

CANDIDA ELISA MANFIO

ANÁLISE GENÉTICA NO MELHORAMENTO DA MACAÚBA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M276a
2010
Manfio, Candida Elisa, 1982-
Análise genética no melhoramento da macaúba/ Candida
Elisa Manfio. – Viçosa, MG, 2010.
xii, 52f.: il. ; 29cm.

Orientador: Sérgio Yoshimitsu Motoike.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Macaúba - Melhoramento genético. 2. Diversidade
Genética. 3. *Acrocomia aculeata*. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.851

CANDIDA ELISA MANFIO

ANÁLISE GENÉTICA NO MELHORAMENTO DA MACAÚBA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 2 de agosto de 2010

Prof. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos
Co-orientador

Prof. Luiz Antônio dos Santos Dias
Co-orientador

Dr. Marcos Deon Vilela de Resende

Prof. Leonardo Lopes Bhering

Prof. Sérgio Yoshimitsu Motoike
Orientador

Dedico

À minha mãe Lidia Bellé Manfio

*"Há dentro de ti um sol que quer projetar raios o mais longe que puder.
Não ponhas à frente dele um pano preto de lamentações, revoltas e materialismo.
Deixa-o livre par expandir luz e calor.
Quanto mais creres que tens este sol e que ele te é vida abundante, mais eliminas a escuridão interior e abres o otimismo e a esperança. Passas a desfrutar de uma paz que jamais esperavas possuir e te aparece um mundo novo, mais claro, mais alegre, que te quer bem.
Acredite no teu sol, põe luz no que fazes e confia no futuro.
Deixa o teu sol interior brilhar, e serás o primeiro a ser iluminado."*

Lourival Lopes

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pelas oportunidades.

Aos meus pais, pela educação, pelos ensinamentos, pelo exemplo de amor, dignidade, solidariedade, esperança, honestidade, inestimável apoio e carinho superando a distância e a saudade. Pela incansável dedicação às filhas, meu especial e eterno agradecimento.

À minha irmã e ao meu cunhado, pela cumplicidade e dedicação familiar.

Ao meu sobrinho, pela alegria de viver, pela esperança do reencontro e por sempre acreditar em mim.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade da realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Capes pela concessão da bolsa de estudo.

À FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

Ao Professor Sérgio Yoshimitsu Motoike, pela orientação, pelos ensinamentos, pela oportunidade, pela amizade e pelo apoio totalmente necessários e indispensáveis para realização deste trabalho.

Ao Professor e amigo Carlos Eduardo Magalhães dos Santos, pelas sugestões, pelo profissionalismo, pelas experiências de vida e principalmente pela amizade.

Ao Professor Luiz Antônio dos Santos Dias e demais professores do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pelas importantes contribuições na minha formação.

Aos pesquisadores Leonardo Lopes Bhering e Marcos Deon Vilela de Resende, pela honrosa participação na banca de defesa e pelas sugestões valiosas, que contribuíram para o engrandecimento deste trabalho.

À Aurora Sato, juntamente com sua maravilhosa família, que me acolheram, pelo exemplo, pela amizade maternal, e pelas lições de vida e ensinamentos.

A Melissa, Marcio Dias, Magali, Camilla e todos os outros amigos e colegas do curso de Pós-Graduação pelo convívio harmonioso, pela paciência, pela colaboração, pela amizade e pelos momentos de descontração, e cujos laços se fortaleceram durante esse período.

Ao amigo Leonardo Pimentel pela amizade, dedicação e indispensável auxílio para a realização deste trabalho.

Aos funcionários Francisco e Itamar, pela dedicação e indispensável ajuda proporcionada para a realização deste trabalho.

Aos integrantes da família “Macaúba”: Mychelle, Elisa, Elma, Vanessinha, Thais, Mariane, Flavinho, Ciro, Carol, Paulo, Ana Carla, Cleniso, Manuela obrigado pelo companheirismo e auxílios prestados.

À Rosemary, a Edna e a Rita de Cássia, secretárias da Genética e Melhoramento, pelas orientações e amizade construída ao longo do curso.

À minha amiga-irmã, Andressa Vasconcelos Flores, que ao longo desta constante luta esteve perto demonstrando seu apoio fraterno e incondicional no convívio diário para a concretização desta vitória, obrigada por todo sempre.

A Maria Clara, Helena, Francisco e Guria, que juntamente com a Andressa foram a minha família Viçosense. Obrigada por todas as alegrias.

A Verinha por sempre organizar a minha bagunça. Ao Silvano pela convivência.

Às eternas-amigas, Carla Garcia Dutra, Vanessa Benetti da Luz, Fernanda Gaspar, Carmela Klein, Giseli Brondani Kich, e Jarlene Ruffo e respectivas famílias pelo apoio, pela amizade muito especial e por acreditarem em mim, vocês são prova que a distância só fortalece a amizade.

À Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da Cunha e Tia Luiza, pela sincera amizade.

À Pati, Dani, Mel, e Carol, e Elvirinha e família, obrigada pelo convívio e principalmente pela amizade.

À Lia pela amizade maternal, carinho, exemplo, e por ter me apresentado a arte de pesquisar.

Aos meus amigos distantes, que sempre estiveram presentes em todos os momentos e que de alguma forma colaboraram.

Aos meus familiares, que mesmo distantes me apoiaram, pelo carinho e incentivo para vencer na vida.

A todos que, por um lapso de memória, não tenham sido lembrados, mas que de uma forma ou outra, contribuíram para a conclusão deste trabalho, o meu respeito e gratidão.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

CANDIDA ELISA MANFIO, filha de Mario Piovesan Manfio e Lidia Bellé Manfio, nasceu na cidade de Rosário do Sul, Rio Grande do Sul, em 18 de setembro de 1982.

Em setembro de 2000, ingressou na Universidade Federal de Santa Maria, graduando-se em Agronomia, em julho de 2005.

Em agosto de 2005, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, tendo defendido a dissertação em 26 de setembro de 2006.

Em 02 de outubro de 2006, iniciou o Curso de Doutorado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, tendo defendido tese em 02 de agosto de 2010.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. ARTIGO I	6
DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE MACAÚBA BASEADA NAS CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DOS FRUTOS DE MATRIZES	6
RESUMO	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
3. ARTIGO II	25
DIVERGÊNCIA GENÉTICAS ENTRE SOBAMOSTRAS DE MACAUBA NA FASE JUVENIL	25
RESUMO	25
ABSTRACT	26
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
4. ARTIGO III	35
REPETIBILIDADE EM CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DO FRUTO DE MACAÚBA	35
RESUMO	35
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO	37
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
6. CONCLUSÕES GERAIS	51

RESUMO

MANFIO, Candida Elisa, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Agosto de 2010.
Análise genética no melhoramento da macaúba. Orientador: Sérgio Yoshimitsu Motoike. Co-orientadores: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos e Luiz Antônio dos Santos Dias.

Objetivou-se identificar a variabilidade genética de alguns caracteres fenotípicos, estimar a diversidade genética e o número de medições necessárias (frutos) para avaliação de matrizes de macaúba. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se os frutos de 145 matrizes de seis estados brasileiros, Minas Gerais, São Paulo, Maranhão, Pará, Pernambuco e Mato Grosso do Sul e plantas em fase juvenil de 51 progênies dos estados de Minas Gerais e São Paulo. Os resultados evidenciaram que houve variabilidade genética entre as 145 matrizes de macaúba, com elevada variação para a maioria das características avaliadas. As características que mais contribuíram para o estudo da diversidade genética foram a espessura do endocarpo, a o diâmetro de fruto, a o volume da amêndoa e o peso do fruto, para as 145 matrizes dos seis estados estudados. Estudando separadamente as 91 matrizes mineiras as características que mais contribuíram foram o volume do fruto, o volume da amêndoa e o diâmetro do fruto. Os métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA agruparam as 145 matrizes em nove e 10 grupos. Quando analisadas apenas as 91 matrizes mineiras, estes mesmos métodos agruparam as matrizes em 17 e oito grupos. A composição dos grupos variou de acordo com os métodos estudados. Selecionando as 145 matrizes pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), as 30 matrizes selecionadas foram: 81, 34, 42, 75, 10, 14, 22, 82, 24, 9, 65, 33, 15, 45, 78, 7, 6, 11, 13, 19, 64, 32, 67, 25, 29, 50, 16, 66, 74, e 76. As mesmas matrizes foram selecionadas quando se analisou apenas as 91 matrizes mineiras. Estudando as estimativas dos coeficientes de repetibilidade observou que quatro frutos são suficientes para avaliação das características dos frutos estudadas das matrizes de macaúba com coeficiente de determinação de 90%. Estudando as 51 progênies dos estados de Minas Gerais e São Paulo observou-se a existência de variabilidade genética. Os métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA agruparam as 51 progênies em sete e quatro grupos, respectivamente.

As 25 progênies selecionadas pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), foram : 20, 16, 36, 9, 31, 26, 29, 12, 5, 39, 14, 21, 28, 3, 25, 4, 10, 34, 22, 48, 51, 6, 35 e 38.

ABSTRACT

MANFIO, Candida Elisa Manfio, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2010. **Genetic analysis in plant breeding of macaw palm.** Adviser: Sérgio Yoshimitsu Motoike. Co-Advisers: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos and Luiz Antônio dos Santos Dias.

The aim of this work was to identify the genetic variability of some characters phenotypic, genetic diversity and estimate the number of measurements necessary (fruit) for evaluation of matrices plants of macaw palm. The work was developed by the Department of Plant Science of Universidade Federal de Viçosa (Federal University of Viçosa, Brazil), analyzing the fruits of 145 matrices plant in six Brazil states, Minas Gerais, São Paulo, Maranhão, Pará, Pernambuco and Mato Grosso do Sul and juvenile plants of 51 progenies from Minas Gerais and São Paulo states. The results showed that there was genetic variability among 145 macaw palm matrices plant with high variation for most traits. The traits that had most contributed to the study of genetic diversity were the thickness of the endocarp, the fruit diameter, the kernel volume, the fruit weight for 145 plant matrices of six states studied. Studying separately the 91 matrices plant of Minas Gerais states the traits that had most contributed were the fruit volume, the kernel volume, and fruit diameter. The clustering methods of Tocher and UPGMA grouped the 145 matrices plants in nine and 10 groups. When analyzed only de 91 matrices plans of Minas Gerais states, these same methods grouped the matrices plants in 17 and eight groups. The composition of each group varied according methods studied. Selecting the 145 matrices plant by method of “ranks” adapted from Mulamba and Mock (1978) the 30 matrices plant were selected were: 81, 34, 42, 75, 10, 14, 22, 82, 24, 9, 65, 33, 15, 45, 78, 7, 6, 11, 13, 19, 64, 32, 67, 25, 29, 50, 16, 66, 74 and 76. The same matrices plants were selected when analyzed only the 91 matrices plants of Minas Gerais states. Studying the estimative of repeatability coefficients the results showed that four fruits are sufficient to analyzed matrices plant of macaw palm with determination coefficient of 90%. Studying 51 progenies of macaw palm from Minas Gerais and São Paulo states the results showed existence of genetic variability. The clustering methods of Tocher and UPGMA grouped the 51 progenies in seven and four groups,

respectively. The 25 progeies selected by the method of "ranks," adapted from Mulamba and Mock (1978) were: 20, 16, 36, 9, 31, 26, 29, 12, 5, 39, 14, 21, 28, 3, 25, 4, 10, 34, 22, 48, 51, 6, 35 and 38.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de óleo diesel em ampla escala pelos setores industriais, agrícolas, dentre outros faz com que o consumo mundial aumente rapidamente a cada ano. No entanto, este combustível é proveniente de fonte fóssil não-renovável, cujas reservas não devem durar mais de um século. Tais reservas encontram-se concentradas em partes esparsas ao redor do planeta, notadamente em regiões sujeitas a turbulências políticas e sob controle de cartel, gerando incertezas quanto ao suprimento mundial (Mello et al., 2007).

Além disso, o consumo de combustível fóssil é a principal fonte emissora de gases causadores do efeito estufa, perniciosos à atmosfera e responsáveis pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas, gerando impacto ambiental negativo (Parente, 2003).

Diante da expectativa de uma demanda cada vez maior provocada pelas crescentes dificuldades de exploração dos combustíveis fósseis, os indicadores preocupantes de problemas climáticos e escassez de água, a busca por alternativas viáveis para a substituição do combustível pelo biodiesel é uma realidade.

A produção e uso de um combustível limpo, biodegradável, e proveniente de fonte renovável, é a alternativa para a solução de muitos problemas. Esse combustível limpo reduziria 98% dos gases de efeito estufa e auxiliaria na inclusão social (ANP, 2007).

Em janeiro de 2005 o governo brasileiro preocupado com o futuro incerto do suprimento de combustíveis fósseis e diante das atribuições agrícolas criou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB (MAPA, 2005; NAE, 2005). O PNPB foi formado como um grande programa de inclusão social, com a geração de emprego, renda e redução de disparidades regionais.

O Brasil é destaque entre as economias industriais, pois conta com a maior área potencialmente agricultável do mundo, com cerca de 200 milhões de hectares; energia solar abundante; água; mão-de-obra farta e ociosa; a melhor tecnologia agrícola do mundo tropical; e quase 200 espécies de plantas oleaginosas aptas para a produção de óleo para o biodiesel (Beltrão, 2005).

O PNPB propõe a produção de biodiesel a partir de diferentes matérias primas, tendo como princípio a disponibilidade e a aptidão de cada região do país em cultivá-las. Dentre as principais oleaginosas que ocupam posição de destaque com potencialidades para produção de biodiesel, está a macaúba (NAE, 2005).

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) se destaca por ser uma palmeira altamente produtiva e nativa as savanas e regiões semi-áridas. A espécie possui várias aplicações, principalmente no aproveitamento de seus frutos, onde a propriedade oleaginosa é a característica que chama mais atenção. A macaúba tem o segundo maior potencial entre as plantas oleaginosas, perdendo apenas para a cultura do dendê. A macaúba tem produção entre 1500 e 5000 kg de óleo/ha, o que a torna uma espécie com grande potencial para a produção de biodiesel, pois além da sua grande produtividade, ela se mantém produtiva por dezenas de anos (Teixeira, 2005).

