

Aproveitamento de Espécies Nativas e seus Coprodutos no Contexto de Biorrefinaria



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroenergia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 14

Aproveitamento de Espécies Nativas e seus Coprodutos no Contexto de Biorrefinaria

*Simone Palma Favaro
Cesar Heraclides Behling Miranda*

Embrapa Agroenergia
Brasília, DF
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroenergia

Parque Estação Biológica, PqEB s/n, Brasília, DF

Fone: (61) 3448-4246

Fax: (61) 3448-1589

www.cnpae.embrapa.br

sac@cnpae.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: José Manuel Cabral de Sousa Dias

Secretária-Executiva: Lorena Costa Garcia

Membros: Eduardo Fernandes Formighieri, João Ricardo Moreira de Almeida, Larissa Andreani, Leonardo Fonseca Valadares, Maria Iara Pereira Machado.

Supervisão editorial: José Manuel Cabral de Sousa Dias

Revisão de texto: José Manuel Cabral de Sousa Dias

Normalização bibliográfica: Maria Iara Pereira Machado

Editoração eletrônica: Maria Goreti Braga dos Santos e Vitor Dias (Estagiário)

1ª edição

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Agroenergia**

F 272 Favaro, Simone Palma

Aproveitamento de espécies nativas e seus coprodutos no contexto de biorrefinaria / Simone Palma Favaro e César Heraclides Behling Miranda. – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2013.

38 p. : il. Color. – (Documentos / Embrapa Agroenergia, ISSN 2177- 4439 ; 14).

1. Biorrefinaria – biomassa - disponibilidade e características. 2. Biomassa - conversão - combustíveis renováveis. I. Miranda, César Heraclides Behling. II. Título. III. Série.

662.88 – CDD 22

© Embrapa 2013

Autores

Simone Palma Favaro

Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência dos Alimentos, Embrapa Agroenergia, Laboratório de Processos Químicos, simone.favaro@embrapa.br

Cesar Heraclides Behling Miranda

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Biologia e Bioquímica do Solo, Embrapa Agroenergia, Laboratório de Processos Bioquímicos, cesar.miranda@embrapa.br

Apresentação

Biorrefinarias são instalações industriais que transformam biomassa em produtos comercializáveis - alimentos, rações animais, biofertilizantes, produtos químicos, biocombustíveis - e em energia - eletricidade e calor.

Diversas agroindústrias operam segundo a lógica de biorrefinarias, tendo-se como exemplo mais marcante, no Brasil, as usinas de açúcar e etanol. A partir da biomassa cana-de-açúcar, essas instalações entregam diversos tipos de açúcar, levedura, biofertilizantes, etanol anidro e hidratado, além de gerar calor e eletricidade para os processos internos. No caso da eletricidade, diversas usinas também a fornecem ao grid elétrico.

Quando se pensa na instalação de biorrefinarias, a primeira pergunta que se impõe é: qual (ou quais) o tipo de biomassa que se vai processar? A resposta condiciona os processos de que a biorrefinaria vai necessitar, bem como os produtos que serão obtidos.

Neste Documento são estudadas as possibilidades de utilização de cinco espécies nativas do Brasil – macaúba, babaçu, carnaúba, mandioca e aguapé -como fontes de biomassa para biorrefinarias. Cada uma dessas espécies pode dar origem a uma gama de produtos de

grande interesse para alimentação humana e animal e para uso como fertilizantes e insumos energéticos, como etanol, biogás, briquetes, etc.

O Brasil tem amplas possibilidades de instalar biorrefinarias a partir de espécies vegetais nativas. O país detém entre 50 e 55 mil espécies de plantas, constituindo-se no país que concentra a maior biodiversidade vegetal do mundo, estimada em 20 a 25% da existente em todo o globo.

É, portanto, natural, que a expansão na instalação de biorrefinarias venha a utilizar cada vez mais essas espécies. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de processos integrados para utilização das espécies nativas, de modo a aproveitar, com a máxima eficiência possível, os constituintes da biomassa e a energia que ela contém.

A instalação de biorrefinarias que utilizem espécies nativas dará impulso a economias no setor rural brasileiro, com a geração de empregos e de renda. E também contribuirá para a sustentabilidade por produzir alimentos, fertilizantes e biocombustíveis mais próximos aos locais em que eles serão utilizados.

Este Documento descortina alguns cenários para o aproveitamento das espécies de que trata e, certamente, nos leva a refletir sobre as possibilidades da utilização de muitas outras plantas nativas como fontes de biomassa para biorrefinarias.

Boa leitura !

José Manuel Cabral de Sousa Dias

Chefe-geral substituto

Embrapa Agroenergia

Sumário

Introdução.....	11
Desconstrução e Conversão da Biomassa	13
Fontes Nativas de Biomassas do Brasil.....	14
Fontes de lipídeos	15
Fonte de lipídeos – Macaúba	16
Fonte de lipídeos – Babaçu.....	18
Fonte de lipídeos – Carnaúba.....	22
Fonte de carboidratos – Mandioca.....	24
Fonte de carboidratos – Aguapé.....	26
Desafios para aproveitamento das biomassas nativas...	29
Referências	31

Aproveitamento de Espécies Nativas e seus Coprodutos no Contexto de Biorrefinaria

Simone Palma Favaro

Cesar Heraclides Behling Miranda

Introdução

Empiricamente, o desenvolvimento humano esteve calcado no uso das potencialidades locais, buscando maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis. Observando-se as comunidades tradicionais, incluindo-se populações indígenas, é comum encontrar uma mesma espécie vegetal sendo utilizada para diversos fins. Da macaúba, por exemplo, o caule é utilizado como colunas na construção de casas e as folhas servem para cobertura. Os frutos são consumidos como alimento e o óleo das amêndoas é empregado para embelezar os cabelos. Já o óleo da polpa tem função medicinal no tratamento de feridas, por sua ação anti-inflamatória e cicatrizante. A casca que recobre as amêndoas é queimada como carvão. Ainda, dos açúcares extraídos do caule se prepara uma bebida fermentada.

