

MACAÚBA: PALMEIRA NATIVA COMO OPÇÃO BIOENERGÉTICA

Joaquim Adelino de Azevedo Filho

Eng. Agr., Dr., PqC do Polo Regional Leste Paulista/APTA

joaquimadelino@apta.sp.gov.br

Carlos Augusto Colombo

Eng. Agr., PhD, PqC do Instituto Agronômico IAC/APTA

Luiz Henrique Chorfi Berton

Biólogo, Doutorando do Instituto Agronômico IAC/APTA

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.) é uma palmeira arborescente perene, frutífera, nativa de florestas tropicais, tipicamente brasileira e com ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o sul do México até ao sul do Brasil, Paraguai e Argentina (Morcote-Rios & Bernal, 2001). O termo *Acrocomia* deriva do grego “*Akron*” (uma) e “*Kome*” (cabeleira) sugerindo que as folhas estão dispostas no formato de uma coroa (Novaes, 1952). São palmeiras monóicas que embora autocompatíveis, realizam fecundação cruzada revelando sistema reprodutivo misto (Scariot et al., 1995; Abreu et al., 2012).

Além de macaúba,, é conhecida no Brasil por bocaiúva, coco-baboso, coco-de-catarro, coco-de-espinho, macacauba, macaíba, macaibeira, macajuba, , macaúva, mucaia, mucajá e mucajaba (Fruits, 2005). Considerada a palmeira de maior dispersão no território brasileiro, as maiores concentrações estão localizadas em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo amplamente espalhada pelas áreas de Cerrado (Bondar, 1964; Silva, 1994; Henderson et al., 1995). No passado, ela ocorria em abundância também em São Paulo, mas as populações naturais foram sistematicamente substituídas pelo cultivo do café (Novaes, 1952) e, mais recentemente, pela cana-de-açúcar.

Existem relatos da utilização dessa palmeira pelo homem desde a pré-história (cerca de 9.000 anos a.C.), citado por Morcote-Rios & Bernal (2001). Ainda hoje, todo coco de

macaúba utilizado é oriundo do extrativismo de plantas ou populações naturais. Em São Paulo, o coco era comercializado por agricultores familiares, na década de 50, para a Indústria Paulista de Óleo em Mogi-Mirim para produção de óleo e seus sub-produtos (Novaes, 1952). Em Minas Gerais, três indústrias de processamento de coco de macaúba operavam próximo a Belo Horizonte e outras pelo interior do estado (Brasil, 1985) com a finalidade de produção de sabão. Atualmente, existem quatro indústrias operantes no Estado: Cocal do Brasil, Paradigma Óleos, UBCM-Montes Claros e UBCM-Luz (Motoike et al., 2012). Em Mato Grosso do Sul, comunidades locais utilizam as distintas partes de *Acrocomia aculeata* de nove maneiras distintas, com destaque para o uso medicinal e alimentício (Lorenzi,2006).



Figura 1. A: População natural de macaúba; B: Planta adulta; C: Cachos com produção de frutos e D: Corte transversal do fruto da macaúba (setas indicando alguns dos derivados de cada componente do fruto) Ex. Endocarpo, farinha e óleo do mesocarpo e endosperma.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006) a polpa fresca da macaúba apresenta 41,4% de umidade; 2,1% de proteínas; 40,7% de lipídeos; 1,8% de cinzas; 13,4% de fibra alimentar e 13,9% de carboidratos totais, oferecendo 404 kcal/100 gramas. Deste modo, tanto a polpa como a amêndoa, por serem ricas em lipídeos, tornam-se matérias-primas alternativas tanto para produção de biodiesel como para indústrias de alimentos, detergentes, sabões e cosméticos.

Foi na década de 80 que a pesquisa com a macaúba ganhou impulso, como a implementação do Pro-óleo, programa que previa a produção de óleos vegetais em larga escala para substituir o óleo diesel no Brasil. Nesse período, Hebert Martins, pesquisador da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, liderou o mais significativo estudo de produção e qualidade do coco macaúba no Estado de Minas Gerais. Na ocasião, foi identificado um potencial de produção de 90 mil toneladas de fruto em macaubais nativos em três regiões, sendo 20 mil em Belo Horizonte, 60 mil em Abaeté e 10 mil em Brasília de Minas. Levantamento realizado em macaubais nativos, em solos de média fertilidade, encontrou uma produção 70 a 80 kg de frutos/árvore/ano, o que permitiu estimar que em plantios racionais com 216 plantas/ha podia-se esperar uma produtividade entre 3175 e 4968 kg/ha/ano de óleo, considerando-se um rendimento de 21% na extração. Ressaltando que esta produtividade poderia aumentar muito por meio de manejo adequado, redução do espaçamento e programas de melhoramento da espécie (Brasil, 1985).