A planta de macaúba possui um estirpe que pode atingir de 10 a 15 m de altura e 30 a 55 cm de diâmetro. O estirpe é coberto pelas bases dos pecíolos, que permanecem aderidas as este por muitos anos. As folhas são verdes, pinadas com comprimento variando de 4 a 5 m, apresentando aproximadamente 130 folíolos de cada lado e espinhos na região central (Arboles, 2005; Lorenzi et al., 2004). A inflorescência é em espádice, com 80 a 130 cm de comprimento, pendente, protegida por espata de acúleos castanhos, que sai entre as folhas. Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, em forma de drupa globosa, liso, de coloração marrom-amarelada com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. O epicarpo rompe-se facilmente quando maduro (Figura 1C). O mesocarpo é uma polpa fibrosa, mucilaginosa, de sabor adocicado, rica em glicerídeos, de coloração amarelo (quando maduro) ou esbranquiçado, comestível (Figura 1A). O endocarpo é fortemente aderido à polpa (mesocarpo), com parede escura com espessura que pode variar de 3 a 7 mm, ao ser quebrado, pode conter de uma a três amêndoas oleaginosas, comestíveis e revestida de uma fina camada de tegumento. As amêndoas são compostas por grande quantidade de endosperma, que é comestível e contém alto teor de óleos e proteínas (Figura 1B). (Henderson et al., 1995; Silva, 1994; Bondar, 1964). A dispersão das sementes de macaúba é feita principalmente por animais que se alimentam de seus frutos, como animais domésticos e mamíferos silvestres (Scariot, 1998).

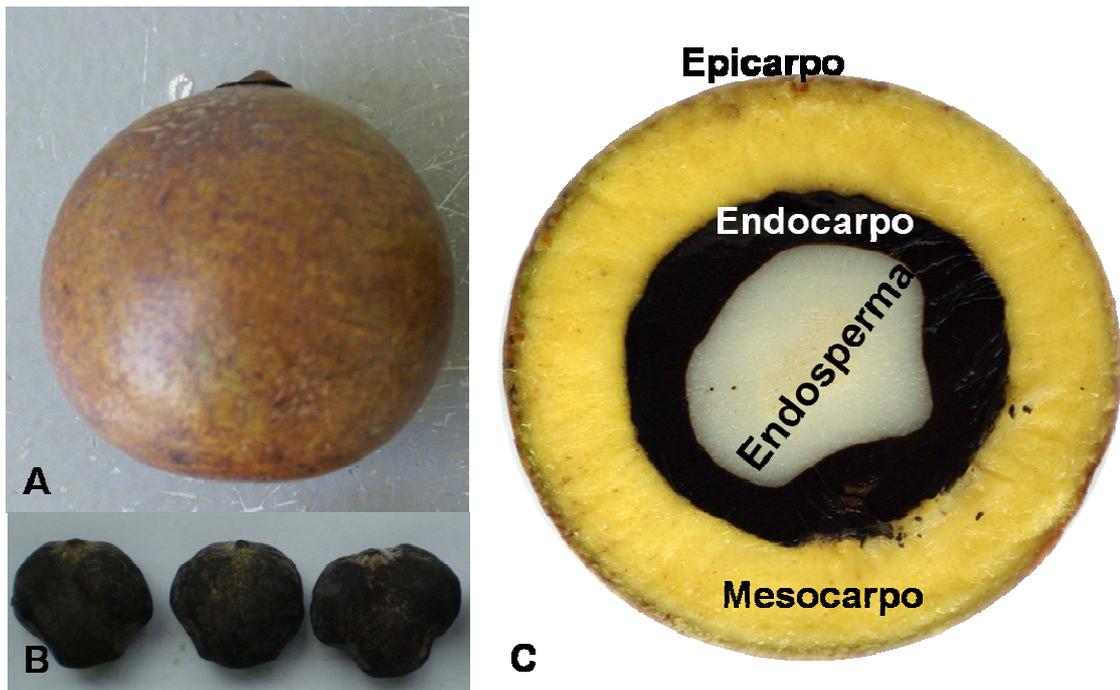


Figura 1 Detalhes dos frutos da palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius). A: Fruto inteiro. B: amêndoas. C: Frutos em corte transversal.

Atualmente, a exploração da macaúba é feita de forma extrativista (Wandeck & Justo, 1988). A utilização do óleo de macaúba como fonte produtora de biodiesel depende da domesticação da espécie, a fim de se estabelecer cultivos racionais, o que geraria maior produção e maior homogeneização do produto, considerando que as populações naturais são altamente heterogêneas (Motta et al., 2002).

Os processos de domesticação incluem o melhoramento e o desenvolvimento de tecnologia de plantio e manejo da cultura.

O pré-melhoramento envolve atividades de exploração, coleta, implantação de banco de germoplasma e a caracterização e conhecimento da diversidade existente na espécie, para introdução de genótipos promissores na etapa posterior de melhoramento.

Estudar a divergência genética entre grupos de genitores é importante no melhoramento, sobretudo para identificar combinações híbridas de maior heterozigose e de maior efeito heterótico, pois permite conhecer melhor o germoplasma disponível (Reif et al., 2005).

A identificação da divergência genética através de características morfo-agronômicas é muito utilizada pelos melhoristas com a finalidade de identificar cruzamentos com potencial de se obter populações segregantes (Oliveira et al., 2007).

Os métodos preditivos de divergência genética têm sido bastante utilizados, sobretudo pelo fato de que, ao se basearem em diferenças morfológicas e fisiológicas dos genitores, dispensam a obtenção das combinações híbridas entre eles, o que é vantajoso, especialmente quando o número de genitores cujas diversidades se desejam conhecer é elevado (Carvalho et al., 2003).

Este trabalho teve como objetivos a identificação da variabilidade genética de alguns caracteres fenotípicos e a estimação da divergência genética e repetibilidade em acessos de macaúba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis) (2007) Boletim Mensal de Biodiesel, Abril.

ARBOLES del area del canal de Panama *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Disponível em: <<http://www.ctfs.si.edu/webatlas/spanish/acropa.html>> Acesso em: 05 maio 2010.

BELTRÃO, N. E. M. (2005) Agronegócio das oleaginosas no Brasil. Informe Agropecuário 26 (229): 14-17.

BONDAR, G. (1964) Palmeiras do Brasil. São Paulo: Instituto de Botânica 2:50-554.

CARVALHO, L. P. DE; LANZA, M. A.; FALLIERI, J.; SANTOS, J. W. dos. (2003) Análise da divergência genética entre subamostras de banco ativo de germoplasma de algodão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38: 1149-1155.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. (1995) Field guide to the palms of the Americas. New Jersey, Princeton University, p. 166-167.

LORENZI, H.; SOUZA, H.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. (2004) Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 432 p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2005). Plano Nacional de Agroenergia. MAPA, Brasília, 118p.

NAE – Núcleo de assuntos Estratégicos da Presidência da República (2005). Biocombustíveis. Caderno NAE. Numero 2, Brasília, 233p.

MELLO, F. O. T. de; PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E. de FREITAS. (2007) O Biodiesel no Brasil: Panorama, perspectivas e desafios. Informações econômicas, São Paulo, v. 37, n. 1.

- MOTTA, P.E.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GOMES, J.B.V. (2002) Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:1023-1031.
- OLIVEIRA, M. S. P.; AMORIM, E. P.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, D. F. (2007) Diversidade genética entre subamostras de açaizeiro baseada em marcadores RAPD. *Ciência Agrotécnica*, 31: 1645-1653.
- PARENTE, E. J. S. (2003) Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio.
- REIF, J. C.; MELCHINGER, A. E.; FRISCH, M. (2005) Genetical and Mathematical Properties of Similarity and Dissimilarity Coefficients Applied in Plant Breeding and Seed Bank Management. *Crop Science*, 45: 1- 7.
- SCARIOT, A. (1998) Seed dispersal and predation of the palm *Acrocomia aculeata*. *Principes* 42: 5-8.
- SILVA, J.C. (1994) Macaúba: fonte de matéria prima para os setores alimentício, energético e industrial. Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 41 p.
- TEIXEIRA, L.C. (2005) Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. *Informe Agropecuário* 26: 18-27.
- WANDECK, F. A.; JUSTO, P. G. (1988) A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, SAVANAS, Brasília. Anais Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 541-577 p.

2. ARTIGO I

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE MACAÚBA BASEADA NAS CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DO FRUTO DE MATRIZES

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar a divergência genética e agrupar as 145 matrizes de macaúba coletadas via frutos do estado de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Maranhão e Pará, e separadamente as 91 matrizes de Minas Gerais, e identificar as matrizes superiores baseado nas características dos frutos pelo índice de rank médio, adaptado de Mulamba e Mock. De cada matriz avaliou-se dez frutos, aleatoriamente, e deste foram mensuradas as seguintes características físicas dos frutos: peso do fruto (g), volume do fruto (ml), diâmetro do fruto (mm), peso da amêndoa (g), volume da amêndoa (ml), diâmetro da amêndoa (mm), espessura do endocarpo (mm), e o índice de massa processável. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e utilizou-se a análise multivariada, aplicando-se a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade, e na delimitação dos grupos, o método de Tocher e o método UPGMA (Média aritmética de grupos não ponderados) para estabelecer um dendograma que pudesse identificar grupos de genótipos. Houve variabilidade genética entre as 145 e as 91 matrizes de macaúba, com elevada variação para a maioria das características avaliadas. As características que mais contribuíram para o estudo da diversidade genética foram a espessura do endocarpo, o diâmetro de fruto, o volume da amêndoa e o peso do fruto, para as 145 matrizes dos seis estados estudados. E para as 91 matrizes mineiras foram o volume do fruto, o volume da amêndoa e o diâmetro do fruto. Os métodos utilizados agruparam as 145 matrizes em nove e 10 grupos, as 91 em 17 e oito grupos, sendo que a composição do grupo variou de acordo com o método de agrupamento de Tocher e UPGMA, respectivamente. As 30 matrizes selecionadas pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), foram as

matrizes: 81, 34, 42, 75, 10, 14, 22, 82, 24, 9, 65, 33, 15, 45, 78, 7, 6, 11, 13, 19, 64, 32, 67, 25, 29, 50, 16, 66, 74, e 76.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*, variabilidade, agrupamento

GENETIC DIVERSITY AMONG MACAW PALM ACCESSIONS BASED ON BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE FRUIT OF MATRICES PLANTS

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the genetic diversity and grouping the 145 matrices plants of macaw palm collected in the state of Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Maranhão and Pará, and separately the 91 accessions of Minas Gerais, and identify matrices plants higher based on the characteristics of the fruit by the index of medium "rank", adapted from Mulamba and Mock (1978). Of each matrices plants were evaluated ten fruits at random, and this was measured the following physical characteristics of the fruit: fruit weight (g), fruit volume (ml), fruit diameter (mm), kernel weight (g) kernel volume (ml), kernel diameter (mm), endocarp thickness (mm), and mass index processable. The data obtained were subjected to analysis of variance and used the multivariate analysis, applying mean Euclidean distance as a measure of dissimilarity and the delimitation of the groups, the method of Tocher and UPGMA (Average unweighted arithmetic groups) to establish a dendrogram that could identify groups of genotypes. There was significant variability among 145 and 91 matrices plants of macaw palm with high variation for most traits. The traits that most contributed to the study of genetic diversity were the thickness of the endocarp, the fruit diameter, volume of almond and fruit weight for the 145 matrices plants of the six states studied. And for the 91 matrices plants from Minas Gerais state were the fruit volume, the volume of kernel and fruit diameter. The methods grouped the 145 matrices plants in nine and 10 groups, and the 91 matrices plants from Minas Gerais state in the 17 and eight groups. The group composition varied according to the cluster method of Tocher and UPGMA, respectively. The 30 selected accessions by the method of "ranks," adapted from Mulamba and Mock (1978), were: 81, 34, 42, 75, 10, 14, 22, 82, 24, 9, 65, 33, 15, 45, 78, 7, 6, 11, 13, 19, 64, 32, 67, 25, 29, 50, 16, 66, 74 and 76.

Keywords: *Acrocomia aculeata*, variability, clustering

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o ambiente e principalmente com as mudanças climáticas gera questionamentos a respeito da fonte energética utilizada atualmente. Estas questões apontam a necessidade de buscar alternativas viáveis ao suprimento de energia, e a agricultura é uma alternativa oportuna do ponto de vista econômico, social e ambiental, para a geração de energia renovável. Pela sua extensão territorial e excelentes condições edafoclimáticas, o Brasil tem se destacado pelo seu potencial para a exploração da biomassa para fins alimentícios, químicos e energéticos, principalmente para a produção de biocombustíveis (Parente, 2003).

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) uma palmeira altamente produtiva e nativa de regiões semi-áridas, se destaca pelas suas várias formas de utilização, principalmente no aproveitamento de seus frutos. A propriedade oleaginosa de seus frutos vem atraindo atenção entre as espécies com aptidão para a produção de biocombustível. A planta tem o segundo maior potencial produtivo entre as plantas oleaginosas, com produção de 1500 a 5000 kg de óleo/ha, mantendo-se produtiva por mais de 100 anos (Teixeira, 2005).

No entanto, a cultura ainda é explorada de forma extrativista, em decorrência da falta de conhecimento científico, o que dificulta o seu uso em escala comercial e competitiva. Assim, há necessidade de estudos que possibilitem fazer recomendações técnicas seguras sobre o seu cultivo, aproveitamento industrial e desenvolvimento de variedades.

Em seu ambiente natural as plantas de macaúba apresentam grande variabilidade genética, sendo os indivíduos presentes nessas áreas e reproduzidos a partir dessas plantas heterogêneas e com grande desuniformidade de produção. A falta de padronização das plantas é um dos grandes entraves para a utilização comercial do óleo de macaúba como fonte produtora de biodiesel (Motta et al., 2002).

O conhecimento da diversidade genética entre um grupo de genitores é importante no melhoramento, sobretudo para identificar combinações híbridas de maior heterozigose e de maior efeito heterótico, pois permite conhecer melhor o germoplasma disponível (Samal & Jagadev, 1996; Reif et al., 2005).

Os métodos preditivos de divergência genética têm sido bastante utilizados, sobretudo pelo fato de que, ao se basearem em diferenças morfológicas e fisiológicas dos genitores, dispensam a obtenção das combinações híbridas entre eles, o que é vantajoso, especialmente quando o número de genitores cujas diversidades se deseja conhecer é elevado. Entre estes métodos encontramos aqueles que quantificam a diversidade por meio de medidas de dissimilaridade, onde se encontra a distância de Mahalanobis e a distância Euclidiana Média. A distância euclidiana tem sido amplamente utilizada e pode ser estimada tomando-se por base dados sem repetições (Carvalho et al., 2003).

A análise de agrupamento apresenta a finalidade de reunir, por algum critério de classificação, os genitores em grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, sendo adequada para identificar os genótipos divergentes e com maior probabilidade de sucesso nos cruzamentos (Cargnelutti Filho et al., 2008).

O método Tocher é um método de agrupamento de otimização que adota o critério de que a distância média intragrupo deve ser menor que a distância média intergrupo. Assim como o método de agrupamento hierárquico UPGMA utiliza as médias aritméticas (não-ponderadas) das medidas de dissimilaridade, evitando assim caracterizar a dissimilaridade por valores extremos (mínimo e máximo) entre os genótipos considerados (Cruz, 2008).

A identificação da divergência genética através de características morfo-agronômicas é muito utilizada pelos melhoristas com a finalidade de identificar cruzamentos com potencial de se obter populações segregantes (Oliveira et al., 2007).