Essa lógica tradicional é a mesma empregada nas modernas biorrefinarias. Conceitualmente, este termo refere-se à unidade

produtiva que integra processos e tecnologias capazes de produzir biocombustível, alimentos, rações, biofertilizantes, produtos químicos de elevado valor agregado e energia (calor e eletricidade) a partir da biomassa. Esses produtos oriundos de processos de conversão da biomassa são denominados produtos de base biológica, também conhecidos como *basebio*.

Biomassa, de acordo com a Organização das Nações para Agricultura e Alimentação (FAO), é o “material de origem biológica excluindo-se aqueles incorporados em formações geológicas e transformados em fósseis” (FAO, 2004). Para o Ministério do Meio Ambiente o conceito de biomassa é mais restritivo quanto ao uso, pois trata de “todo recurso renovável que provem de matéria orgânica de origem vegetal ou animal tendo por objetivo principal a produção de energia”. Desta forma, biomassa inclui toda a matéria orgânica animal e vegetal renovável, englobando matérias-primas e resíduos.

O Brasil tem sido pioneiro neste sistema com o modelo de cadeia produtiva aplicado à cana de açúcar. Dessa biomassa são produzidos biocombustível (etanol) e alimento (açúcar) a partir da sacarose; energia elétrica pela combustão do bagaço; bem como fertilizantes, obtidos tanto do resíduo líquido da fermentação (vinhaça) quanto da torta de filtro. Mais recentemente foram desenvolvidas tecnologias para a transformação de açúcares em plásticos biodegradáveis, e produção de etanol a partir dos resíduos lignocelulósicos (bagaço, ponteiros e folhas); produção de diesel sintético após fermentação de açúcares com microrganismos geneticamente modificados; e o CO₂ resultante da fermentação pode ser usado para o crescimento de microalgas ou aproveitado em bebidas carbonatadas.

Os biomas brasileiros são pródigos em diversidade biológica e dispõem de inúmeras fontes nativas de biomassa vegetal. O vasto território

brasileiro impõe dificuldades na geração e fornecimento de energia a toda a população. Nesse aspecto, uma biorrefinaria pode contribuir para a composição das matrizes energéticas de forma descentralizada e não sazonal, utilizando biomassa produzida localmente.

Além da energia, o desenvolvimento paralelo de processos e produtos é imperativo neste ideótipo produtivo. É possível obter-se produtos de alto valor agregado produzidos em pequeno volume ou produtos de baixo valor com volumes altos, como os combustíveis líquidos. Produtos de alto valor agregado são essenciais para se aumentar a lucratividade. Por outro lado, a conversão de biomassa em combustíveis renováveis que atendem grandes demandas, bem como energia elétrica, é componente essencial para uma matriz energética equilibrada, contribuindo, também, para a redução dos gases de efeito estufa. Para que empreendimentos em biorrefinaria sejam bem sucedidos, devem-se considerar aspectos de logística envolvendo a disponibilidade e características da biomassa, mercado consumidor e sustentabilidade.

Desconstrução e Conversão da Biomassa

Quando se pensa em biorrefinaria a primeira pergunta que se faz é: quais são os componentes principais da biomassa? A segunda: quais e como eles podem ser convertidos em produtos? Para responder à primeira questão faz-se necessário caracterizar o material orgânico que se tem como fonte, determinando-se a macro e micro composição. A partir desse conhecimento podem-se estabelecer rotas de aproveitamento das moléculas encontradas, por meio de diversas plataformas, como demonstrado na Figura 1.

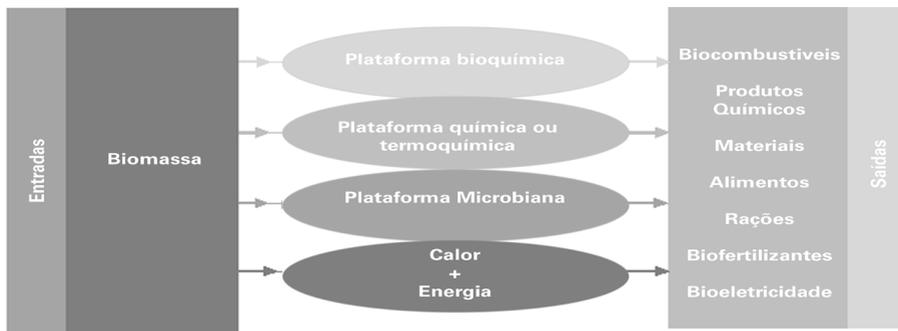


Figura 1. Plataformas componentes do conceito de biorrefinaria (adaptado de KING, 2010, Embrapa Agroenergia, 2011).

Fontes Nativas de Biomassas do Brasil

A biodiversidade vegetal brasileira oferece uma enorme gama de espécies com potencial para aproveitamento no contexto de biorrefinarias. No entanto, questões de logística e desenvolvimento de tecnologias para alcançar a maximização do respectivo aproveitamento restringem sobremaneira, no momento, as espécies que apresentam de fato este perfil. Para muitas espécies já há alguma estruturação ou estão sendo empenhados esforços para o desenvolvimento pleno da cadeia produtiva básica. O passo seguinte é estabelecerem-se plataformas com processos e possíveis produtos. À luz do conhecimento atual, neste documento serão consideradas algumas espécies nativas do Brasil que fornecem, principalmente lipídeos e carboidratos.

Fontes de lipídeos

A crescente demanda por óleos e gorduras para fins comestíveis, biocombustíveis e oleoquímica (THOENES, 2011) requer matérias-primas com elevada produtividade dessas macromoléculas. Oleaginosas de ciclo anual, tradicionalmente cultivadas, não atendem a esse requisito. As palmáceas são as fontes vegetais com maior densidade energética e, portanto, reconhecidas como as plantas que irão ganhar cada vez mais espaço no cenário de produção de lipídeos. A maior produção mundial de óleos provem da palma de óleo (*Elaeis guineensis*), seguida pela soja (Figura 2).