Após esse período de euforia, o interesse pela macaúba diminuiu e manteve-se dormente por mais de 20 anos, voltando à tona em 2004 com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). O PNPB objetiva, reduzir as disparidades socioeconômicas regionais do país por meio da inclusão social de agricultores familiares no fornecimento de matérias-primas para a produção de biodiesel. Para isso, criou-se o Selo Combustível Social, um mecanismo de políticas públicas operacionalizado pela Secretaria da Receita Federal (SRF) e pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA). O MDA concede o Selo Combustível Social aos usineiros que contratarem a matéria-prima de agricultores familiares. Certificada a procedência da matéria-prima, o Selo é apresentado à SRF. Se o usineiro adquirir dos agricultores familiares um volume mínimo estipulado pelo MDA, ele recebe desonerações totais ou parciais na tributação referente ao Programa de Integração Social (PIS) e à Contribuição Financeira Social (COFINS), minimizando os custos de produção do biodiesel.

Após assistir a uma reportagem do programa Globo Rural sobre exploração da macaúba pelo produtor rural Cinéias Campelo, no município de Jequitibá (MG), o primeiro autor vislumbrou que o plantio de macaúba poderia ser uma solução para que os produtores familiares da região pudessem participar da cadeia do biodiesel, uma vez que, havia plantas isoladas ou pequenos grupos por toda região. Mas para incentivar o plantio, era preciso conhecer mais a espécie, em particular as plantas da região, com relação ao seu potencial produtivo e sua estrutura genética.

Em seguida, o mesmo fez contato com o pesquisador Carlos Augusto Colombo, do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), e depois com os pesquisadores Marilene Leão Alves Bovi (in memoriam), Maria Imaculada Zucchi, Ricardo Marques Coelho e Estella Maris Nucci para que, em conjunto, fosse encaminhado um projeto de pesquisa para a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). O projeto foi escrito e intitulado **“Desenvolvimento de Bibliotecas Enriquecidas com Locos SSR e Caracterização da Estrutura Genética Populacional de Macaúba (*Acrocomia aculeata*)”**, sob a coordenação de Carlos Augusto Colombo. Deste projeto resultou uma tese de mestrado (Nucci, 2007), além da publicação dos artigos científicos Nucci et al. (2006) e Abreu et al. (2012) e vários resumos apresentados em congressos. Em 2009, mais uma tese de mestrado é defendida, onde se buscou associar diversidade observada em plantas de diferentes populações no Estado em relação a dados de física e química do solo. sob orientação de Ricardo Marques Coelho (Costa, 2009). Ainda em 2009 solicitamos à FAPESP bolsa de doutorado para Luiz Henrique Chorfi Berton para desenvolvimento do projeto **“Diversidade, estimativas de parâmetros genéticos e seleção de genótipos elite em macaúba (*Acrocomia aculeata*)”**, o qual foi aprovado e encontra-se em desenvolvimento. Em 2011 foi aprovado pela FAPESP o projeto **“Diversidade genética e seleção de matrizes com ensaios de progênies da palmeira macaúba para produção biodiesel”**, sob a coordenação de Carlos Augusto Colombo. Em 2012, o projeto **“Pré-melhoramento da macaúba (*Acrocomia aculeata*): avaliação de progênies de meios irmãos de plantas elite”**, sob a coordenação de Joaquim Adelino de Azevedo Filho, foi encaminhado ao CNPq.

Nos anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11 foram coletados dados de 274 plantas superiores de 25 populações nativas de macaúba nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Figura 2). Para a seleção de plantas elite foram utilizados dados de campo e de laboratório de dois anos de produção, sob condições naturais. No laboratório da Apta Regional Leste Paulista

realizou-se a biometria dos frutos e determinou-se a massa fresca e seca do epicarpo, mesocarpo, endocarpo e endosperma. No laboratório de Fitoquímica do Instituto Agronômico de Campinas foram analisados os teores de óleo do mesocarpo e endosperma, sob coordenação da pesquisadora Cássia Regina Limonta de Carvalho. A estabilidade dos caracteres nos dois anos de produção também foi computada como critério de seleção (Berton et al., 2012).