Assim, o conhecimento da variabilidade genética das matrizes de macaúba, procedentes de diferentes locais, será a base para a seleção de materiais mais produtivos em quantidade e qualidade de óleo, que apresentem características agrônômicas interessantes ao melhoramento genético desta espécie. Como a caracterização dos frutos coletados para a formação do banco de germoplasma está inserida nas etapas que envolvem a identificação de acessos em bancos de germoplasma e normalmente é a primeira a ser realizada, conhecer a divergência genética natural de macaúba é um passo importante para a conservação e o melhoramento genético da espécie.

O objetivo deste trabalho foi identificar a divergência genética e agrupar as 145 matrizes de macaúba coletadas no estado de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Maranhão e Pará, e separadamente as 91 matrizes de Minas Gerais, e identificar as matrizes superiores baseado nas características dos frutos pelo índice de rank médio, adaptado de Mulamba e Mock (1978).

MATERIAL E MÉTODOS

As expedições para coletas de frutos das matrizes foram realizadas pelo estado de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Pará, Pernambuco e Maranhão. Foram amostradas 145 matrizes, sendo 91 matrizes do estado de Minas Gerais (Figura 1), 41 matrizes do estado do Mato Grosso do Sul, 10 matrizes de São Paulo, 01 matriz de Pernambuco, 01 matriz do Pará e 01 matriz do Maranhão, todas georeferenciadas (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação das matrizes de macaúba utilizados para análise de dissimilaridade com base nos caracteres dos frutos e procedência.

Identificação das matrizes	Procedência
1 a 91	Minas Gerais
92 a 101	São Paulo
102	Pernambuco
103	Pará
104	Maranhão
105 a 145	Mato Grosso do Sul

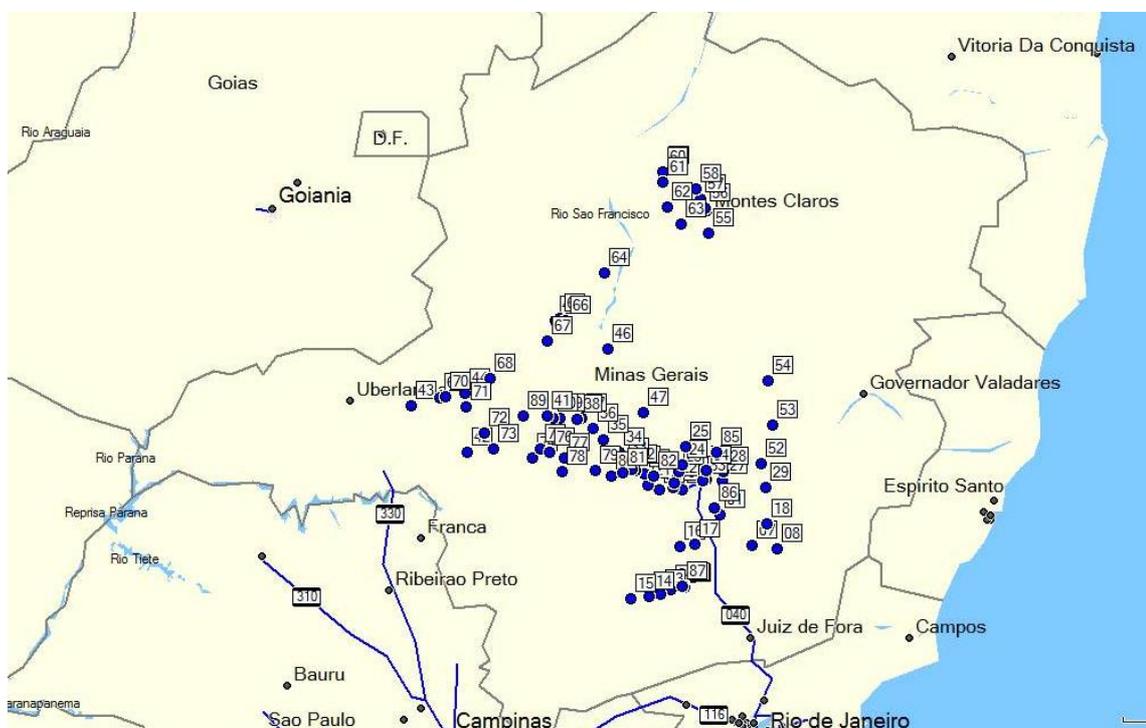


Figura 1: pontos de coleta das 91 matrizes de macaúba no estado de Minas Gerais.

De cada matriz avaliou-se dez frutos, aleatoriamente, e deste foram mensuradas as seguintes características físicas dos frutos descritas a seguir.

Peso do fruto (g): cada fruto foi pesado separadamente em balança eletrônica de 0,01g de precisão;

Volume do fruto (ml): em uma proveta volumétrica graduada contendo 200 ml de água (Volume inicial) cada fruto foi introduzido, assim obteve-se um novo volume (Volume final), pela diferença do volume final pelo inicial obteve-se o volume do fruto;

Diâmetro do fruto (mm): a medida equatorial de cada fruto foi aferida com paquímetro digital de 0,01 mm de precisão;

Peso da amêndoa (g): cada amêndoa foi pesada separadamente em balança eletrônica de 0,01g de precisão;

Volume da amêndoa (ml): em uma proveta volumétrica graduada contendo 50 ml de água (Volume inicial) cada amêndoa foi introduzida, assim obteve-se um novo volume (Volume final), pela diferença do volume final pelo inicial obteve-se o volume da amêndoa;

Diâmetro da amêndoa (mm): a medida equatorial de cada amêndoa foi aferida com paquímetro digital de 0,01 mm de precisão;

Espessura do endocarpo (mm): a medida foi aferida da porção do endocarpo aleatoriamente com paquímetro digital de 0,01mm de precisão;

Índice de massa processável: ($IMP = \text{diâmetro equatorial do fruto} - 2 \times \text{espessura do endocarpo}$). O índice de massa processável (IMP) é um índice estabelecido pelos autores para determinar quantitativamente a área processável do fruto, pois os frutos foram coletados no solo, sem conhecimento prévio da qualidade fisiológica dos frutos de cada matriz.

Preliminarmente, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância univariado com duas fontes de variação (entre e dentro de matrizes), a fim de se verificar a existência de variabilidade genética entre todas as matrizes e também separadamente para as matrizes de Minas Gerais.

Utilizou-se a análise multivariada, aplicando-se a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade, e na delimitação dos grupos, o método de Tocher e UPGMA (Média aritmética de grupos não ponderados), para estabelecer um dendograma que pudesse identificar grupos de genótipos. Para análise das estimativas da contribuição relativa de cada característica por Singh (1981) foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis Utilizou-se o software Selegen-Reml/Blup – versão 2008 (Resende, 2000,2002, 2007) e GENES – versão 2009 (Cruz, 2001) para realizar as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as características avaliadas indicam a presença de variabilidade entre as 145 matrizes (Tabela 2). Para as 91 matrizes coletadas em Minas Gerais, houve significância ao nível de 1% pelo teste de F para todas as características analisadas. Indicando a existência de variação genética, e assim, possibilitando a identificação de materiais promissores e a obtenção de ganhos por seleção.

Estudos de frutos coletados em São Paulo e Minas Gerais realizados por Azevedo Filho et al. (2009) e Souza et al. (2009) corroboram com os resultados obtidos. No entanto, Chuba et al. (2008) não observaram diferenças significativas entre as amostras de frutos dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Para todas as características as estimativas de variância residual em relação à variância genotípica de ambos os grupos de dados foram inferiores e os valores do coeficiente de variação relativa (CV_g/CV_e) acima da unidade (Tabela 2). Para Vencovsky (1987) valores acima da unidade para coeficiente de variação relativa indicam boas chances de ganhos com a aplicação de seleção entre populações, sugerindo que a característica pode ser trabalhada facilmente no melhoramento.

As estimativas dos coeficientes de variação experimental para as 145 matrizes variaram de 1,51%, para a característica espessura do endocarpo, a 16,99%, para peso de fruto, quando analisadas as 91 matrizes estas estimativas variaram entre 3,86% e 33,21%, para o diâmetro do fruto e volume da amêndoa, respectivamente (Tabela 2), admitindo-se a existência de boa precisão na obtenção e análise dos dados, dado o número de repetições utilizados.

As médias do experimento com as 91 matrizes de Minas Gerais analisadas separadamente foram superiores as médias das 145 matrizes provenientes dos seis estados estudados. Com exceção para as características espessura do endocarpo e diâmetro da amêndoa. Estes resultados indicam a superioridade do material genético proveniente do estado de Minas Gerais. A média inferior obtida para a espessura do endocarpo para as 91 matrizes mineiras é desejável. Pois quanto menor a espessura desta estrutura, mais fácil se torna o processamento do fruto, tanto para extração de óleo, como para germinação, e maior será a área processável deste fruto também.

O valor de coeficiente de variação fenotípica da variável peso de fruto foi o maior dentre as variáveis estudadas (56,48%), evidenciando a desuniformidade dos frutos entre as

145 matrizes. O mesmo não é observado para esta característica quando se estuda apenas os frutos das matrizes mineiras.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos obtidos da análise de 145 e 91 matrizes de macaúba em relação às características: Peso de Fruto (PF), Volume de Fruto (VF), Diâmetro de Fruto (DF), Peso de Amêndoa (PA), Volume de Amêndoa (VA), Diâmetro de Amêndoa (DA), Espessura de Endocarpo (EE) e Índice de Massa Processável (IMP).

145 Matrizes								
Parâmetros *	PF(g)	VF(ml)	DF(mm)	PA(g)	VA(ml)	DA(mm)	EE(mm)	IMP
Vg	298,36	258,52	49,52	0,47	0,42	9,51	0,67	49,59
Ve	29,69	10,77	2,47	0,04	0,0006	1,25	0,32	3,87
Vf	328,06	269,39	31,99	0,50	0,42	10,76	0,99	53,42
CVg %	53,86	43,84	17,51	40,81	40,00	18,63	17,27	22,94
CVe %	16,99	8,95	3,91	11,90	1,51	6,76	11,93	6,41
CVf %	56,48	44,75	14,07	42,08	40,00	19,82	20,99	23,81
CVr %	3,17	4,90	4,48	3,23	26,49	2,76	1,45	3,58
Média	32,07	36,68	40,19	1,68	1,62	16,55	4,74	30,70
91 Matrizes de Minas Gerais								
Vg	137,75	117,30	10,92	0,75	0,71	5,81	1,13	12,43
Ve	4,23	1,61	0,29	0,04	0,04	0,43	0,11	0,69
Vf	141,98	118,91	10,62	0,71	0,67	5,38	1,02	11,73
CVg %	27,25	23,33	7,37	43,51	44,82	21,41	22,86	9,92
CVe %	15,10	8,63	3,86	32,66	33,21	11,35	22,19	7,43
CVf %	27,66	23,48	7,27	42,34	43,54	20,59	21,72	9,64
CVr %	1,81	2,70	1,89	1,30	1,32	1,88	0,98	1,29
Média	43,07	46,43	44,83	1,99	1,88	11,26	4,65	35,54

* Vg:variância genotípica entre matrizes; Ve: variância residual; Vf: variância fenotípica permanente entre matrizes; CVg%: coeficiente de variação genotípica; CVe%: coeficiente de variação residual; CVf%: coeficiente de variação fenotípica; CVr = CVg/CVe = coeficiente de variação permanente.

As características que contribuíram para 56,47% da divergência entre as 145 matrizes foram a espessura do endocarpo (14,47%), o diâmetro de fruto (14,03%), o volume da amêndoa (14,02%) e o peso do fruto (13,95%) (Tabela 3). Analisando as 91 matrizes de Minas Gerais as características que contribuíram para 73,26% da divergência entre as matrizes foram o volume de fruto (30,73%), seguido pelo volume de amêndoa (24,02%), e o diâmetro de fruto (18,51%) (Tabela 3).

As características contribuíram de forma distinta nas análises, no entanto, em ambas a variável peso do fruto não teve a maior contribuição significativa para a divergência das matrizes. Atribui-se este resultado a falta de padronização da coleta dos frutos para a caracterização das matrizes. Uma vez que os frutos eram coletados no chão das plantas matrizes e não foi possível conhecer o estado em que se encontravam, o que pode ter contribuído para tal resultado.

Tabela 3. Estimativas da contribuição relativa de cada característica por Singh (1981) (S.j) para a divergência genética entre as 145 e 91 matrizes de macaúba, com base na distância generalizada de Mahalanobis.

Variável	145 subamostras		91 subamostras	
	Contribuição relativa		Contribuição relativa	
	S.j	%	S.j	%
Peso Fruto	9669683,69	13,95	13703,29	8,12
Volume Fruto	7695856,88	11,10	51877,86	30,73
Diâmetro Fruto	9727449,09	14,03	31253,78	18,51
Peso Amêndoa	7419534,60	10,70	10659,45	6,31
Volume Amêndoa	9717815,86	14,02	40553,20	24,02
Diâmetro Amêndoa	7523839,86	10,85	7377,33	4,37
Espessura Endocarpo	10032209,52	14,47	2883,14	1,71
IMP	7529227,12	10,86	10524,52	6,23

Analisando as 145 matrizes observou-se que a distância genética entre as matrizes foi relativamente menor, isto se dá à medida que aumenta o número de matrizes, e assim aumenta a semelhança entre as mesmas (Tabela 4). Os menores valores obtidos foram entre as matrizes 116 e 117 provenientes de Mato Grosso do Sul, devido a coleta ter sido realizada em locais muito próximos geograficamente. Acredita-se que as baixas dissimilaridades detectadas entre algumas matrizes do mesmo estado sejam decorrentes de cruzamentos entre indivíduos aparentados ou de autofecundações (Souza, 2002). As matrizes 40 e 50 foram as mais distantes, provenientes do estado de Minas Gerais, mas de distintas regiões, a primeira da região do Alto Paranaíba e a segunda da região Norte.

O mesmo pode ser observado para as 91 matrizes mineiras, no entanto, as matrizes mais distantes geneticamente (34- região do Alto Paranaíba e 49- região Norte de Minas Gerais), não são as geograficamente mais distantes, assim como as matrizes mais próximas (12- região Sul e 85- região Central de Minas Gerais), estão localizadas em diferentes regiões (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo das estimativas das distâncias genéticas, com base na distância euclidiana média, entre as 145 e 91 matrizes de macaúba, para as características do fruto, pesa de fruto, volume de fruto, diâmetro de fruto, peso da amêndoa, volume da amêndoa, diâmetro da amêndoa, espessura do endocarpo e índice de massa processável.