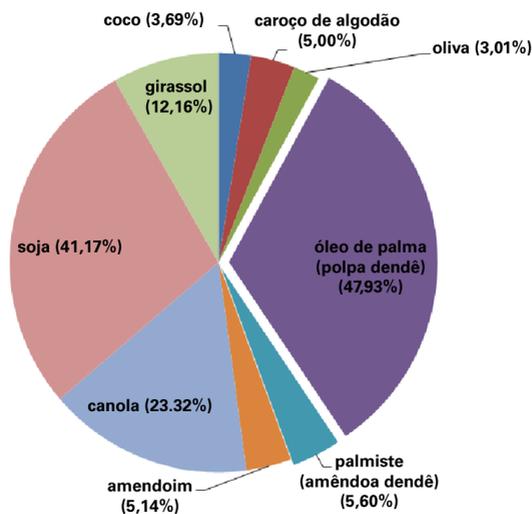


Figura 2. Produção mundial relativa de óleos vegetais (ESTADOS UNIDOS, 2012).

No Brasil existem diversas palmeiras nativas que já são tradicionalmente exploradas, de forma extrativista. Para todas elas, no entanto, há necessidade de se estabelecer sistemas agrícolas de produção que maximizem seu potencial, visando-se produtividade, homogeneidade e qualidade dos produtos oferecidos.

Fonte de lipídeos – Macaúba

A macaúba (*Acrocomia aculeata*), palmeira de ampla distribuição nos biomas brasileiros Cerrado e Pantanal, é uma espécie com grande potencial de exploração econômica imediata. Apresenta elevada produtividade de óleo e coprodutos a partir do quarto ano de crescimento, com vida útil de exploração superior a 25 anos. O rendimento de óleo estimado para cultivos comerciais supera em 10 vezes o produzido pela soja, que é a fonte majoritária atualmente para a produção de biodiesel no Brasil. Os óleos produzidos pela macaúba provêm da amêndoa, com alto grau de saturação, e da polpa do fruto, com maior número de insaturações. As características do óleo de polpa de macaúba, que representa cerca de 70% do total produzido pelos frutos, atendem aos requisitos para a produção de biodiesel. Enquadra-se na categoria dos High Oleic, facilitando o processo de síntese, conferindo alta qualidade ao biocombustível. Outro aspecto para a viabilidade da cadeia produtiva desta oleaginosa é a possibilidade de aproveitamento integral dos coprodutos. O fruto é constituído de casca, polpa (mesocarpo), caroço (endocarpo) e amêndoa. A maior parte do fruto corresponde à polpa (Figura 3).



Figura 3. Fruto da macaúba (*Acrocomia aculeata*), (A) fruto inteiro, (B) fruto aberto, (C) Proporções relativas entre as partes.

Estimativas feitas com frutos de macaúba de ocorrência no Estado de Mato Grosso do Sul, indicam uma produção de biomassa por hectare

de 25000 kg de frutos, o que resultaria na coprodução de 5000 kg de casca, 700 kg de torta de amêndoa (contendo cerca de 50% de proteína), 10000 kg de torta de polpa e 7000 kg de endocarpo, em base úmida (CICONINI et al., 2013).

O endocarpo da macaúba pode ser utilizado para produção de carvão vegetal, briquetes ou péletes, uma vez que apresenta elevado poder calorífico (VILAS BOAS et al., 2010), devido ao alto teor em lignina (CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1983). Atualmente, o endocarpo é usado na produção de carvões ativados, um mercado com demanda crescente por matérias-primas.

As tortas produzidas a partir do processamento da polpa podem ser incorporadas à nutrição animal e/ou utilizadas como adubo (COLLARES et al., 2009). O aproveitamento das tortas para consumo humano também deve ser considerado, pois são ricas em fibras e açúcares. Na realidade, a polpa seca e moída em forma de farinha, é comumente usada por comunidades indígenas e ribeirinhas do Pantanal e vem ganhando novos mercados na produção de alimentos industrializados. Além de alimento, a torta de polpa poderia ser usada para a produção de combustíveis gasosos e bio-óleo, por meio de processos termoquímicos, ou etanol de segunda geração (etanol celulósico). É possível, ainda, fazer a separação e fracionamento das fibras para nanocompósitos, dentre outras aplicações.

A fração proteica da amêndoa pode seguir a rota do farelo de soja, sendo purificada até isolados proteicos que são utilizados como ingredientes funcionais na formulação de muitos produtos alimentares. Essas proteínas podem ser hidrolisadas até aminoácidos para adição direta em alimentos e medicamentos, ou constituírem-se em moléculas base para síntese de outros compostos.

O óleo da polpa apresenta coloração alaranjada, conferida pela presença de carotenoides, cuja concentração é bastante variável

entre as plantas de macaúba. Ciconini et al. (2013) reporta valores entre 110 e 706 $\mu\text{g/g}$ de óleo, sendo o β -caroteno o mais abundante, aproximadamente 82%. Além deste, estão presentes γ -caroteno, β -criptoxantina e cis-licopeno (RAMOS et al., 2007). Os carotenoides têm atividade antioxidante e alguns são pró-vitamina A, ou seja, podem ser convertidos em vitamina A no organismo humano. O β -caroteno pode ser convertido integralmente nessa vitamina. A separação e purificação desses corantes naturais, em uma biorrefinaria de macaúba, forneceriam outros produtos de alto valor agregado. Os fosfolipídios que são removidos durante o processo de refino de óleo, na etapa de degomagem constituem-se, também, em produtos de alto valor, devido a seu caráter anfótero, essas moléculas atuam na formação de micelas em sistemas de emulsão, tornando estáveis misturas de substâncias polares e apolares. Tal característica encontra ampla aplicação na área de alimentos e medicamentos, bem como na obtenção de partículas para materiais nanoencapsulados.

As operações unitárias para a extração e refino dos óleos de macaúba, sobretudo o da polpa, estão sendo desenvolvidas. Portanto, o pleno conhecimento do potencial dos resíduos ainda está por ser definido, possivelmente elencando-se novas rotas de conversão num futuro próximo.