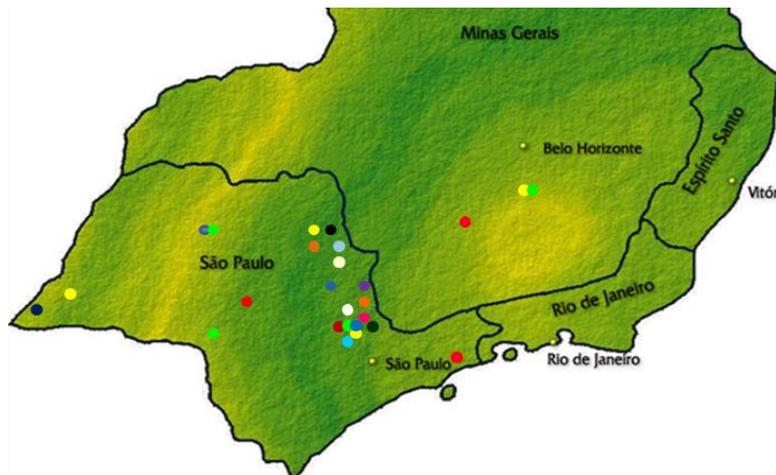


Figura 2. Populações de macaúba amostradas nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Foram encontrados genótipos com teores de óleo acima de 60% (base seca) tanto no mesocarpo quanto no endosperma. A média de produção de cachos de macaúba por planta/ano foi de 5,7. A altura das plantas amostradas variou de 3,27 a 12,56 m, com média de 7,46 metros (Tabela 1).

Tabela 1. Valores Mínimo, Médio, Máximo e Desvio Padrão dos caracteres massa seca do mesocarpo/fruto (MSMF), óleo mesocarpo^a (OM), massa seca do endosperma/fruto (MSEF), óleo do endosperma^a (OE), número de cachos planta (NCP) e altura da planta (AP), obtidos para os genótipos de macaúba selecionados nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Período: 2009/10, 2010/11.

	MSMF (g)	OM ^a %	MSEF (g)	OE ^a %	NCP ano ^b	AP (m)
Mínimo	6,65	4,12	0,61	45,33	0	3,27
Média	19,43	3,95	1,94	56,73	5,7	7,46
Máximo	33,15	63,00	6,35	61,48	17,0	1,56
Dpadrão	5,26	13,33	0,61	3,38	3,23	2,02

^a% óleo estimada em base seca

^b Número total de cachos em todos os estágios fenológicos

Foram selecionados 63 dos 274 genótipos analisados, considerando-se a produção de óleo/hectare/ano, contemplando pelo menos um indivíduo de cada população. Frutos dessas plantas selecionadas foram germinados em câmara controlada e, após germinação, transferidos para saquinhos para obtenção de mudas para plantio definitivo em três condições edafoclimáticas distintas, para estudos de progênies a fim de avançar no melhoramento genético da espécie.

Foram obtidas estimativas da produção de óleo por hectare/ano para as dez plantas mais produtivas, supondo-se um plantio racional com 400 plantas/ha, usando o dado médio de 5,7 cachos/planta/ano, 500 frutos/cacho, média de 56,73% de óleo no endocarpo em base seca e dados reais da matéria seca e do teor de óleo do mesocarpo. A produção média dos 274 genótipos foi de 6236 kg de óleo por hectare/ano, sendo que com a seleção a produção pode chegar a 10.959 kg de óleo/hectare/ano quase o dobro que a de produção média (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios obtidos de massa seca mesocarpo por fruto (MSMF), % óleo no mesocarpo ^a (OM), massa seca endocarpo por fruto (MSEF) e a estimativa de produção de óleo (PO) de um plantio comercial em plena produção, para as dez plantas mais produtivas selecionadas nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Período 2009/10, 2010/11.