Distância Genética	145 matrizes		91 matrizes	
	Estimativa	Matrizes	Estimativa	Matrizes
Máxima	48,47	40 e 50	28,98	34 e 49
Mínima	0,87	116 e 117	0,42	12 e 85
Soma das estimativas	277969,83		29305,80	
Soma do quadrado das estimativas	8664452,08		293156,11	
Média das estimativas	26,63		7,16	

Com base na magnitude relativa de valores da matriz de distância euclidiana média das 145 matrizes dos seis estados estudados, verificou-se por meio do método de agrupamento de Tocher, a formação de nove grupos distintos, nos quais se percebe uma maior concentração de matrizes nos dois primeiros grupos, um com 48 matrizes e outro com 72. Este método isolou três matrizes: 107, 102 e 108 (Tabela 5). O Grupo II foi o mais numeroso, sendo formado por 72 matrizes procedentes do estado de Minas Gerais. O segundo grupo mais numeroso é o Grupo I formado por duas matrizes de Minas Gerais e pela maioria das matrizes de São Paulo e do Mato Grosso do Sul, com exceção das matrizes 107 e 108 do Mato Grosso do sul, que formaram grupos isolados e das matrizes 94, 101 e 97 de São Paulo, que se agruparam as matrizes do estado de Minas Gerais. A matriz procedente de Pernambuco formou um grupo isolado.

Tabela 5. Grupos de similaridade genética entre 145 matrizes de macaúba estabelecidos pelo método de Tocher, baseado na distância euclidiana média.

Grupo	Matrizes
I	49 61 92 93 95 96 98 99 100 105 106 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145
II	1 2 3 4 6 7 8 9 11 12 13 15 16 17 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 35 36 37 38 39 40 41 43 44 45 46 47 48 51 52 54 55 56 57 58 59 60 62 63 64 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 82 83 84 85 86 88 90 91 103 104
III	5 10 14 19 34 42 50 65 81
IV	87 89
V	53 94 101
VI	18 97
VII	107
VIII	102
IX	108

Quando analisado somente as 91 matrizes de Minas Gerais com base na matriz euclidiana média verificou-se por meio do método de agrupamento de Tocher, a formação de 17 grupos, nos quais se percebe também a maior concentração das matrizes no grupo I, com 25 matrizes (Tabela 6). Este método formou sete grupos com apenas uma matriz cada. Os resultados indicam que a divergência genética entre as matrizes mineiras, foi relativamente grande, tendo sido formados 17 grupos. No entanto, estes grupos não eram formados por matrizes de regiões geograficamente próximas.

Tabela 6. Grupos de similaridade genética entre 91 matrizes de macaúba estabelecidos pelo método de Tocher, baseado na distância euclidiana média.

Grupo	Matrizes														
I	20	69	44	62	52	23	28	73	77	41	59	32	84	91	88
				4	85	48	3	26	72	90	74	22	31		
II		21	80	27	56	40	43	36	58	60	70	54	49		
III		13	15	86	66	6	63	67	29	35	30	46	37		
IV				16	55	76	39	89	78	10	81				
V					12	17	79	2	61	8					
VI		9	24	25	82	51	7	71	64	47	1	14	45		
VII								42	65						
VII								11	50	5					
IX								38	57						
X								68	83						
XI								53							
XII								33							
XII								18							
XIV								34							
XV								87							
XVI								75							
XVII								19							

No dendograma, uma grande mudança de nível indica a união de matrizes heterogêneas (Barroso & Artes, 2003). Assim utilizando 80% de dissimilaridade como critério para definição dos grupos para as 145 matrizes, pelo método UPGMA houve formação de cinco grupos (Figura 2). Este método não isolou nenhuma matriz, e os cinco agrupamentos foram formados por matrizes de mais de uma procedência, não houve tendência no agrupamento em relação à origem geográfica (Tabela 7).

Os altos valores obtidos pela análise de bootstrap, com 1000 simulações, para as inserções dos grupos suportam a estabilidade do dendograma (Figura 2). Este resultados corroboram com os obtidos por Buso et al.(2008) que avaliaram a divergência de acessos de alho.

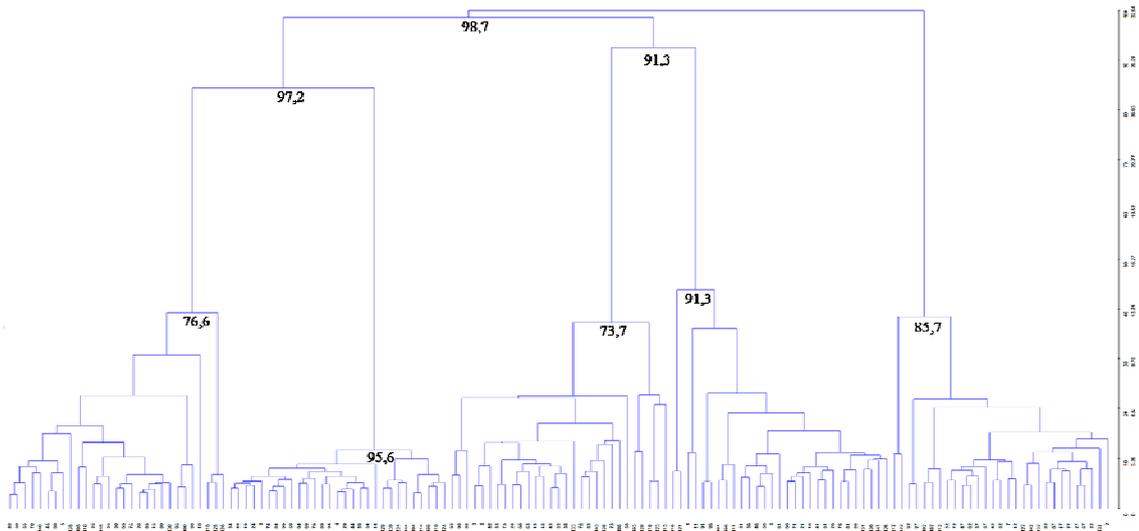


Figura 2. Agrupamento das 145 matrizes de macaúba pelo método UPGMA, com base na divergência genética expressa pela distância euclidiana média.

Tabela 7. Grupos de similaridade genética entre 145 matrizes de macaúba estabelecidas pelo método de UPGMA, baseado nas características avaliadas.

Grupo	Matrizes
I	40 50 55 70 140 45 60 5 135 105 25 145 35 30 65 75 20 85 15 80 130 95 100 90 10 115 125 120
II	34 49 19 24 9 74 84 99 59 64 69 79 89 94 4 29 44 39 54 14 129 139 134 144 104 114 109 119 124
III	93 98 88 3 8 48 33 73 28 68 63 13 18 43 53 38 133 78 83 143 138 23 108 58 103 128 118 123 113
IV	116 121 1 11 91 96 101 106 111 31 36 46 56 6 61 66 71 21 16 41 51 26 76 81 86 131 136 141 126
V	117 122 92 97 102 107 112 32 72 47 62 37 57 42 52 7 12 127 142 132 82 87 17 77 27 67 22 137 2

Para definição dos grupos das 91 matrizes mineiras foi utilizando 35% de dissimilaridade como critério, o método UPGMA agrupou as matrizes em oito grupos (Figura 3). Houve a formação de dois grandes grupos, um com 30 e outro com 32 matrizes, dois grupos com 10 matrizes cada, outros dois grupos com quatro e três matrizes cada e dois grupos com matrizes isoladas, sendo elas as matrizes 45 e 49 (Tabela 8).

Para este grupo de dados altos valores também foram obtidos pela análise de bootstrap, com 1000 simulações, para as inserções dos grupos suportam a estabilidade do dendograma (Figura 3).

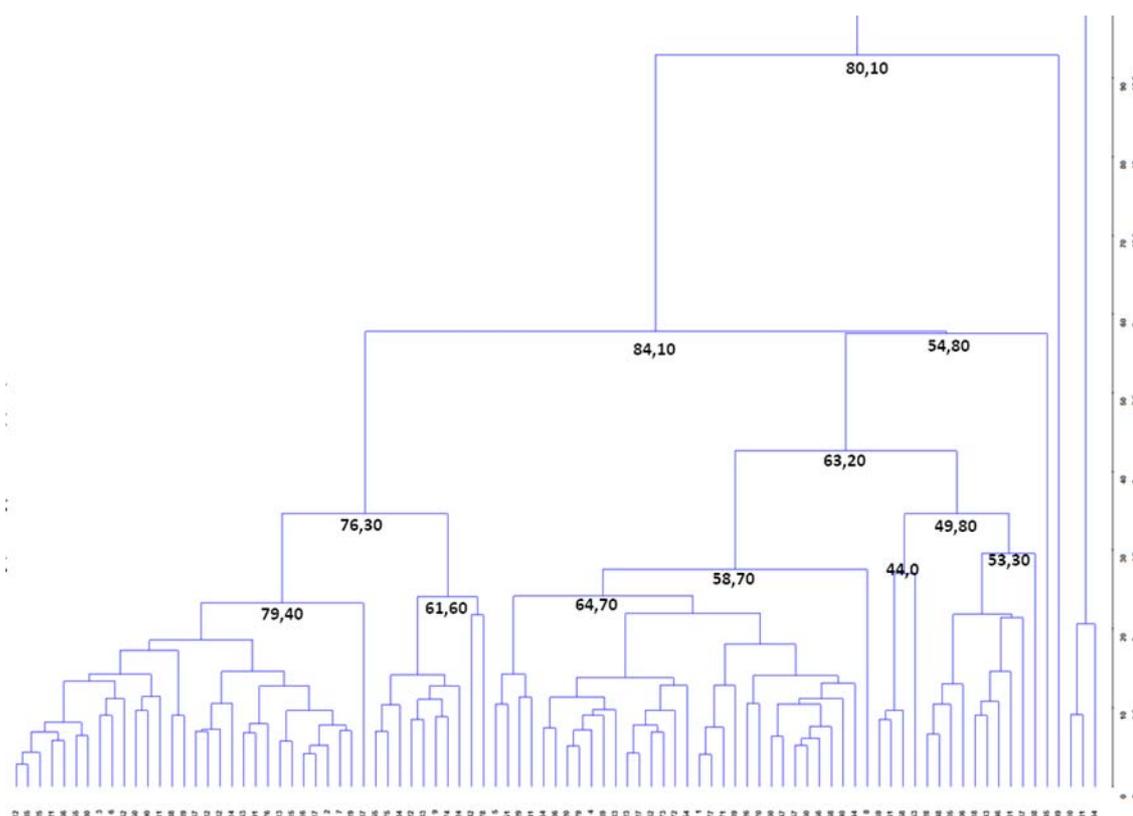


Figura 3. Agrupamento das 91 matrizes de macaúba pelo método UPGMA, com base na divergência genética expressa pela distância euclidiana média.

Tabela 8. Grupos de similaridade genética entre 91 matrizes de macaúba estabelecidas pelo método de UPGMA, baseado nas características avaliadas.

Grupo	Matrizes
I	12 85 25 21 66 55 80 3 6 52 50 90 11 88 89 67 82 32 14 63 91 76 13 15 16 17 2 7 19 87
II	65 75 84 22 33 9 74 24 42 78
III	5 51 21 41 64 86 20 79 4 69 83 23 27 62 73 72 54 1 77 71 39 26 70 30 47 57 60 56 68 40 44 8
IV	59 61 58 53
V	28 48 35 36 18 43 46 31 37 38
VI	45
VII	49
VIII	10 81 34

Os métodos não agruparam as matrizes nos mesmos grupos, e nem de acordo com a distância geográfica. No entanto, o método de Tocher apresenta a distância média entre grupo sempre maior que a distância média dentro dos grupos, sendo amplamente utilizado.

O número de grupos formados pelos métodos estudados demonstrou a ampla variabilidade entre os genótipos avaliados. Esta separação de matrizes em grupos distintos é muito importante para o melhoramento genético. Significa que pode ser obtida heterose para

os caracteres quantitativos de interesse econômico quando se cruzar indivíduos de matrizes pertencentes aos diferentes grupos.

De modo geral, para as 145 matrizes os dois métodos formarão grupos que reunissem matrizes de uma mesma procedência, no entanto os grupos formados pelo método Tocher foram os que mais se assemelharam com a origem geográfica, segundo Vasconcelos et al. (2010), o método de Tocher apresenta a distância média dentro dos grupos sempre menor que a distância média entre os grupos, portanto haverá mais homogeneidade entre as matrizes de um mesmo grupo do que entre as matrizes de diferentes grupos.

Resultados semelhantes também pode ser observado por Bellon et al. (2009) e Oliveira et al. (2008) quando avaliaram a diversidade genética de populações de macaúba com marcadores moleculares RAPD, os quais também obtiveram agrupamentos de subamostras da mesma procedência, assim como em dendê, Singh et al. (2008), Hayati et al. (2004) e Cochard et al. (2009). Segundo Singh et al. (2008), geralmente há uma forte associação entre a distancia genética e localização geográfica entre as matrizes.

No entanto, Oliveira (2007) avaliando 116 acessos de açaizeiro com RAPD, encontrou resultados semelhantes aos obtidos pelo método de agrupamento UPGMA, onde a localização geográfica não foi determinante para todos os agrupamentos e para separação dos acessos com base em caracteres morfológicos. Assim, o fator ambiente para este método não foi determinante para o agrupamento e a separação dos acessos, mesmo envolvendo acessos de diferentes locais.

Os resultados de divergência genética associados a informações morfo-agronômicas e de componentes de produção podem se tornar uma ferramenta de grande utilidade na condução de cruzamentos para a obtenção de genótipos superiores com ampla variabilidade genética (Pereira et al., 2009). Uma vez que a espécie *Acrocomia aculeata* apresenta sinonímias, também chamadas de “variedades”, sendo elas, a *A. totai*, a que apresenta menos espinhos e é mais freqüente na região Centro-Oeste e Norte; a *A. intumescens*, sendo a mais baixa e que forma uma espécie de barriga em seu estipe, mais freqüente nos estados nordestinos; e a *A. sclerocarpa*, que apresenta mais espinhos e é encontrada em maiores concentrações nos Estados de Minas Gerais. Essas sinonímias podem auxiliar no estudo da formação dos agrupamentos das 145 matrizes. Uma vez que os frutos das matrizes foram coletadas por diferentes pesquisadores identificados apenas como *Acrocomia aculeata*, onde não foi considerado a separação por “variedades”.

O modo de dispersão da espécie pode ser uma razão para a resposta dos estudos com as 91 matrizes, pois as sementes, por servirem de alimentos a animais e ao homem, eram

facilmente carregadas de um lugar para outro. A dispersão ocorre de acordo com a forma de germinação da espécie. Em macaúba, o processo de germinação natural acontece de forma desigual, pois sua germinação pode levar até dois anos para ocorrer (Arkcoll, 1990; Ellis et al., 1985).