Fonte de lipídeos – Babaçu

No mercado de extrativismo vegetal não madeireiro a amêndoa de babaçu (*Orbignya phalerata*) ocupa o segundo lugar em produção. Em primeiro lugar está a palmeira açai. O conteúdo de óleo no fruto de babaçu é baixo, cerca de 5% (Figura 5). Entretanto, é muito valorizado por seu alto teor de ácidos graxos saturados, especialmente ácido láurico (50%), de amplo uso na indústria de saponáceos. Por essa razão o principal produto da exploração do babaçu está nessa fração lipídica.

No Brasil, aproximadamente 300 mil pessoas de forma direta e um milhão indiretamente, estão envolvidas na exploração do babaçu. Em 2010 a produção de amêndoas foi de 106.055 toneladas (CONAB, 2012), seguindo tendência de decréscimo nos últimos anos (Figura 4). Um dos fatores que tem levado a essas quedas sucessivas é a entrada no mercado brasileiro de um sucedâneo a preços competitivos, o óleo de palmiste (DESER, 2007).

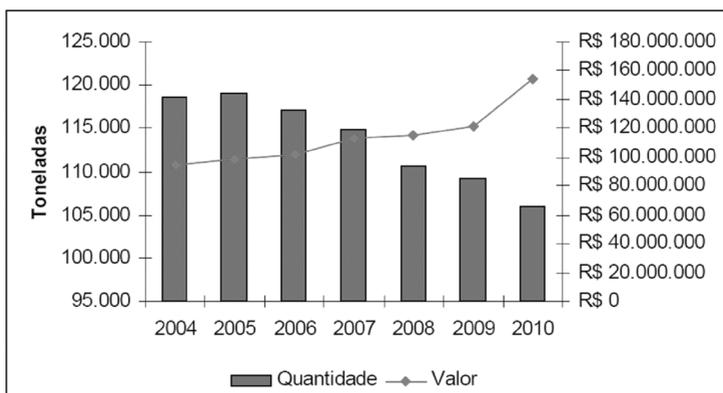


Figura 4. Produção brasileira de amêndoa de babaçu (CONAB, 2012).

Praticamente todo o babaçu é oriundo de extrativismo, não existindo sistemas de produção tecnificados, o que denota uma cadeia de produção vulnerável. De acordo com as diretrizes do Governo Brasileiro os principais gargalos na produção do babaçu são a desarticulação entre os agentes da cadeia, o modo de produção ineficiente, carência de assistência técnica e dificuldade em acessar os mercados consumidores sem atuação de intermediários (BRASIL, 2009). Uma das ações para superar este cenário é o uso integral do coco babaçu, o que se enquadra no conceito de biorrefinaria.

Sugestões para o aproveitamento de todas as partes do coco (Figura 5) foram relatadas há mais de duas décadas por Anderson et al. (1991). No entanto, pouco se avançou de forma concreta nesse processo de transformação.

O mesocarpo, comumente denominado de polpa, corresponde a 23% do fruto de babaçu e contém em torno de 68% de amido (NASCIMENTO, 2004). Regionalmente, o mesocarpo é utilizado para produção de farinhas e consumido, sobretudo, como substituto da farinha de mandioca. Há, inclusive, iniciativa comercial da ASSEMA, associação de assentados, na transformação do mesocarpo em farinha (DESER, 2007), que pode substituir até 60% do milho no concentrado usado em rações de bovinos (SILVA, 2008).

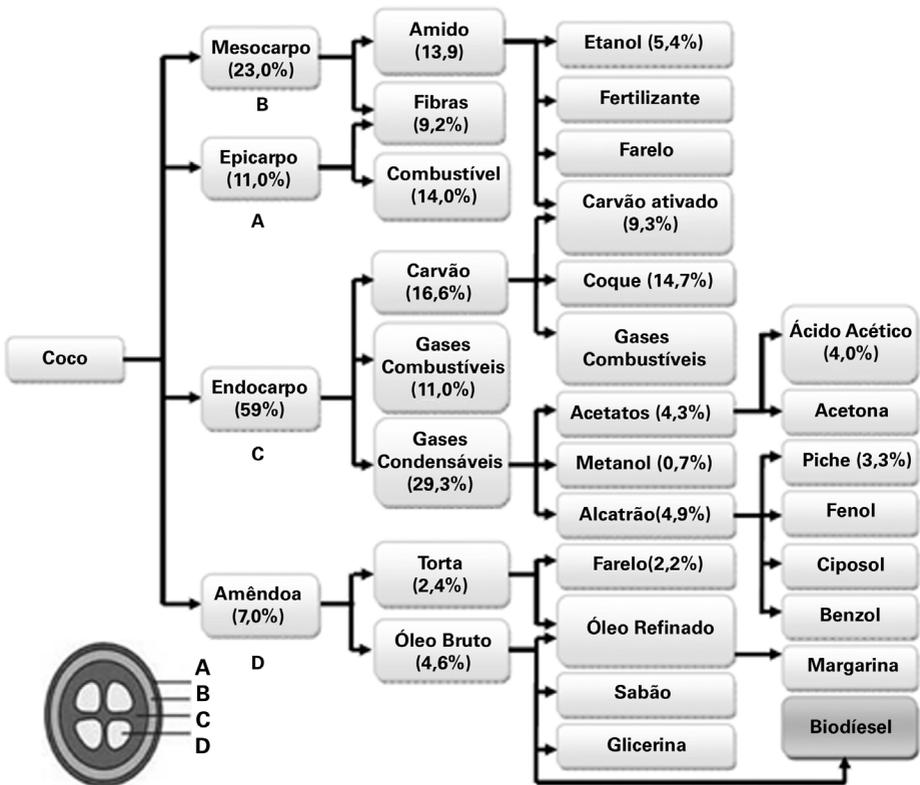


Figura 5. Usos de produtos e coprodutos do babaçu. (Adaptado por OLIVEIRA et al., 2009 a partir de ANDERSON et al., 1991)

Os resíduos do babaçu (epicarpo + mesocarpo + endocarpo) que chegam às beneficiadoras, se aproveitados para a cogeração de energia, poderiam gerar o equivalente a 104 MW por ano, o que corresponde a 2% da matriz energética nacional (TEIXEIRA, 2003). Incluindo as cascas que as quebradeiras de coco deixam no campo, a biomassa de babaçu chegaria a 2,9 milhões de toneladas por ano, podendo elevar a geração de energia elétrica para 260 MW. Carvão derivado do endocarpo, com poder calorífico acima de 7250 kcal/kg, tem alta qualidade para metalurgia (EMMERICH; LUENGO, 1995).