Planta	MSMF (g)	OM ^a (%).	MSEF (g)	PO Kg/ha/ano
1	13,09	43,22	1,55	7452
2	12,09	41,08	2,05	6988
3	12,15	56,55	1,92	9074
4	22,34	28,53	2,73	9031
5	10,72	48,34	2,01	7207
6	13,81	48,70	3,12	9685
7	14,38	47,83	1,82	9018
8	16,97	32,37	3,18	8319
9	20,87	40,57	2,02	10959
10	7,9	48,06	1,62	5376

^a % óleo estimada em base seca

Um dos entraves para o plantio racional da macaúba era a obtenção da muda, uma vez que a espécie se propaga por sementes, a qual possui dormência, que em condições naturais apresenta germinação lenta e heterogênea não atingindo 3%, no primeiro ano. Na década de 80, dentro do programa Pro-óleo, a pesquisadora da Epamig, Maria Eugênia Lisei de Sá, desenvolveu um protocolo de germinação de embriões *in vitro* e constituiu a primeira área

de plantio organizado de macaúba em Uberaba-MG, em uma área de três hectares, instalando o primeiro banco de germoplasma. O uso da germinação *in vitro* elevou a germinação para até 70%, para alguns genótipos, mas o custo era alto e necessidade de um ambiente controlado para a aclimação da plântula, tornou o processo comercialmente inviável.

Motoike et al. (2007) desenvolveram um protocolo de quebra de dormência elevando o índice de germinação a 60%, sendo que o produto dessa técnica é a semente pré-germinada, que tem potencial de estabelecimento superior a 90% em viveiro. A técnica foi patenteada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) (registro de patente PI0703180-7), que assinou convênio de transferência de tecnologia e concedeu licença à Acrotech, a qual comercializa as mudas. Mais recentemente, o Professor Leonardo M. Ribeiro, da Universidade de Montes Claros desenvolveu outro protocolo de germinação de frutos de macaúba que, uma vez divulgado, foi adotado em nossos estudos (Ribeiro, 2010).

Em Minas Gerais, a utilização da macaúba como fonte produtora de energia renovável está sendo impulsionada pelo Governo, que regulamentou a Lei nº 19.485/2011 – Pró-Macaúba. A norma instituiu a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas. A regulamentação da referida lei aconteceu em função da demanda crescente por energias renováveis, atendendo as diretrizes de sustentabilidade ambiental, social e econômica definidas no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). A regulamentação da Lei Pró-Macaúba, ao identificar as instituições e competências para o desenvolvimento e aplicação da política definida localmente atende parte dessa demanda crescente, permitindo a criação de milhares de empregos e geração de renda, com o desenvolvimento da cadeia produtiva. Um projeto de plantio de macaúba está sendo implantado, pela Entaban Ecoenergéticas do Brasil empresa do grupo espanhol Entaban, considerado o maior produtor de biodiesel da Europa. A meta é implantar 60 mil hectares de macaúba em Minas Gerais e no norte do Rio de Janeiro, em cinco módulos de 12 mil hectares. Em cada módulo será implantada uma usina de extração de óleo, sendo que o primeiro módulo de plantio já está em andamento na Zona da Mata, no município de Lima Duarte.

A Petrobras Biocombustível avalia as potencialidades de diferentes oleaginosas e, em Minas Gerais, encontrou potencial na macaúba. A estatal, que mantém a usina de biodiesel Darcy Ribeiro, em Montes Claros, no norte do estado, explica que, na área industrial, uma das principais linhas de pesquisa é o desenvolvimento de tecnologia para a extração do óleo da

palmeira. Em parceria com a Embrapa e outras instituições públicas de pesquisa, o trabalho é feito em duas frentes: com o processamento integral do coco da macaúba e com o aproveitamento dos diversos componentes do coco, incluindo a possibilidade de extração separada do óleo da castanha, que têm qualidade superior.

Em São Paulo, a macaúba também está sendo vista como fonte promissora de energia. Um projeto de consolidação da cadeia do biodiesel de macaúba com a agricultura familiar será desenvolvido no Pontal do Paranapanema (SP) pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), em parceria com o Pólo Alta Sorocabana /APTA Regional, Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP) e associações de produtores. A proposta - uma iniciativa da Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz” (FEALQ) – tem o objetivo de promover a geração de renda, segurança alimentar e o uso/conservação da biodiversidade local (para, mais detalhes visite a página <http://www.apta.sp.gov.br/noticias.php?id=4100>).