O problema da germinação da macaúba foi solucionado por Motoike et al. (2007), os quais desenvolveram uma técnica eficiente de germinação e produção de sementes pré-germinadas de macaúba. Com esta tecnologia as sementes pré-germinadas são obtidas em 32 dias apenas, com custo de produção similar ao processo de germinação de sementes de dendê. Esta tecnologia também auxilia no processo de domesticação e estudos de divergência da macaúba, processos estes importantes e antecedentes ao melhoramento genético para a obtenção de cultivares comerciais.

A avaliação pelo Índice de “rank” médio, adaptado de Mulamba e Mock (1978) evidenciou ganhos genéticos com a seleção das 30 melhores matrizes nas oito características avaliadas para as 145 e 91 matrizes (Tabela 9). Os ganhos variaram de 0,43% (espessura do endocarpo) a 64,85% (peso de fruto) nas 145 matrizes e de 2,35% a 25,97%, para espessura do endocarpo e peso de amêndoa, respectivamente, nos 91 matrizes do estado de Minas Gerais. Observa-se que os maiores percentuais de ganho de seleção foram obtidos quando analisadas 145 matrizes, o que pode ser relacionado à composição dos dados, uma vez que as matrizes de procedência do Mato Grosso do Sul, São Paulo, Norte e Nordeste, são visualmente e estatisticamente inferiores as matrizes do estado de Minas Gerais.

As 30 matrizes selecionadas nas análises, tanto com 145 matrizes como com 91 matrizes, foram: 81, 34, 42, 10, 75, 14, 24, 9, 82, 65, 22, 33, 15, 7, 11, 45, 78, 19, 13, 6, 25, 50, 67, 32, 16, 74, 29, 74, 66, e 76.

O método de Mulamba e Mock (1978) permite especificar os valores genéticos preditos de cada caráter, proporcionando a definição da direção da seleção do maior para o menor, no caso de peso, volume, e diâmetro de fruto, peso, volume, e diâmetro de amêndoa, e IMP, ou do menor para o maior, no caso de espessura do endocarpo. No método adaptado de Mulamba e Mock (1978) os valores genotípicos são classificados para cada caráter e a média do rank de cada genótipo para todos os caracteres são apresentados como resultado final.

Todas as matrizes selecionadas são de procedência do estado de Minas Gerais, evidenciando a superioridade do material genético em relação às características físicas dos frutos deste estado em relação ao material dos demais estados estudados.

Tabela 9. Resposta esperada nas características avaliadas com a seleção praticada no índice de Mulamba e Mock das 30 matrizes selecionadas (1978).

Característica	145 matrizes	91 matrizes
	GS% Resposta Esperada	GS% Resposta Esperada
Peso do Fruto	64,85	22,70
Volume do Fruto	54,65	22,05
Diâmetro do Fruto	20,06	6,63
Peso da Amêndoa	49,77	25,97
Volume da Amêndoa	45,67	24,33
Diâmetro da Amêndoa	20,37	8,65
Espessura do Endocarpo	0,43	2,35
IMP	25,87	7,48

CONCLUSÕES

Houve variabilidade genética entre as 145 e as 91 matrizes de macaúba, com elevada variação para a maioria das características avaliadas.

As características que mais contribuíram para o estudo da diversidade genética foram à espessura do endocarpo, a o diâmetro de fruto, a o volume da amêndoa e o peso do fruto, para as 145 matrizes dos seis estados estudados. E para as 91 matrizes mineiros foram o volume do fruto, o volume da amêndoa e o diâmetro do fruto.

Os métodos utilizados agruparam as 145 matrizes em nove e 10 grupos, os 91 em 17 e oito grupos, sendo que a composição do grupo varia de acordo com o método de agrupamento de Tocher e UPGMA, respectivamente.

As 30 matrizes selecionadas pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), foram as matrizes: 81, 34, 42, 75, 10, 14, 22, 82, 24, 9, 65, 33, 15, 45, 78, 7, 6, 11, 13, 19, 64, 32, 67, 25, 29, 50, 16, 66, 74, e 76.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARKCOLL, D. (1990) Advances in new crops. Timber press, pp. 367-371.
- AZEVEDO FILHO, J. A. DE; BERTON, L. H. C.; COLOMBO, C. A.; COELHO, R. M. (2009) Biometria de frutos de macaúba coletados nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Resumo do 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel.
- BARROSO, L.P.; ARTES, R. (2003) Análise multivariada. Lavras:UFLA. 151p.
- BELLON, G.; FALEIRO, F. G.; CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUZA, L. S DE; FOGAÇA, C. M. (2009) Variabilidade genética de subamostras de macaúba (*Acrocomia aculeata*) com base em marcadores RAPD. Resumo do 5º Congresso de Melhoramento de Plantas.
- BUSO, G. S. C.; PAIVA, M. R.; TORRES, A. C.; RESENDE, F. V.; FERREIRA, M. A.; BUSO, J. A.; DUSI, A. N. (2008) Genetic diversity studies of Brazilian garlic cultivars and quality control of garlic-clover production. Genetics and Molecular Research 7: 534-541.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; REIS, R. C. P.; SOUZA, J. R.; JOST, E. (2008) Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. Ciência Rural, 38: 2138-2145.
- CARVALHO, L. P. DE; LANZA, M. A.; FALLIERI, J.; SANTOS, J. W. dos. (2003) Análise da divergência genética entre subamostras de banco ativo de germoplasma de algodão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38: 1149-1155.
- CHUBA, C. A. M.; MACHADO, M. A. G. T. C.; SANTOS, W. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. (2008) Parametros diométricos dos cachos e frutos da bocaiúva. Resumo do XX Congresso Brasileiro de Fruticultura.
- COCHARD, B.; ADON, B.; REKIMA, S.; BILLOTTE, N.; DESMIER DE CHENON, R.; KOUTOU, A.; NOUY, B.; OMORÉ, A.; PURBA, A. R.; GLAZSMANN, J. C. ; NOYER, J. L. (2009) Geographic and genetic structure of African oil palm diversity suggests new approaches to breeding. Tree Genetics & Genomes, 5: 493–504.
- CRUZ, C. D. (2001) Programa GENES – versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 648 p.
- CRUZ, C. D. (2008) Programa GENES – Diversidade Genética. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 278 p.
- ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. (1985) Handbook of seed technology for genebanks: compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources.
- HAYATI, A.; WICKNESWARI, R.; MAIZURA, I.; RAJANAIDU, N. (2004) Genetic diversity of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) germplasm collections from Africa: implications for improvement and conservation of genetic resources Theoretical Applied Genetic, 108: 1274–1284.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; SÁ JUNIOR, A. Q. DE; CARVALHO, M.; OLIVEIRA, M. A. R. DE. (2007) Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero *Acrocomia*. Patente: PI0703180-7.

MOTTA, P.E.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GOMES, J.B.V. (2002) Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:1023-1031.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology, Alexandria*, 7: 40-51.

OLIVEIRA, M. S. P.; AMORIM, E. P.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, D. F. (2007) Diversidade genética entre subamostras de açaizeiro baseada em marcadores RAPD. *Ciência Agrotécnica*, 31: 1645-1653.

OLIVEIRA, D. A.; MELO JÚNIOR, A. F.; BRANDÃO, M. M.; RODRIGUES, L. A.; FONSECA, F. S. A. DA; FERREIRA, M. F. M.; SILVA, G. M. (2008) Diversidade genética de populações de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. (Arecaceae) no norte de estado de Minas Gerais. Resumo do IX Simpósio Nacional do Cerrado.

PARENTE, E. J. S. (2003) Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio.

PEREIRA, A. A.; CLEMENT, C. R.; PICANÇO-RODRIGUES, D. (2009) Divergência genética em pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) inermes importantes para o agronegócio do palmito. Resumos do 55º Congresso Brasileiro de Genética.

REIF, J. C.; MELCHINGER, A. E.; FRISCH, M. (2005) Genetical and Mathematical Properties of Similarity and Dissimilarity Coefficients Applied in Plant Breeding and Seed Bank Management. *Crop Science*, 45: 1- 7.

RESENDE, M. D. V. de. (2000) Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes. Colombo: Embrapa Florestas, 101p. (Documentos, 47).

RESENDE, M. D. V. de. (2002) Genética biométrica e estatística: no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p.

RESENDE, M. D. V. de. (2007) Matemática e Estatística na Análise de Experimentos e no Melhoramento Genético. 1 ed. Colombo: Embrapa Florestas, 561p.

SAMAL, K. M.; JAGADEV, P. N. (1996) Genetic divergence among chickpea cultivars. *Indian Journal of Genetics & Plant breeding*, 56: 86-88.

SINGH, R.; ZAKI, N. M.; ZAKI, N.; ROSLI, R.; TAN, S.; LOW, E. L.; ITHNIN, M.; CHEAH, S. (2008) Exploiting an oil palm EST database for the development of gene-derived SSR markers and their exploitation for assessment of genetic diversity. *Institute of Molecular Biology. Versita* 63: 227—235.

SOUZA, P. C. A. (2002) Aspectos ecológicos e genéticos de uma população natural de *Euterpe oleracea* Mart. no estuário amazônico. Dissertação. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 60p.

SOUZA, A. P. DE; GONÇALVES, L. K.; AVELAR, R. C.; ARAÚJO, B. L. O.; PENNACCHI, J. P.; PACHECO, S. T.; NETO, P. C.; FRAGA, A. C. (2009) Biometria dos frutos de macaubeira. Resumo do 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel.

TEIXEIRA, L.C. (2005) Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. Informe Agropecuário 26: 18-27.

VANCOCELLOS, E. S.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. (2010) Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. Revista Ceres 57: 205-210.

VENCOVSKY, R. (1987) Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). Melhoramento e produção do milho. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, cap. 5, p.137 - 214.

3. ARTIGO II

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROGÊNIES DE MACAÚBA NA FASE JUVENIL

RESUMO

Objetivo deste trabalho foi identificar a divergência genética e agrupar 51 progênies de macaúba, baseado nas características da planta através de análise multivariada, e identificar as progênies superiores pelo índice de “rank” médio, adaptado de Mulamba e Mock (1978). Cinquenta e uma progênies coletadas nos estados de Minas Gerais e São Paulo e integrantes do banco ativo de germoplasma de macaúba da Universidade Federal de Viçosa-UFV, com doze meses de idade foram avaliadas quanto às características: crescimento da planta (cm) e número de folhas emitidas da planta. De acordo com os resultados obtidos as características avaliadas indicam a presença de variabilidade entre as 51 progênies. Altos coeficientes de herdabilidade foram obtidos, 87% e 48%, para crescimento de planta e número de folhas emitidas pela planta, respectivamente. As estimativas dos coeficientes de variação experimental foram de 29,52% para crescimento de planta e de 23,67% para número de folhas emitidas por planta. Os métodos utilizados agruparam as 51 progênies em sete e quatro grupos, pelo método de agrupamento de Tocher e UPGMA, respectivamente. As 25 progênies selecionadas pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), foram as progênies: 20, 16, 36, 9, 31, 26, 29, 12, 5, 39, 14, 21, 28, 3, 25, 4, 10, 34, 22, 48, 51, 6, 35 e 38.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*, variabilidade, agrupamento

GENETIC DIVERSITY AMONG MACAW PALM PROGENIES IN THE JUVENILE STAGE

ABSTRACT

The aim of the work was to identify the genetic diversity and cluster of 51 progenies of macaw palm, based on plant characteristics by multivariate analysis, and identify progenies by index above the rank medium, adapted from Mulamba and Mock (1978). Fifty-one progenies collected in de states of Minas Gerais and São Paulo and members of the macaw palm germplasm bank of Universidade Federal de Viçosa- UFV, with twelve months of age were evaluated for the characteristics: plant growth (cm) and number of leaves to the plant. According to the results evaluated characteristics indicate the presence of variability among 51 progenies. High heritability was obtained, 87% 48% for plant growth and leaf number issued by the plant, respectively. Estimates of coefficients of variation were 29.52% for plant growth and 23.67% for number of leaves to the plant. The methods grouped the 51 progenies in seven and four groups by clusters method Tocher and UPGMA, respectively. The 25 selected progenies by the method of "ranks," adapted from Mulamba and Mock (1978), were: 20, 16, 36, 9, 31, 26, 29, 12, 5, 39, 14, 21, 28, 3, 25, 4, 10, 34, 22, 48, 51, 6, 35 and 38.

Keywords: *Acroconia aculeata*, variability, clustering

INTRODUÇÃO

O cultivo de macaúba desempenha grande importância sócio-econômica, pois é realizado por um grande número de pequenos produtores, e de forma extrativista. No entanto, a atividade apresenta baixa produtividade devido a natureza do extrativismo, o qual é praticado em populações de plantas heterogêneas, de idade, *stand* e qualidade variado, o que dificulta a aplicação de técnicas de manejo e de colheita, levando ao baixo rendimento e qualidade dos frutos. Com o intuito de solucionar esse problema é de fundamental importância o desenvolvimento e o aprimoramento dos programas de melhoramento genético com a espécie (Benin et al., 2003).

A divergência genética é de grande importância para o melhoramento, pois, adequadamente explorada, pode reduzir a vulnerabilidade da cultura a doenças e, ao mesmo tempo, acelerar o progresso genético para determinados caracteres (Cui et al., 2001). Quanto mais divergentes forem os genitores, maior a variabilidade resultante na população segregante, e maior a probabilidade de reagrupar os alelos em novas combinações favoráveis.

Assim, é de fundamental importância o desenvolvimento e o aprimoramento de programas de melhoramento genético com a espécie, visando aumentar a rentabilidade em termos de produção e, ao mesmo tempo, preservar e recuperar os recursos naturais, podendo assim, obter benefícios ambientais e econômicos, servindo também de opção para sistemas agroflorestais.

Costa et al. (2005), enfatizam que a avaliação do desenvolvimento inicial das progênies de erva-mate estimula o estabelecimento de um programa de melhoramento genético com germoplasma nativo, tendo em vista o delineamento de estratégias ideais, visando maximizar os ganhos genéticos das características de interesse.

O sucesso de um programa prático de melhoramento de espécies perenes depende também de conhecimento do germoplasma disponível para a obtenção do produto desejado, bem como, da variação biológica entre espécies no gênero, entre populações, dentro de espécies e indivíduos. Desse modo, a estimação de parâmetros e a avaliação genética de indivíduos são essenciais nas várias etapas do programa de melhoramento, notadamente, como o monitoramento desde a fase de desenvolvimento inicial das mudas para efeito de seleção ao longo do programa.

O objetivo da caracterização das subamostras existentes em um banco de germoplasma é possibilitar que o máximo da variabilidade genética seja reunida e preservada com o mínimo possível de duplicações, além de promover material genético para a condução de programas de melhoramento.

No caso específico da macaúba, nota-se um expressivo interesse da comunidade científica, especialmente pela propriedade oleaginosa dos frutos, em relação à possibilidade de obtenção de materiais geneticamente superiores. A detecção dos melhores genótipos nativos da espécie, a fim de propiciar uma maior produtividade e especificidade dos caracteres desejados em termos comerciais, visando aumentar o rendimento da espécie através do uso de mudas e sementes melhoradas, torna-se uma ferramenta importante contribuindo significativamente nesta perspectiva.