Uma glucana isolada do mesocarpo de babaçu está associada à ação anti-inflamatória (SILVA & PARENTE, 2001), confirmando-se a alegação popular de efeito anti-inflamatório e cicatrizante desse material. Observou-se, também, que a aplicação tópica de extrato aquoso de mesocarpo de babaçu favoreceu a cicatrização de feridas cutâneas em ratos (AMORIM et al., 2006). O uso como excipiente para cápsulas de uso oral foi proposto com êxito, baseando-se nas propriedades dos carboidratos ali presentes (BARROS, 2011).

O processamento mecanizado do babaçu gera o óleo da amêndoa, a torta (resíduo após a extração do óleo por prensagem), mesocarpo com diferentes granulometrias, endocarpo e briquetes de epicarpo (Figura 6)



Figura 6. Frutos de babaçu (a) e coprodutos do processamento mecânico: torta de amêndoa (b), mesocarpo (c) e briquetes de epicarpo (d).

Fonte de lipídeos – Carnaúba

A exploração da carnaúba (*Copernicia prunifera*) tem como principal produto o pó cerífero presente nas folhas que é transformado na cera para uso industrial. As folhas, após colhidas e separadas do pecíolo, são secas e sofrem um processo de retirada do pó de cera. O resíduo de folhas, quando o processo se dá mecanicamente denomina-se de bagana e caracteriza-se pelos elevados teores de materiais lignocelulósicos (Tabela 1). Usualmente a bagana é utilizada como adubo orgânico, devido à propriedade de retenção de água (CARVALHO, 2005). Mais recentemente, tem sido usada na produção de briquetes para suprir demandas energéticas das próprias indústrias de cera.

Tabela 1. Composição da bagana de carnaúba (base seca).

Componentes	Concentração (%)
Matéria seca	86,0
Cinzas	5,74
Proteína bruta	8,04
Hemicelulose	18,5
Celulose	39,9
Lignina	10,6
Extrato etéreo	2,09

Fonte: Gomes et al. (2010)

O processamento e os produtos e usos da carnaúba estão ilustrados na Figura 7.

**Figura 7.** Carnaúba (a) e produtos originados do processamento: pó cerífero (b), bateção mecânica das folhas (c), bagana (d), briquetes de bagana (e) e tipos comerciais de cera (f).

Quando o pó de cera é retirado por extração manual, a palha residual é obtida inteira e pode ser empregada na confecção de artesanatos e para cobertura de casas. A extração mecânica produz a folha picada com cerca de 10 cm de comprimento, apropriada para uso agrícola como cobertura do solo.

Apesar da atividade exploratória da carnaúba oferecer benefícios à população nordestina, em função de empregos gerados, o setor carece de tecnologias para melhorar o rendimento e superar os problemas nas relações sociais de produção, que levam à concentração de renda penalizando os trabalhadores do campo (ALVES; COELHO, 2006). Nesse sentido, o uso do pecíolo juntamente com a bagana ou palha como biomassa para a cogeração de energia e intermediários de síntese, poderá ser uma saída para mudar o cenário de disparidades sociais na exploração da carnaúba.

Uma rota possível de aproveitamento da biomassa das folhas após a extração da cera, considerando sua composição, seria a hidrólise da celulose e a fermentação das hexoses liberadas a etanol. As frações hemicelulose e lignina poderiam ser substratos para cogeração de energia.

Fonte de carboidratos – Mandioca

A principal fonte de carboidrato nativa do território brasileiro é a mandioca (*Manihot esculenta*). O país é o segundo maior produtor mundial de mandioca. Na safra de 2011 produziu 27 milhões de toneladas, numa área cultivada de 1,8 milhões de hectares (GROXKO, 2012). Industrialmente, os principais produtos da mandioca são a farinha e a fécula (amido). Durante o processamento são gerados resíduos sólidos e líquidos de alto impacto ambiental se lançados, sem tratamento no meio ambiente (Figura 8).

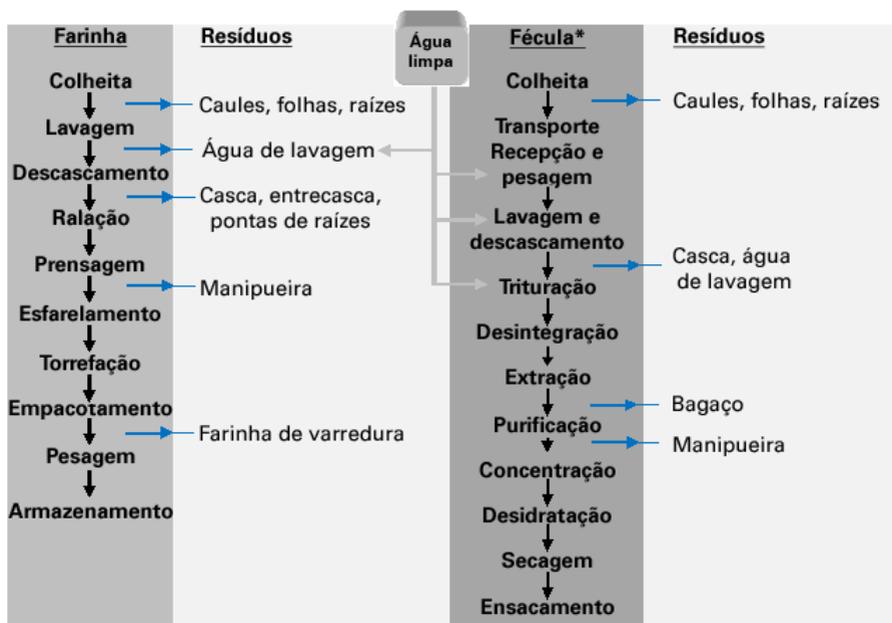


Figura 8. Fluxograma de produção de farinha, fécula e resíduos de mandioca (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA, 2012).