A utilização do óleo de macaúba para a produção de biodiesel com a participação da agricultura familiar elevaria a demanda por esta planta e ajudaria a promover o desenvolvimento sócio-econômico de muitas regiões carentes no país, através de programas de geração de empregos e renda, contribuindo para erradicação da miséria, freando correntes migratórias internas por contribuir com a fixação das famílias a terra (Batista, 2006).

Referências

ABREU, A. G. ; PRIOLLI, R. H. G.; AZEVEDO-FILHO, J. A. ; NUCCI, S. M. ; ZUCCHI, M. I.; COELHO, R. M. ; COLOMBO, C. A. . The genetic structure and mating system of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Genetics and Molecular Biology** (Impresso), v. 35, p. 116-121, 2012.

BATISTA, A. C. F. **Biodiesel no Tanque** http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/artigos/oleo_vegetal.html, (17 julho 2006).

BERTON, L. H. C.; AZEVEDO FILHO, J. A. de; CARVALHO, C. R.; SIQUEIRA, W. J.; COLOMBO, C. A. SELEÇÃO DE MATRIZES DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) PARA

PRODUÇÃO DE BIODIESEL. **ANAIS.... VI WORKSHOP AGROENERGIA: MATERIAS PRIMAS.** 27 e 28 de Junho de 2012, Ribeirão Preto, SP.

BONDAR, G. **Palmeiras do Brasil.** São Paulo: Instituto de Botânica, São Paulo, n:2, p. 50-554, 1964.

BRASIL, Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais.** Brasília, STI/CIT, 1985. 364 p (documentos, 16).

COSTA, C. F. **Solos e outros fatores ambientais associados à diversidade fenotípica de macaúba no estado de São Paulo.** Dissertação. Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 54p.

FRUITS. **From America: an ethnobotanical inventory of Acrocomia aculeata.** http://www.ciat.cgiar.org/ipgri/fruits_from_americas/frutales/Acrocomiaaculeata.htm (8 setembro. 2005).

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Americas.** New Jersey: Princeton University, p.166-167., 1995.

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

LORENZI, H. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas.** Nova Odessa: Editora Plantarum, p.1-20, 1996.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992.

MORCOTE-RIOS, G. & BERNAL, R. Remains of palms (Palmae) at archaeological sites in the New World: a review. **The Botanical Review**, New York, v.67, n.3, p.309-350, 2001.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; OLIVEIRA, R. M. A.; CARVALHO, M. **Processo de germinação de e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero Acrocomia.** 2007 .

MOTOIKE, S. Y.; NACIF, A. P.; PAES, J. M. V. **Macaúba: história do nascimento de uma cultura**. <http://www.ciflorestas.com.br/conteudo>. 2012

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GOMES, J. B. V. Occurrence of macaúba in Minas Gerais, Brazil: relationship with climatic, pedological and vegetation attributes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.1023-1031, jul. 2002.

NOVAES, R. F. **Contribuição para o estudo do coco macaúba**. Piracicaba, 1952, 85f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1952.

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

NUCCI, S. M.; AZEVEDO-FILHO J. A.; COLOMBO C. A.; PRIOLLI R. H. G.; COELHO R. M.; MATA T. L.; ZUCCHI M. I. Development and characterization of microssatellites markers from the *Acrocomia aculeata*. **Molecular Ecology Notes**, Online Early Articles, Published article online: 15-Aug-2007, doi: 10.1111/j.1471-8286.2007.01932.x.

OLIVEIRA, F. A. M. A produção de óleos vegetais de macaúba e seus co-produtos na região metropolitana de Belo Horizonte. In: **3º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel**, Varginha, 2006. CD-Rom.

RIBEIRO, L. M. 2010. **Estudos estruturais e fisiológicos sobre a germinação da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart. (Arecaceae)]**, Tese de Doutorado em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil

SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences. **Biotropica**, Washington, v.27, n. 2, p. 168-173, 1995.

SILVA, J. C. **Macaúba: fonte de matéria-prima para os setores alimentício, energético e industrial**. Viçosa, 1994, 41f. Trabalho de conclusão da disciplina Cultivo de essências exóticas e nativas. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – UNICAMP, Versão 2 – 2º Edição, 2006, 113p.