Assim o objetivo deste trabalho foi determinar a divergência genética e agrupar 51 progênies de macaúba, baseado nas características da planta através de análise multivariada, e

identificar as progênes superiores pelo índice de “rank” médio, adaptado de Mulamba e Mock (1978).

MATERIAL E MÉTODOS

Cinqüenta e uma matrizes coletadas nos estados de Minas Gerais e São Paulo e integrantes do banco de germoplasma de macaúba da Universidade Federal de Viçosa-UFV (Tabela 1), foram avaliados quanto a duas características da planta na fase juvenil.

As progênes passaram por processo de germinação, segundo metodologia de Motoike et al., (2007), no Laboratório de Melhoramento de Palmáceas da Universidade Federal de Viçosa. Após, a obtenção das sementes pré-germinadas o preparo das mudas foi realizado em casa de vegetação e no viveiro do Departamento de Fitotecnia, setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa e o plantio realizado na Fazenda Experimental de Araponga pertencente a esta universidade, no município de Araponga-MG.

O número de plantas implantadas variou de uma a dez plantas, de acordo com o número de plantas de cada progênie que compõe o banco de germoplasma de macaúba. As seguintes características da plantas com 12 meses de idade foram avaliadas: Crescimento da Planta (cm): obtido pela diferença da altura da planta um ano após o plantio das mudas pela altura da muda no plantio; e Número de Folhas emitidas por Planta: obtido pelo número de folhas emitidas no primeiro ano após o plantio.

Tanto na fase de preparo e avaliação das mudas, como no campo as plantas receberam tratos culturais, tais como, adubação, capina, e controle de pragas.

Preliminarmente, os dados obtidos foram submetidos à análise de REML/BLUP, a fim de verificar a existência de variabilidade genética entre as progênes.

Utilizou-se a análise multivariada, aplicando-se as técnicas de agrupamento. Na técnica de agrupamento, foi utilizada a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade, e na delimitação dos grupos, o método Tocher e UPGMA (Média aritmética de grupos não ponderados), para estabelecer um dendograma que pudesse identificar grupos de genótipos. Todas as análises foram feitas com base nas avaliações das 51 progênes. Utilizou-se o software Selegen-Reml/Blup – versão 2008 (Resende, 2002, 2000) e GENES – versão 2009 (Cruz, 2001) para realizar as análises estatísticas.

Tabela 1. Procedência das progênies de macaúba utilizadas para análise de diversidade.

Progênies	Estado
1 ao 45	Minas Gerais
46 ao 51	São Paulo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos para as características avaliadas observou-se a presença de variabilidade entre as 51 progênies (Tabela 2). As estimativas de variância residual foram sempre inferiores a variância fenotípica para as duas características. Os valores de coeficiente de variação relativa (CVr%) encontrados foram inferiores a unidade. No entanto, dado o número de repetições utilizados foram suficientes para proporcionar uma precisa inferência sobre o valor genotípico das progênies.

Devido a ampla variabilidade existente entre as progênies estudadas, foram obtidos altos coeficientes de herdabilidade, 87% e 48%, para crescimento de planta e número de folhas emitidas pela planta, respectivamente. Este parâmetro indica a possibilidade de seleção de genótipos promissores de macaúba, que pode ser utilizados em estudos futuros de melhoramento da espécie ou para servirem de fonte inicial de sementes para plantios.

Para o início de um programa de melhoramento a seleção das populações a serem trabalhadas deve ser em relação a caracteres relacionados ao produto de interesse, no caso das oleaginosas, o óleo. Para macaúba, apesar de ainda não terem sido avaliadas as características de produção, sabe-se que estas podem estar correlacionadas com caracteres vegetativos analisados na fase juvenil, assim como ocorre para açaí (Farias Neto et. al., 2005) e pupunha (Nogueira et al., 2004).

As estimativas dos coeficientes de variação experimental foram de 29,52% para crescimento de planta e de 23,67% para número de folhas emitidas por planta (Tabela 2). Estes resultados indicam a existência de boa precisão na obtenção e análise dos dados, pelo número de repetições utilizados.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos obtidos da análise de 51 progênies do Banco Ativo de Germoplasma de macaúba da UFV, aos 12 meses de idade, em relação às características: Crescimento da Planta (CP), e Número de Folhas emitidas por Planta (NFP).

Parâmetros*	CP (cm)	NFP (unidade)
Vg	551,45	0,75
Ve	77,95	0,80
Vf	629,40	1,55
$h^2g = h^2$	0,87±0,29	0,48±0,22
CVg %	31,26	17,56
CVe %	29,52	23,67
CVr %	0,53	0,37
Média	75,11	4,93

* Vg: variância genotípica entre progênies; Ve: variância residual; Vf: variância fenotípica; $h^2g = h^2$: herdabilidade dos efeitos genotípicos totais; CVg%: coeficiente de variação genotípica; CVe%: coeficiente de variação residual; CVr = CVg/CVe = coeficiente de variação relativa.

A existência de variabilidade genética entre as progênies permitiu separá-los pelo método de Tocher em sete grupos (Tabela 3). O primeiro grupo formado por 32 progênies, dois grupos com seis progênies cada, e quatro grupos com apenas uma progênie. O grupo III agrupou todas as progênies de São Paulo. Os agrupamentos foram relacionados com as origens geográficas das progênies. Estes resultados corroboram com Abreu et al. (2009) que estudou a variabilidade de 10 acessos de pinhão-mansão em relação as características juvenis da planta pelo método Tocher.

Tabela 3. Grupos de similaridade genética entre 51 progênies de macaúba estabelecidos pelo método de Tocher, baseado na distância euclidiana média.

Grupo	Progênies
I	1 2 3 4 5 6 7 8 9 11 12 13 14 16 17 19 21 22 24 25 26 27 28 29 30 32 33 34 35 38 40 41 42 43 45
II	10 18 23 31 39 44
III	46 47 48 49 50 51
IV	37
V	20
VI	15
VII	36

O método do UPGMA formou quatro agrupamentos utilizando 70% de dissimilaridade (Figura 1). Três grupos com mais de 14 progênies e um com apenas quatro progênies. O primeiro grupo foi formado por todas as progênies do estado de São Paulo e alguns de Minas Gerais (Tabela 4).

Trabalhos com macaúba utilizando técnicas moleculares (Bellon et al., 2008; Oliveira et al., 2008) e o método UPGMA também observaram uma tendência de agrupamento conforme a origem geográfica.

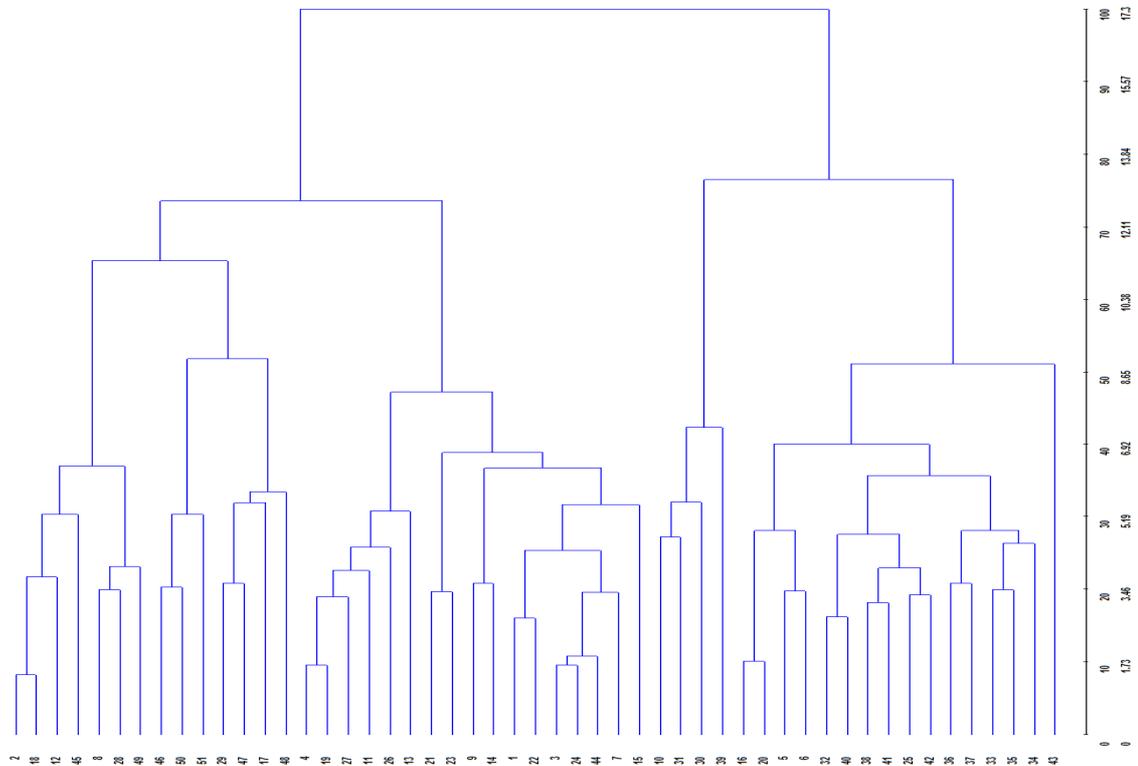


Figura 1. Agrupamento das 51 progênies de macaúba pelo método UPGMA, com base na divergência genética expressa pela distância generalizada de Mahalanobis.

Tabela 4. Grupos de similaridade genética entre 45 progênies de macaúba estabelecidas pelo método de UPGMA, baseado na distância euclidiana média.

Grupo	Progênies
I	2 8 12 17 18 28 29 45 46 47 48 49 50 51
II	1 3 4 7 9 11 13 14 15 19 21 22 23 24 26 27 44
III	10 30 31 39
IV	5 6 16 20 25 32 33 34 35 36 37 38 40 41 42 43

Os métodos utilizados agruparam as progênies com tendência da origem geográfica. No entanto, os grupos formados não foram coincidentes. Esta separação em grupos distintos é importante para o melhoramento genético da espécie, pois a partir destes agrupamentos pode ser obtida a heterose para os caracteres quantitativos de interesse econômico quando se cruzar progênies pertencentes a diferentes grupos.

A avaliação pelo Índice de “rank” médio, adaptado de Mulamba e Mock (1978) evidenciou ganhos genéticos nas características avaliadas para as progênies (Tabela 5). Os

ganhos das 25 progênies selecionadas foram de 11,01% para crescimento de planta e 2208% para número de folhas emitidas por planta. As 25 progênies selecionadas na análise foram: 20, 16, 36, 9, 31, 26, 29, 12, 5, 39, 14, 21, 28, 3, 25, 4, 10, 34, 22, 48, 51, 6, 35 e 38.

O método de seleção pelo Índice de “rank” médio, adaptado de Mulamba e Mock (1978) permite especificar os valores genéticos preditos de cada caráter, proporcionando a definição da direção da seleção, e a média do rank de cada genótipo para todos os caracteres são apresentados como resultado final.

Tabela 9. Resposta esperada nas características avaliadas com a seleção praticada no índice de Mulamba e Mock (1978).

Características	GS% Resposta Esperada
Crescimento de Planta	30,32
Número de folhas	4850,5

CONCLUSÃO

Houve variabilidade genética entre as 51 progênies de macaúba para as características número de folhas por planta e crescimento da planta.

Os métodos utilizados agruparam as 51 progênies em sete e quatro grupos, pelo método de agrupamento de Tocher e UPGMA, respectivamente.

As 25 progênies selecionadas pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), foram as progênies: 20, 16, 36, 9, 31, 26, 29, 12, 5, 39, 14, 21, 28, 3, 25, 4, 10, 34, 22, 48, 51, 6, 35 e 38.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, B. F.; RESENDE, M. D. V. DE; ANSELMO, J. L.; SATURNINO, H. M.; BRENHA, J. A. M.; FREITAS, F. B. (2009) Variabilidade Genética entre subamostras de pinhão-mansão na fase juvenil. *Magistra*, 21: 36-40.

BENIN, G. et al. (2003) Comparações entre medidas de dissimilaridade e estatísticas multivariadas como critérios no direcionamento de hibridações em aveia. *Ciência Rural*, 33: 657- 662

CUI, Z. et al. (2001) Phenotypic diversity of modern Chinese and North American soybean cultivars. *Crop Science*, 41: 1954-1967.

BELLON, G.; FALEIRO, F. G.; CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUZA, L. S DE; FOGAÇA, C. M (2008) Variabilidade genética de subamostras de macaúba (*Acrocomia aculeata*) com base em marcadores RAPD. Resumo do 5º Congresso de Melhoramento de Plantas.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V. DE; CONTINI, A. Z.; REGO, F. L. H.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. (2005) Avaliação genética dentro de progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), na região de Caarapó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. *Ciência Florestal*, 15: 371-376.

CRUZ, C. D. (2001) Programa GENES – versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 648 p.

FARIAS NETO, J. T. et al. (2005) Variabilidade genética em progênes jovens de açazeiro. *Cerne*, 11: 336-341.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; SÁ JUNIOR, A. Q. DE; CARVALHO, M.; OLIVEIRA, M. A. R. DE. (2007) Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero *Acrocomia*. Patente: PI0703180-7.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology, Alexandria*, 7:40-51.

NOGUEIRA, O. L. et al. (2004) Relações entre caracteres fenotípicos quantitativos e a produção de palmito de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). In: MOURÃO, L.; JARDIM, M. A.; GROSSMANN, M. Açai: Possibilidade e limites em progressos de desenvolvimento sustentável no estuário amazônico. Belém: CEJUP, p. 27-36.

OLIVEIRA, D. A.; MELO JÚNIOR, A. F.; BRANDÃO, M. M.; RODRIGUES, L. A.; FONSECA, F. S. A. DA; FERREIRA, M. F. M.; SILVA, G. M. (2008) Diversidade genética de populações de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. (Arecaceae) no norte de estado de Minas Gerais. Resumo do IX Simpósio Nacional do Cerrado.

RESENDE, M. D. V. de. (2000) Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes. Colombo: Embrapa Florestas, 101p. (Documentos, 47).

RESENDE, M. D. V. de. (2002) Genética biométrica e estatística: no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p.