No processo de produção de farinha os principais resíduos sólidos são casca, oriunda da etapa de pré-limpeza da raiz, composta pela ponta da raiz, casca e entrecasca; e a farinha de varredura, constituída pela porção da farinha inutilizada para consumo humano, composta por fibra e resíduos resultantes da limpeza da indústria. O efluente líquido resultante da prensagem é denominado manipueira, constituindo-se de água, amido, fibras, minerais e compostos cianogênicos. A manipueira chega a corresponder a 30% do material processado (WOSIACKI; CEREDA, 2002). O volume de manipueira na produção de fécula é mais alto, alcançando 60% da massa inicial em função da água agregada ao longo do processamento.

Várias proposições para conversão desses resíduos estão disponíveis na literatura e em bases de patentes. Alguns exemplos são: produção

de biomassa oleaginosa, a partir da manipueira usando o microrganismo *Trichosporon sp*, proposta por Wosiacki e Cereda (2002); preparação de compósito para a produção de bandejas descartáveis usando bagaço de mandioca (MATSUI et al., 2003); obtenção de linamarina, composto derivado do ácido cianídrico presente na manipueira, a qual convertida em acetona cianidrina pode ser utilizada no tratamento de células tumorais (CEREDA; RAMALHO, 2009); utilização de bagaço de mandioca como substituto dos tradicionais aglomerados de pó de serragem com resinas sintéticas, para obtenção de painéis de fibras de densidade média (NAGODE, 1995); preparação de larvicida contra o mosquito *Aedes aegypti* a partir da manipueira (LE MOS et al., 2005).

O potencial de geração de energia elétrica dos resíduos de mandioca no Pará, onde perfazem 2,6 milhões de toneladas, foi avaliado em 11 TWh/ano ou 873×10^3 tep/ano¹, considerando o poder calorífico da rama seca como 15,76 MJ/kg e o de outros resíduos como 12,55 MJ/kg. Essa energia pode ser gerada nas próprias unidades beneficiadoras de mandioca, contribuindo principalmente para a melhoria da qualidade de vida dos agricultores familiares, devido à utilização de equipamentos elétricos de pequeno e médio portes para auxiliar no processamento.

Fonte de carboidratos – Aguapé

O aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), espécie macrófita aquática nativa da região amazônica, atualmente encontrada dispersa em todos os continentes, é uma espécie dentre as muitas que crescem em baías, canais e nas margens de rios onde houve acúmulo de nutrientes. Apresenta crescimento rápido e alta taxa de reprodução, podendo acelerar a eutrofização dos corpos de água e até bloquear a navegação. Por outro lado, esta espécie tem sido utilizada para fins como alimento para peixes e outros animais, compostagem e adubação

¹ tep - tonelada equivalente de petróleo

para agricultura, produção de papel, tratamento de águas usadas e geração de energia térmica (BERGIER et al., 2012).

O aguapé pode ser explorado como fonte de biomassa para biorrefinarias, com enfoque prioritariamente energético (Figura 9). Pode ser de forma direta, por meio de biodigestão anaeróbia, para produção de biogás (ABREU, 2005), com aproveitamento dos resíduos como fertilizantes. Ou de forma indireta, por meio da conversão termoquímica. Nesse caso, produz-se bio-óleo, com rendimento entre 30 a 50% do peso da massa seca total, com posterior conversão em gás de síntese (syngas). Os resíduos do processo - finos de carvão, ou biochar, aproximadamente 25% do peso da massa total, podem ser usados como condicionantes do solo ou na produção de briquetes.

Outra possibilidade de uso do aguapé seria para produção de etanol celulósico. Em amostras de aguapé coletadas na região de Corumbá, MS, por exemplo, mediu-se potencial calórico médio na massa seca da planta inteira de *Eichornia crassipes* e *E. azurea*, as duas principais espécies de aguapé. Os valores encontrados foram 14,06 e 13,98 MJ/kg, respectivamente. Considerando-se os teores de açúcares componentes da parede celular dessas espécies e seus conteúdos em amido (Figura 10), estimou-se um potencial de produção de etanol celulósico equivalente a 104 e 130 litros por ton de massa seca, respectivamente (Miranda, C.H.B, dados não publicados).

O aguapé possui alto conteúdo de água, o que dificulta sua colheita e processamento. Entretanto, a grande produção de massa seca é vantajosa. Para a região do Pantanal brasileiro, Ramires (1993) estimou que a produção de biomassa de macrófitas aquáticas em toda a região, grande parte como aguapé, é da ordem de 240 milhões de toneladas de massa seca por ano. Destas, cerca de 1,7 milhões de toneladas são exportadas da região via rio Paraguai. A partir destes dados, Buller (2012) estimou que a colheita de 1% da biomassa exportada, o que representa 5269 toneladas de biomassa por ano,

causaria impacto ambiental muito baixo ao sistema. Usando-se 50% dessa biomassa, unidades de pirólise rápida com capacidade de processamento de duas toneladas de massa seca por dia, gerando bio-óleo, syngas e biochar, poderiam ser mantidas por sete meses do ano, produzindo-se energia capaz de suprir boa parte da demanda local.

