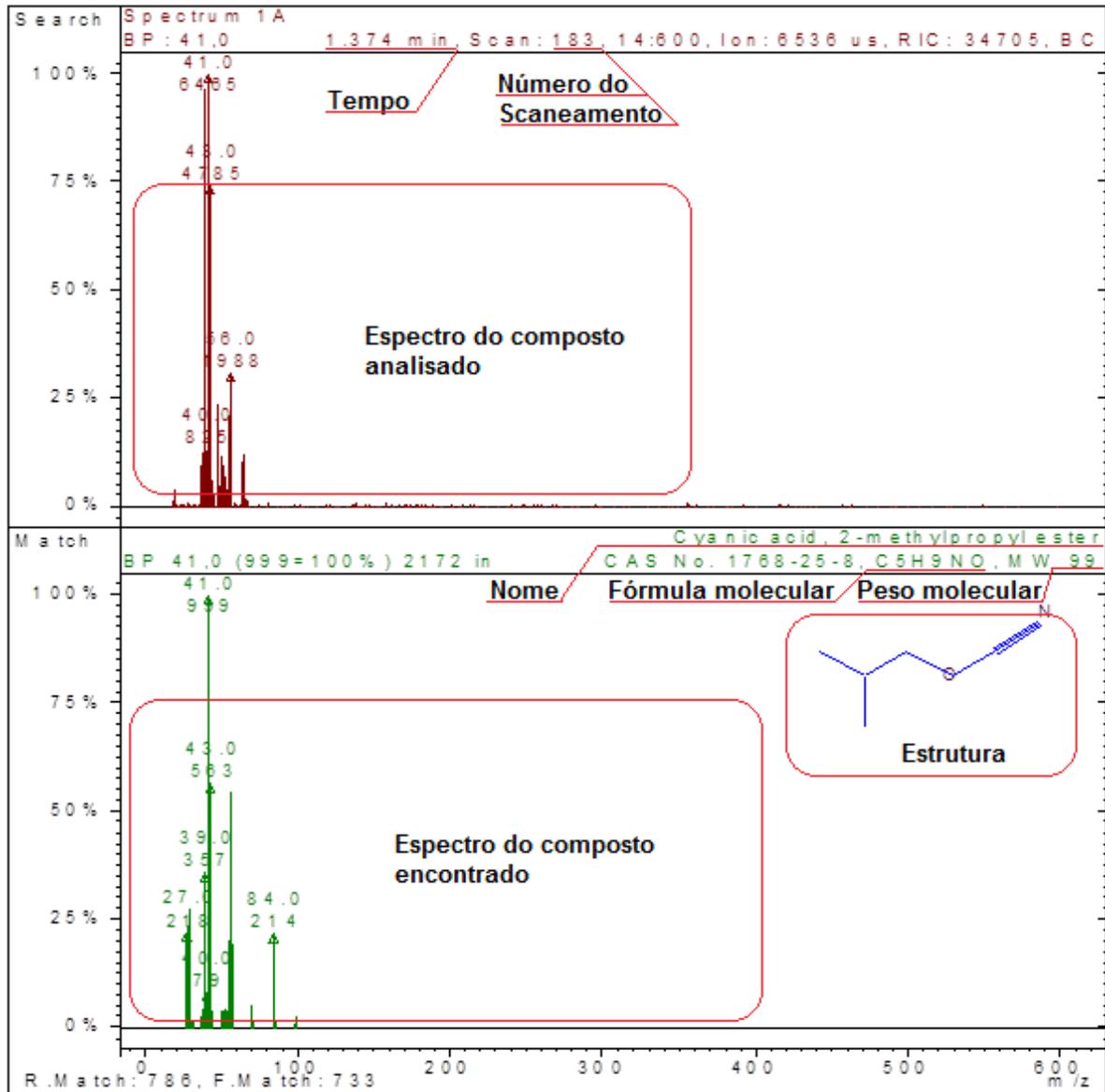
VALE, A. T. do; MENDES, R. M.; AMORIM, M. R. S.; DANTAS, V. F. de S. Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 267-273, abr./jun. 2011.

VALLILO, M. I.; CRESTANA, C. S. M. de; AUED-PIMENTEL, S.; TAVARES, M.; KUMAGAI, E. E.; GARBELOTTI, M. L. de. Composição química das sementes de *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude (Arecaceae). **Revista Árvore**, v. 28, n. 5. 2004.

ANEXOS

Espectros de massas dos picos cromatográficos da amostra do óleo no formato.

Exemplo:



Tempo de retenção: 1,374 min.

Nome: 2-metilpropil éster de ácido ciânico

Peso molecular: 99

Fórmula molecular: C₅H₉NO