4. ARTIGO III

REPETIBILIDADE EM CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DO FRUTO DA MACAÚBA

RESUMO

Estimativas do coeficiente de repetibilidade têm sido utilizadas no estudo de caracteres de várias espécies de palmeiras, auxiliando na definição do número e período adequado de avaliação dos genótipos para maior eficiência dos programas de melhoramento. Para macaúba não há relatos de estudos dessa natureza. Neste contexto se faz importante a determinação do coeficiente de repetibilidade das seguintes características biométricas dos frutos: peso do fruto, volume do fruto, diâmetro equatorial do fruto, peso da amêndoa, volume da amêndoa, diâmetro da amêndoa e espessura do endocarpo; e a determinação do número mínimo de avaliações para um eficiente processo de seleção e avaliação de subamostras de macaúba. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se 145 matrizes de macaúba, provenientes de coletas realizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Pará, Maranhão e Pernambuco. Houve diferença significativa para todas as características analisadas, e observou-se concordância nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade de cada característica obtidos pelos diferentes métodos. No entanto, os coeficientes de repetibilidade variam entre as oito características, variando de 0,68 a 0,99, observados para a característica espessura do endocarpo e volume da amêndoa, respectivamente. As estimativas dos coeficientes de determinação obtidas a partir das 10 repetições para as oito características e pelos quatro métodos foram superiores a 95%. A avaliação de quatro frutos é suficiente para avaliação das características estudadas das matrizes de macaúba com coeficiente de determinação de 90%.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*, medições, estimação.

REPEATABILITY IN BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF MACAW PALM FRUITS

ABSTRACT

Estimates of repeatability coefficient have been used in character study of several species of palms, helping defining the number and appropriate period of assessment of genotypes for increased efficiency of breeding programs. For macaw palm there are no reports of such studies. In this context it is important to determining the repeatability coefficient of the following biometric characteristics of fruits: fruit weight, fruit volume, equatorial diameter of the fruit, kernel weight, kernel volume, equatorial diameter of de kernel, and thickness of the endocarp, and the determination of the number minimum ratings for an efficient selection process and evaluation of matrices plants of macaw palm. The study was conducted at the Department of Plant Science of Universidade Federal de Viçosa, analyzing 145 matrices plants of macaw palm, from collections made in the states of Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Pará, Maranhão and Pernambuco. There were significant differences for all traits analyzed, and there was agreement on the magnitude of coefficients repeatability of each feature obtained by different methods. However, the repeatability coefficients ranging between eight characteristics, ranging from 0.68 to 0.99, observed for feature endocarp thickness and volume of kernel, respectively. The coefficient of determination obtained from 10 repetitions for the eight features and the four methods were superior to 95%. The evaluation of four fruits is sufficient to assess the traits of matrices plants of macaw palm with determination coefficients of 90%.

Keywords: *Acrocomia aculeata*, measurement, estimation.

INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) é uma palmeira nativa de regiões semi-áridas que apresenta alta produtividade de óleo. A espécie possui várias aplicações, principalmente no aproveitamento de seus frutos. Neste sentido, a espécie tem se destacado, tendo em vista a propriedade oleaginosa dos frutos e sua elevada produtividade (1500 a 5000 kg de óleo/ha), sendo considerada uma espécie potencial para a produção de biodiesel (Teixeira, 2005).

As maiores concentrações de macaúba no Estado de Minas Gerais estão localizadas em três grandes regiões: Alto Paranaíba, Zona Metalúrgica e Montes Claros (Motta, et al., 2002). Ocorrendo em menor proporção nas demais regiões do estado.

A macaúba é uma espécie ainda explorada de forma extrativista. Entretanto, para a exploração industrial, estudos apontam a necessidade de substituição desta atividade por cultivos racionais (Wandeck & Justo, 1988).

As atividades orientadas para a coleta, identificação de características, funções biológicas, genes ou conjuntos gênicos desejáveis, em materiais não adaptados, semi-adaptados ou que não sofreram nenhuma forma de seleção, e sua mobilização para materiais potencialmente úteis a diferentes usuários da variabilidade genética podem ser chamadas de pré-melhoramento.

Dentre os fatores que contribuem para o sucesso de um programa de pré-melhoramento, conhecer o número de repetições (frutos) de cada material genético a ser coletado nas expedições é importante. Sendo a macaúba uma espécie perene, não domesticada, de longo ciclo de produção e devido ao elevado custo das expedições de coletas, conhecer o número de repetições auxilia na programação das expedições de coletas, no sentido de otimizar o tempo e espaço necessários para coleta e transporte de materiais genéticos promissores que possam ser incorporados aos programas.

Um dos entraves dos programas de pré-melhoramento e melhoramento é a obtenção de parâmetros que apresentem herdabilidade alta para a obtenção de ganhos genéticos satisfatórios.

Na maioria das culturas perenes, os experimentos ocupam grandes áreas, muitas vezes instalados sem utilização de delineamento experimental adequado; e, em geral, com longos prazos de execução (Oliveira e Fernandes, 2001). Assim, tem-se procurado definir o número mínimo de repetições para avaliações de genótipos. Nos programas, procura-se reduzir ou eliminar o tempo gasto avaliando repetições além do necessário, bem como evitar de avaliar

um número reduzido que provocarão erros de estimação e identificação dos genótipos superiores (Cardoso, 2006). O coeficiente de repetibilidade é uma alternativa para esses experimentos, por permitirem tomar mais de uma medida no mesmo indivíduo, definindo o limite superior de repetibilidade e do grau de determinação (Vencovsky, 1973; Falconer, 1975; Cruz et al., 2004)

Estimativas do coeficiente de repetibilidade têm sido utilizadas no estudo de caracteres de várias espécies de palmeiras, como coqueiro comum (Siqueira, 1982), coqueiro híbrido (Farias Neto *et al.*, 2003), açazeiro (Oliveira *et al.*, 2000), pupunheira (Farias Neto *et al.*, 2002), dendezeiro (Cedillo et al, 2008; Chia et al, 2009), tucumã (Oliveira e Oliveira, 2008), bacaby (Oliveira e Moura, 2008), e bacuri (Silva et al, 2009), auxiliando na definição do número e período adequado de avaliação dos genótipos para maior eficiência dos programas de melhoramento. Para a espécie em estudo não há relatos de estudos dessa natureza.

O conhecimento do coeficiente de repetibilidade permite, portanto, que a fase de avaliação seja executada com eficiência, mas com dispêndio mínimo de tempo e mão-de-obra (Lopes et al., 2001; Costa, 2003).

A repetibilidade expressa à proporção da variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum (Abeywardena, 1972; Cruz et al., 2004). Valores altos da estimativa da repetibilidade do caráter indicam que é possível predizer o valor real do indivíduo com um número relativamente pequeno de medições (Cruz et al., 2004); isto indica que pouco ganho em acurácia haverá com o aumento do número de medições repetidas.

Neste contexto se faz importante a determinação do coeficiente de repetibilidade das seguintes características biométricas dos frutos: peso do fruto, volume do fruto, diâmetro equatorial do fruto, peso da amêndoa, volume da amêndoa, diâmetro da amêndoa, espessura do endocarpo, e índice de massa processável; e a determinação do número mínimo de avaliações para um eficiente processo de seleção e avaliação de matrizes de macaúba.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se 145 matrizes de macaúba, provenientes de coletas realizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Pará, Maranhão e Pernambuco.

De cada matriz avaliou-se dez frutos, aleatoriamente, e deste foram mensuradas as seguintes características:

Peso do fruto (PF) (g): cada fruto foi pesado separadamente em balança eletrônica de 0,01g de precisão;

Volume do fruto (VF) (ml): em uma proveta volumétrica graduada contendo 200 ml de água (Volume inicial) cada fruto foi introduzido, assim obteve-se um novo volume (Volume final), pela diferença do volume final pelo inicial obteve-se o volume do fruto;

Diâmetro do fruto (DF) (mm): a medida equatorial de cada fruto foi aferida com paquímetro digital de 0,01 mm de precisão;

Peso da amêndoa (PA) (g): cada amêndoa foi pesada separadamente em balança eletrônica de 0,01g de precisão;

Volume da amêndoa (VA) (ml): em uma proveta volumétrica graduada contendo 50 ml de água (Volume inicial) cada amêndoa foi introduzida, assim obteve-se um novo volume (Volume final), pela diferença do volume final pelo inicial obteve-se o volume da amêndoa;

Diâmetro da amêndoa (DA) (mm): a medida equatorial de cada amêndoa foi aferida com paquímetro digital de 0,01 mm de precisão;

Espessura do endocarpo (EE) (mm): a medida foi aferida da porção do endocarpo aleatoriamente com paquímetro digital de 0,01mm de precisão;

Índice de massa processável (IMP): ($IMP = \text{diâmetro equatorial do fruto} - 2 \times \text{espessura do endocarpo}$). O índice de massa processável é um índice estabelecido pelos autores para determinar quantitativamente a área processável do fruto, pois os frutos foram coletados no solo, sem conhecimento prévio da qualidade fisiológica dos frutos de cada matriz.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram obtidas pelos métodos de análise de variância (ANOVA); componentes principais (CP), com base na matriz de correlações (CPC) e de covariâncias (CPCV); e análise estrutural (AE), com base na matriz de correlações.

No método de análise de variância, o coeficiente de repetibilidade é estimado por meio dos resultados da análise de variância, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} : observação referente ao i -ésimo ambiente;

μ : média geral;

g_i : efeito aleatório da i -ésimo subamostra sob a influência do ambiente permanente ($i = 1, 2, \dots, p$);

ε_{ij} : efeito do ambiente temporário associado à j-ésima medição no i-ésimo subamostra ($j= 1, 2, \dots, \eta$).

O coeficiente de repetibilidade foi dado por:

$$r = \hat{\rho} = \frac{C\hat{o}v(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij})\hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_Y^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} e $Y_{ij'}$ são as diferentes medidas, realizadas num mesmo indivíduo.

Assim, foram estimados os resultados da análise de variância para cada variável descrita, e estimados os componentes de variância associados aos efeitos genético e residual.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram obtidas pelo método dos componentes principais (Abeywardena, 1972), com base tanto na matriz de correlações como na matriz de covariâncias entre cada par de medições avaliadas nas diferentes subamostras de macaúba.

Também foram obtidas as estimativas de repetibilidade pelo método da análise estrutural, com base na matriz de correlações entre as matrizes em cada par de avaliação, conforme proposto por Mansour et al. (1981). De acordo com Cruz et al. (2004), este estimador é a média aritmética das correlações fenotípicas entre matrizes, considerando cada par de medições.

Uma vez estimado o coeficiente de repetibilidade (r), a estimativa do número de medições (η_0) necessárias para se predizer o valor real dos indivíduos com o valor de determinação genotípica (R^2) desejado foi obtida pela expressão:

$$\eta_0 = \frac{R^2 (1 - \hat{r})}{(1 - R^2) \hat{r}}$$

O coeficiente de determinação genotípica (R^2), que representa a porcentagem de certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em n medições foi obtido pela equação:

$$R^2 = \frac{\eta r}{1 + r(\eta - 1)}$$

As estimativas foram obtidas através do procedimento repetibilidade do programa GENES (Cruz, 2006a; Cruz, 2006b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância verificaram-se diferenças significativas para todas as características analisadas (Tabela 1). Estes resultados evidenciam a variabilidade existente entre as matrizes estudadas, demonstrando que o componente de variância genético confundido com os efeitos permanentes do ambiente é significativo nesta população. As médias das características foram 32,12 g para PF, 36,68 ml para VF, 39,86 mm para DF, 1,69 g para PA, 1,62 ml para VA, 16,55 mm para DA, 4,75 mm para EE, e 30,43 para IMP.

Tabela 1: Resumo da análise de variância para as características analisadas em 145 acessos de macaúba.

Características	QM acessos	QM resíduo	Média	CV%
Peso Fruto	3051,28 *	28,20	32,12	16,53
Volume Fruto	2596,97 *	10,77	36,68	8,95
Diâmetro Fruto	661,14 *	2,48	39,86	3,95
Peso Amêndoa	4,71 *	0,038	1,69	11,60
Volume Amêndoa	4,18 *	0,0006	1,62	1,55
Diâmetro Amêndoa	96,35 *	1,25	16,55	6,75
Espessura Endocarpo	7,05 *	0,33	4,74	12,10
IMP	604,63 *	3,83	30,43	6,43

* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Houve concordância nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade de cada característica obtidos pelos diferentes métodos, conferindo-lhes maior confiabilidade (Tabelas 2). No entanto, os coeficientes de repetibilidade variam entre as oito características (Tabela 1). Quando classificados pelos quatro métodos a estimativa do coeficiente de repetibilidade foi alta, conforme Resende (2002) que classifica como alta quando $\geq 0,6$.

Os valores dos coeficientes de repetibilidade para as características variaram entre 0,68 e 0,99, observados para a característica espessura do endocarpo e volume da amêndoa, respectivamente.

A obtenção dos menores valores das estimativas de repetibilidade para a característica espessura do endocarpo estaria relacionado com a forma de obtenção dos dados da estrutura avaliada (endocarpo). A espessura do endocarpo é distribuída de forma heterogênea por seu perímetro, e em alguns frutos das matrizes eram encontrados mais de uma amêndoa por fruto, o que também acentuava a heterogeneidade da espessura, pois não havia uma posição específica para a obtenção da medida, assim como foi para a característica diâmetro do fruto,

onde a posição equatorial do fruto foi definida como padrão. A influência da variabilidade da espécie, da heterogeneidade do ambiente de coleta dos frutos das matrizes podem ter colaborado na obtenção dos valores.

Não houve diferença para as estimativas dos coeficientes de repetibilidade das características obtidas pelos métodos estudados (Tabelas 2). No entanto, trabalhos realizados com outras palmeiras, como pupunheira (Farias Neto *et al.*, 2002), tucumã (Oliveira e Oliveira, 2008), coqueiro híbrido (Farias Neto *et al.*, 2003), dendezeiro do tipo dura (Cedillo *et al.*, 2008), caiaué e o dendezeiro (Chia *et al.*, 2009), e bacuri (Silva *et al.*, 2009), verificaram maior eficiência do método CPCV na obtenção das estimativas do coeficiente de repetibilidade.

Tabela 2. Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando os métodos de componentes principais baseado na matriz de covariância para as características peso do fruto (PF), volume do fruto (VF), diâmetro do fruto (DF), peso da amêndoa (PA), volume da amêndoa (VA), diâmetro da amêndoa (DA) e espessura do endocarpo (EE), em 10 frutos, em 145 matrizes de macaúba.