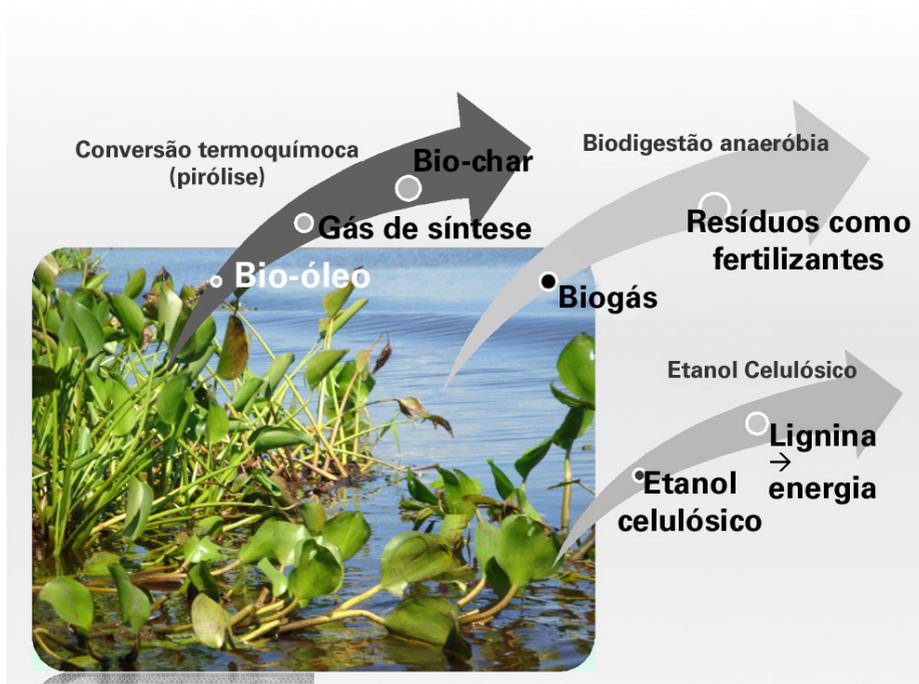


Figura 9. Potencial de uso do aguapé no conceito de biorrefinaria.

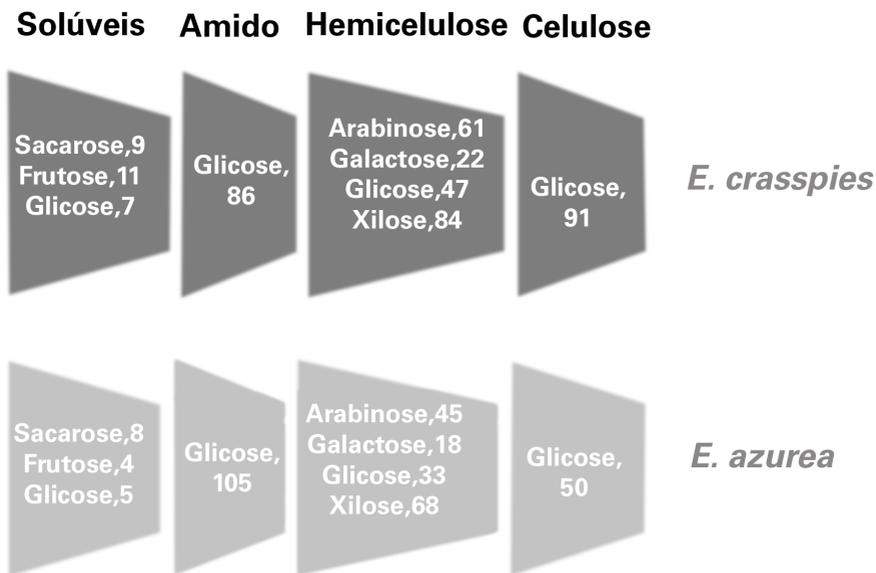


Figura 10. Conteúdos de carboidratos (tipo e concentração, em mg/g) nas principais frações das espécies de aguapé *Eichornia crassipes* e *E. azurea*.

Desafios para aproveitamento das biomassas nativas

A implantação de biorrefinarias para aproveitamento de espécies nativas do Brasil, apesar dos benefícios claros em todos os âmbitos da sustentabilidade, ainda apresenta desafios. Dentre esses, podem ser citados:

- As fontes de biomassa de ocorrência natural encontram-se dispersas, o que dificulta e encarece o transporte até os locais de processamento;
- O sistema de obtenção das matérias-primas baseado no extrativismo implica em falta de uniformidade e de garantia de fornecimento da biomassa em escala industrial;

- Os dados de disponibilidade e localização das fontes de biomassa nativa são escassos;
- Algumas fontes potenciais de biomassa carecem de desenvolvimento de sistemas racionais de produção;
- As fontes nativas de biomassa nativa precisam ser identificadas e caracterizadas mais amplamente, visando-se novos produtos de alto valor agregado;
- As tecnologias para desconstrução e conversão da biomassa ainda são incipientes ou não estão otimizadas;
- Não existem políticas públicas fomentadoras de investimentos privados necessários para alavancar o setor.

Por outro lado, os investimentos em ciência, tecnologia e inovação tem resultado em soluções criativas que podem ser escalonadas, criando oportunidades de novos negócios. Mantendo-se a continuidade desses esforços, certamente serão desenvolvidos processos para melhor aproveitamento dos recursos naturais, o que possibilitara geração de renda e emprego.

Referências

ABREU, F. L. B. **Produção de biogás através da mistura de plantas aquáticas**. 2005. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

ALVES, M. O.; COELHO, J. D. Tecnologia e relações sociais de produção no extrativismo da carnaúba no nordeste brasileiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SOBER/BNB, 2006.

AMORIM, E.; MATIAS, J. E. F.; COELHO, J. C. U.; CAMPOS, A. C. L.; STAHLKE JUNIOR, H. J.; TIMI, J. R. F.; ROCHA, L. C. 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**, São Paulo, v. 21, suplemento 2, p. 67-76, 2006.

ANDERSON, A. B.; MAY, P. H.; BALICK, M. **The subsidy from nature: palm forests, peasantry and development on an Amazon frontier**. New York: Columbia University Press, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. **Processo de obtenção do amido**. Disponível em: <http://www.abam.com.br/includes/index.php?link_include=menu2/proc_ob_amido.php&menu=2&item=2>. Acesso em: 25 ago. 2012.

BARROS, I. C. **Avaliação biofarmacotécnica de potencial excipiente farmacêutico: pó de mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.)**. 2011. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

BERGIER, I.; SALIS, S. M.; MIRANDA, C. H. B.; ORTEGA, E.; LUENGO, C. A. Biofuel production from water hyacinth in the Pantanal wetland. **Ecohydrology and Hydrobiology**, Varsóvia, v. 12, n. 1, p. 77-84, 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, Ministério do Desenvolvimento Agrário Ministério do Meio Ambiente. **Proposta de promoção da cadeia de valor do coco babaçu**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <portal.mda.gov.br/o/3739032>. Acesso em: 25 ago. 2012 .