Característica	Valor obtido a partir de 10 medições		Número de frutos necessários para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R ² (%)	R ²	η_0 ⁽¹⁾
PF	0,92	99,09	0,80	0,36 (1)
			0,85	0,51 (1)
			0,90	0,82 (1)
			0,95	1,73 (2)
			0,99	9,00 (9)
VF	0,96	99,59	0,80	0,17 (1)
			0,85	0,24 (1)
			0,90	0,37 (1)
			0,95	0,79 (1)
			0,99	4,10 (4)
DF	0,94	99,63	0,80	0,15 (1)
			0,85	0,21 (1)
			0,90	0,33 (1)
			0,95	0,71 (1)
			0,99	3,68 (4)
PA	0,93	99,19	0,80	0,32 (1)
			0,85	0,46 (1)
			0,90	0,73 (1)
			0,95	1,54 (2)
			0,99	8,03 (8)
VA	0,99	99,98	0,80	0,01 (1)
			0,85	0,01 (1)
			0,90	0,01 (1)
			0,95	0,03 (1)
			0,99	0,15 (1)
DA	0,88	98,71	0,80	0,52 (1)
			0,85	0,74 (1)
			0,90	1,18 (1)
			0,95	2,48 (2)
			0,99	12,93 (13)
EE	0,68	95,58	0,80	1,83 (2)
			0,85	2,59 (3)
			0,90	4,11 (4)
			0,95	8,68 (9)
			0,99	45,22 (47)
IMP	0,94	99,37	0,80	0,25(1)
			0,85	0,36 (1)
			0,90	0,57 (1)
			0,95	1,20(1)
			0,99	6,26 (6)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Chia et al. (2009) avaliando os coeficientes de repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro, utilizando os mesmos métodos empregados neste trabalho, relataram que os menores coeficientes de repetibilidade foram obtidos pelo método da ANOVA, assim como Oliveira e Moura (2008) para características do cacho de bacaby pelos métodos da análise de variância, componentes principais (matriz de covariância), e análise estrutural (matriz de correlação). Tal inferioridade observada pelo método de ANOVA nos trabalhos relatados é decorrente da variância genotípica utilizada para estimar a repetibilidade, e esta não ser somente de origem genética, uma vez que o componente de variância do ambiente permanente entre indivíduos permanece confundido com esta (Costa, 2003). O método dos componentes principais permite isolar o efeito da alternância, o que não ocorre na análise de variância, ficando esse componente incluído no erro experimental.

O método da análise estrutural proposto por Mansour et al. (1981), segundo Cruz et al. (2004), apresenta diferenças conceituais em relação ao método dos componentes principais, assim, as estimativas obtidas pelos respectivos métodos tendem a ser próximas. Quando os valores das estimativas do coeficiente de repetibilidade são menores, a diferença entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos aumenta, como ocorre com as características espessura do endocarpo.

As estimativas dos coeficientes de determinação obtidas a partir das 10 repetições para as oito características e pelos quatro métodos foram superiores a 95% (Tabela 1), demonstrando que a avaliação das características pode ser realizada com alta confiabilidade. No entanto, deve-se buscar redução do número de avaliações para economia de recursos e tempo.

Assim, o número mínimo de frutos necessários para prever o valor real dos genótipos, com 95% de determinação para PF, VF, DF, PA, VA, DA, EE e IMP será de 2, 1, 1, 2, 1, 2, 9 e 1, respectivamente, por qualquer um dos métodos estudados. Apenas para a variável espessura do endocarpo é necessário realizar a avaliação em mais de dois frutos para se obter 95% de determinação.

Segundo Chia et al. (2009), dentro dos níveis de precisão aceitáveis, deve-se buscar redução do período de avaliação e medições para economia de recursos e tempo. Cedillo et al. (2008) e Costa (2003) utilizam coeficientes de determinação entre 80 e 90% em seus estudos com dendê e manga, respectivamente. Neste estudo, com coeficiente de determinação de 90% é possível reduzir o número de avaliações das características PF, VF, DF, PA, VA, DA, EE e IMP para 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4 e 1 frutos, respectivamente. Assim, estas

estimativas indicam que com quatro frutos é possível realizar a avaliação das características com boa acurácia.

Com o estudo realizado verificou-se que a redução de dez para quatro frutos não torna o processo de avaliação menos eficiente, no entanto, a avaliação de dez frutos é realizada de forma satisfatória sem dispêndio de gastos e tempo relevantes.

CONCLUSÕES

Não há diferença entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtido pelos métodos estudados.

Quatro frutos são suficientes para avaliação das características estudadas das matrizes de macaúba com coeficiente de determinação de 90%.

Tabela 3. Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando o método de análise de variância para as características peso do fruto (PF), volume do fruto (VF), diâmetro do fruto (DF), peso da amêndoa (PA), volume da amêndoa (VA), diâmetro da amêndoa (DA) e espessura do endocarpo (EE), em 10 medições, em 145 matrizes de macaúba.

Característica	Valor obtido a partir de 10 medições		Número de medições necessárias para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R^2 (%)	R^2	η_0 ⁽¹⁾
PF	0,91	99,08	0,80	0,36 (1)
			0,85	0,52 (1)
			0,90	0,83 (1)
			0,95	1,75 (2)
			0,99	9,13 (9)
VF	0,96	99,58	0,80	0,17 (1)
			0,85	0,24 (1)
			0,90	0,38 (1)
			0,95	0,79 (1)
			0,99	4,12 (4)
DF	0,96	99,63	0,80	0,15 (1)
			0,85	0,21 (1)
			0,90	0,34 (1)
			0,95	0,71 (1)
			0,99	3,69 (4)
PA	0,92	99,19	0,80	0,33 (1)
			0,85	0,46 (1)
			0,90	0,74 (1)
			0,95	1,55 (2)
			0,99	8,08 (8)
VA	0,99	99,98	0,80	0,01 (1)
			0,85	0,01 (1)
			0,90	0,01 (1)
			0,95	0,03 (1)
			0,99	0,15 (1)
DA	0,88	98,70	0,80	0,53 (1)
			0,85	0,75 (1)
			0,90	1,19 (1)
			0,95	2,50 (2)
			0,99	13,04 (13)
EE	0,68	95,45	0,80	1,91 (2)
			0,85	2,70 (3)
			0,90	4,29 (4)
			0,95	9,06 (9)
			0,99	47,21 (47)
IMP	0,94	99,36	0,80	0,26 (1)
			0,85	0,36 (1)
			0,90	0,58 (1)
			0,95	1,22 (1)
			0,99	6,33 (6)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Tabela 4. Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando o método de componentes principais baseado na matriz de correlação para as características peso do fruto (PF), volume do fruto (VF), diâmetro do fruto (DF), peso da amêndoa (PA), volume da amêndoa (VA), diâmetro da amêndoa (DA) e espessura do endocarpo (EE), em 10 medições, em 145 matrizes de macaúba.

Característica	Valor obtido a partir de 10 medições		Número de medições necessárias para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R^2 (%)	R^2	$\eta_0^{(1)}$
PF	0,92	99,09	0,80	0,36 (1)
			0,85	0,52 (1)
			0,90	0,82 (1)
			0,95	1,73 (2)
			0,99	9,03 (9)
VF	0,96	99,59	0,80	0,17 (1)
			0,85	0,24 (1)
			0,90	0,37 (1)
			0,95	0,79 (1)
			0,99	4,10 (4)
DF	0,96	99,63	0,80	0,15 (1)
			0,85	0,21 (1)
			0,90	0,36 (1)
			0,95	0,71 (1)
			0,99	3,68 (4)
PA	0,93	99,19	0,80	0,33 (1)
			0,85	0,46 (1)
			0,90	0,73 (1)
			0,95	1,54 (2)
			0,99	8,03 (8)
VA	0,99	99,98	0,80	0,01 (1)
			0,85	0,01 (1)
			0,90	0,01 (1)
			0,95	0,03 (1)
			0,99	0,15 (1)
DA	0,88	98,71	0,80	0,53 (1)
			0,85	0,74 (1)
			0,90	1,18 (1)
			0,95	2,50 (2)
			0,99	12,98 (13)
EE	0,69	95,63	0,80	1,85 (2)
			0,85	2,62 (3)
			0,90	4,16 (4)
			0,95	8,79 (9)
			0,99	45,80 (47)
IMP	0,94	99,37	0,80	0,25 (1)
			0,85	0,36 (1)
			0,90	0,57 (1)
			0,95	1,20 (1)
			0,99	6,27 (6)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Tabela 5. Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando o método da análise estrutural baseado na matriz de correlação para as características peso do fruto (PF), volume do fruto (VF), diâmetro do fruto (DF), peso da amêndoa (PA), volume da amêndoa (VA), diâmetro da amêndoa (DA) e espessura do endocarpo (EE), em 10 medições, em 145 matrizes de macaúba.

Característica	Valor obtido a partir de 10 medições		Número de medições necessárias para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R^2 (%)	R^2	η_0 ⁽¹⁾
PF	0,92	99,09	0,80	0,36 (1)
			0,85	0,51 (1)
			0,90	0,82 (1)
			0,95	1,73 (2)
			0,99	9,00 (9)
VF	0,96	99,59	0,80	0,17 (1)
			0,85	0,24 (1)
			0,90	0,37 (1)
			0,95	0,79 (1)
			0,99	4,10 (4)
DF	0,96	99,63	0,80	0,15 (1)
			0,85	0,21 (1)
			0,90	0,33(1)
			0,95	0,71 (1)
			0,99	3,68 (4)
PA	0,93	99,19	0,80	0,33 (1)
			0,85	0,46 (1)
			0,90	0,73 (1)
			0,95	1,54 (2)
			0,99	8,03 (8)
VA	0,99	99,98	0,80	0,01 (1)
			0,85	0,01 (1)
			0,90	0,01 (1)
			0,95	0,03 (1)
			0,99	0,15 (1)
DA	0,88	98,71	0,80	0,52 (1)
			0,85	0,74 (1)
			0,90	1,18 (1)
			0,95	2,48 (2)
			0,99	12,94 (13)
EE	0,69	95,61	0,80	1,84 (2)
			0,85	2,60 (3)
			0,90	4,13 (4)
			0,95	8,73 (9)
			0,99	45,47 (47)
IMP	0,94	99,37	0,80	0,25 (1)
			0,85	0,36 (1)
			0,90	0,57 (1)
			0,95	1,20 (1)
			0,99	6,26 (6)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. (1972) An application of principal component analysis in genetics. *Journal of genetics*, 61:27-51.

CARDOSO, A. I. I. (2006) Número mínimo de colheitas em pepino híbrido estimado por meio do coeficiente de repetibilidade. *Bragantia*, 65:591-595.

CEDILLO, D. S. O.; BARROS, W. S.; FERREIRA, F. M.; DIAS, L. A. S.; ROCHA, R. B.; CRUZ, C. D. (2008) Correlation and repeatability in progenies of African oil palm. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30: 197-201.

CHIA, G. S.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. N. V.; ROCHA, R. N. C.; LOPES, M. T. G. (2009) Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. *Acta Amazônica*, 39: 249-254.

COSTA, J. G. (2003) Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. *Ciência Rural*, 33:263-266.

CRUZ, C. D. (2006a) Programa Genes - Análise Multivariada e Simulação. 1. ed. Viçosa: UFV. 175 p.

CRUZ, C. D. (2006b) Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes. 1. ed. Viçosa: UFV. 285 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético, 3. ed. Viçosa: UFV. 480p.

FALCONER, D. S. (1975) *Introduction to quantitative genetics*. London: Longman. 365p.

FARIAS NETO, J. T.; YOKOMIZO, G.; BIANCHETTI, A. (2002) Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunheira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24: 731-733.

FARIAS NETO, J.T.; LINS, P. M. P.; MULLER, A. A. (2003) Estimativas dos coeficientes de repetibilidade para produção de frutos de alúmen sólido em coqueiro híbrido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 1237-1241.

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; LOPES, M. T. G.; FREITAS, G. B. (2001) Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. *Pesquisa Brasileira Agropecuária*, 36: 507-513.

MANSOUR et al. (1981) Estimators of repeatability. *Theoretical Applied Genetics*, 60: 151-156.

MOTTA, P. E.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GOMES, J. B. V. (2002) Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 1023-1031.

- OLIVEIRA, M. S. P.; LEMOS, M. A.; SANTOS, V. F.; SANTOS, E. O. (2000) Correlações fenotípicas entre caracteres vegetativos e de produção de frutos em açaizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22: 1-5.
- OLIVEIRA, M. S. P.; FERNANDES, G. L. C. (2001) Repetibilidade de caracteres do cacho de açaizeiro na condições de Belém-PA. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23: 613-616.
- OLIVEIRA, M. S. P.; MOURA, E. F. (2008) Estimativas de repetibilidade para caracteres de cacho de Bacaby (*Oenocarpus mapora*). *Anais do XX Congresso Brasileiro de Fruticultura*. Vitória, ES.
- OLIVEIRA, N. P.; OLIVEIRA, M. S. P. (2008) Repetibilidade para caracteres de cacho de tumumãzeiro. *Anais do XX Congresso Brasileiro de Fruticultura*. Vitória, ES.
- RESENDE, M. D. V. de. (2002) *Genética biométrica e estatística: no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p.
- SILVA, R. G.; CHAVES, M. C. L.; ARNHOLD, E.; CRUZ, C. D. (2009) Repetibilidade e correlação fenotípicas de caracteres do fruto de bacuri no estado do Maranhão. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31: 587-591.
- SIQUEIRA, E. R. (1982) Coeficiente da repetibilidade de produção de frutos de coqueiro comum. *Pesquisa Brasileira Agropecuária*, 17: 572-574.
- TEIXEIRA, L. C. (2005) Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. *Informe Agropecuário*, 26: 18-27.
- VENCOVSKY, R. (1973) *Princípios de Genética Quantitativa*. Piracicaba: Esalq. 97p.
- WANDECK, F. A.; JUSTO, P. G. (1988) A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: *SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, SAVANAS*, Brasília. *Anais Planaltina: EMBRAPA, CPAC*, 541-577 p.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Houve variabilidade genética entre as 145 e as 91 matrizes de macaúba, com elevada variação para a maioria das características avaliadas.

As características que mais contribuíram para o estudo da divergência genética foram à espessura do endocarpo, a o diâmetro de fruto, a o volume da amêndoa e o peso do fruto, para as 145 matrizes dos seis estados estudados. E para as 91 matrizes mineiras foram o volume do fruto, o volume da amêndoa e o diâmetro do fruto.

Os métodos utilizados agruparam as 145 matrizes em nove e 10 grupos, os 91 em 17 e 8 grupos, sendo que a composição do grupo varia de acordo com o método de agrupamento de Tocher e UPGMA, respectivamente.

As 30 matrizes selecionadas pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), foram: 81, 34, 42, 75, 10, 14, 22, 82, 24, 9, 65, 33, 15, 45, 78, 7, 6, 11, 13, 19, 64, 32, 67, 25, 29, 50, 16, 66, 74, e 76.

Houve variabilidade genética entre as 51 progênes de macaúba para as características crescimento de planta e número de folhas emitidas por planta.

Os métodos utilizados agruparam as 51 progênes em sete e quatro grupos, pelo método de agrupamento de Tocher e UPGMA, respectivamente.

As 25 progênes selecionadas pelo método dos “ranks”, adaptado de Mulamba e Mock (1978), foram: 20, 16, 36, 9, 31, 26, 29, 12, 5, 39, 14, 21, 28, 3, 25, 4, 10, 34, 22, 48, 51, 6, 35 e 38.

Não há diferença entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtido pelos métodos estudados.

Quatro frutos são suficientes para avaliação das características estudadas das matrizes de macaúba com coeficiente de determinação de 90%.