BULLER, L. S. **Modelagem sistêmica do ciclo de vida do aguapé no Pantanal e análise do uso desta biomassa para a produção de bio-óleo e bio-fertilizante**. 2012. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

CARVALHO, F. P. A. **Eco-eficiência na produção de pó e cera de carnaúba no município de Campo Maior (PI)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1983. v. 1.

CEREDA, M. P.; RAMALHO, R. T. **Acetona cianidrina para utilização farmacêutica no tratamento de câncer**. Int. CI A61K 31/045 BR n. P10901830-1 A2. 27 maio 2009.

CICONINI, G.; FAVARO, S. P.; ROSCOE, R.; MIRANDA, C. H. B.; TAPETI, C. F.; MIYAHIRA, M. A. M.; BEARARI, L.; GALVANI, F.; BORSATO, A. V.; COLNAGO, L. A.; NAKA, M. H. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 45, p. 208-214, 2013.

COLLARES, D. G.; FERREIRA, L.; CABRAL, J. M. **Macaúba desperta atenção pelo uso como biodiesel**. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/macauaba/index.htm>. Acesso em: 30 ago. 2011.

CONAB (Brasil). **Conjuntura mensal – amêndoa de babaçu. Período: 01 a 31/12/2011**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_01_02_17_52_56_babacudezembro2011.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2012.

Departamento de Estudos Sócio-Econômicos (DESER), Secretaria de Agricultura Familiar/ MDA (Convênio MDA 112/2006). **A cadeia produtiva do babaçu: estudo exploratório**. Curitiba: DESER, maio de 2007. Disponível em: <<http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/AGRENER2002/pdf/0037.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2012 .

EMBRAPA AGROENERGIA. **Biorrefinarias**, Brasília, Folder, 3p, 2011.

EMMERICH, F.G.; LUENGO, C.A. Babassu charcoal: a sulfurless renewable thermo-reducing feedstock for steelmaking. **Biomass and Bioenergy**, v. 10, n. 1, p. 41-44, 1996.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Oilseeds: world market and trades**. 2012. Disponível em: <<http://www.thefarmsite.com/reports/contents/ojul12.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

FAO. **Unified Bioenergy Terminology – UBET**. 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/007/j4504E/j4504e00.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

GOMES, J. A. F.; LEITE, E. R.; CAVALCANTE, A. C. R.; BOMFIM, M. A. D.; LOBO, R. N. B.; CÂNDIDO, M. J. D.; ROGÉRIO, M. C. P. Qualidade da carcaça de ovinos terminados em confinamento com

níveis de bagana de carnaúba na dieta. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 414-425, 2010.

GROXKO, M. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2011/12 – mandiocultura**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/mandiocultura_2011_12.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2012.

KING, D. **The future of industrial biorefineries**. Geneva: World Economic Forum, 2010. 39 p. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_FutureIndustrialBiorefineries_Report_2010.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2012.

LEMOS, T. L. G.; MACHADO, L. L.; MONTE, F. J. Q.; MATTOS, M. C. **Larvicida contra o mosquito *Aedes aegypti* utilizando a “mainipueira” obtida da espécie vegetal *Manihot esculenta***. Int. CI A01N 65/00 (2007.1). BR PI 0505112-6 A. 14 set 2005.

MATSUI, K. N.; LAROTONDA, F. D. S.; LUIZ, D. B.; PIRES, A. T. N.; LAURINDO, J. B. Utilização de resíduos de mandioca na produção de bandejas descartáveis. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 292, p. 727-736, 2003.

NAGODE, M. L. **Processo e produto para obtenção de painéis de fibras de densidade média**. Brasil patente BR n. PI9703214-0 A2, 24, abr, 1995 .

NASCIMENTO, U. S. **Carvão de babaçu como fonte térmica para sistema de refrigeração por absorção no estado do Maranhão**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

OLIVEIRA, H. R.; ANDRADE, T. C. G. R.; SILVA, J. O. V. O babaçu (*Orbignya ssp*) e seu potencial para a produção de biocombustíveis

no estado do Tocantins. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/biocom/2009/trabalhos/-20-5642.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2012. Trabalho apresentado no: 2º Simpósio Nacional de Biocombustíveis, 2002, Recife, PE.

RAMIRES, J. R. S. **Transporte de bancos de macrófitas flutuantes em função do nível hidrométrico no rio Paraguai, Pantanal-MS**. 1993. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Corumbá, MS.

RAMOS, M. I. L.; SIQUEIRA, E. M. A.; ISOMURA, C. C.; BARBOSA, A. M. J.; ARRUDA, S. F. Bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd) improved Vitamin A status in rats.. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 8, p. 3186-3190, 2007.

SILVA, B. P.; PARENTE, J. P. An anti-inflammatory and immunomodulatory polysaccharide from *Orbignya phalerata*. **Fitoterapia**, Amsterdam, v. 72, n. 8, p. 887-893, 2001.

SILVA, N. R. **Desempenho produtivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farinha amilácea de babaçu**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, TO.

TEIXEIRA, M. A. **Caracterização energética do babaçu e análise do potencial de cogeração**. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

THOENES, P. **Recent trends and medium-term prospects in the global vegetable market oil**. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Oilcrops/Documents/Kiev_handout.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2012. Trabalho apresentado no: 10º International Conference of Fat and Oil Industries. Kiev, Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) Outlook. 2011.

VILAS BOAS, M. A.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R., CARVALHO, A. M. M. L.; & MARTINS, M. A. Efeito da temperatura de carbonização e dos resíduos de macaúba na produção de carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 481-490, 2010.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P. Valorização de resíduos do processamento de mandioca. **Exact and Soil Sciences, Agrarian and Engineering**, Ponta Grossa, v. 8, n. 1, p. 27-43, 2002.



Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA