

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE
PLANTAS
FABIANO SILVA SOARES

**Diversidade genética e propagação vegetativa de mangabeira
(*Hancornia speciosa* Gomes)**

CÁCERES
MATO GROSSO-BRASIL
SETEMBRO-2016

FABIANO SILVA SOARES

**Diversidade genética e propagação vegetativa de mangabeira
(*Hancornia speciosa* Gomes)**

Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Petterson Baptista da Luz

Coorientadora: Prof^a Dr^a Ana Aparecida Bandini Rossi

CÁCERES
MATO GROSSO-BRASIL
SETEMBRO-2016

Soares, Fabiano Silva

Diversidade genética e propagação vegetativa de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)/Fabiano Silva Soares. Cáceres: UNEMAT, 2016.

101 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, 2016.

Orientador: Petterson Baptista da Luz

Co-orientadora: Ana Aparecida Bandini Rossi

1. Mangaba. 2. Frutíferas cerrado - mangaba. 3. Estaquias - mangaba. 4. Marcador ISSR – mangaba. I. Título.

CDU: 634.6(817.2)

DIVERSIDADE GENÉTICA E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MANGABEIRA
(*Hancornia speciosa* GOMES)

FABIANO SILVA SOARES

Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 16 de setembro de 2016.

Comissão examinadora:



Prof. Dr. Lázaro José Chaves - UFG



Prof. Dr. Severino de Paiva Sobrinho - UNEMAT



Prof. Dr. Petterson Baptista da Luz - UNEMAT

(Orientador)

Aos meus pais, Marinete e Francisco, e aos
meus irmãos, Flávio e Mirelli,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade de realização deste mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro do trabalho.

Ao Prof. Dr. Petterson Baptista da Luz pela amizade, confiança, estímulo, liberdade de expressão e pensamento, apoio e orientação.

À Prof^a Dr^a Ana Aparecida Bandini Rossi pelos ensinamentos transmitidos, receptividade e oportunidade de realização de parte deste trabalho no Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular da UNEMAT - Câmpus de Alta Floresta.

Aos professores Dr. Severino de Paiva Sobrinho pelas contribuições e auxílio nas coletas de material vegetal, e à Dr^a Ivone Vieira da Silva pela caracterização anatômica das estacas.

A banca examinadora pela análise crítica e construtiva.

Aos amigos Alcilene, Anderson (*in memoriam*), Gésica, Jakeline, Leandro, Paulo, Ricardo e Thalita pela boa vontade em me ajudar.

Aos colegas Cíntia, Edinéia, Fábio, Jaqueline, Kemely, Lourismar, Moisés, Nadia, Nayara e Rodrigo pelo companheirismo durante os dois anos de curso, e em especial, à Bruna e Juliana pela paciência e apoio durante as atividades laboratoriais.

Aos voluntários, bolsistas de iniciação científica, mestrandos e doutorandos dos laboratórios de Biologia Vegetal (UNEMAT - Câmpus de Alta Floresta), Genética Vegetal e Biologia Molecular e Sementes e Plantas Ornamentais (UNEMAT - Câmpus de Cáceres) pelo apoio e colaboração.

Enfim, a todos aqueles que não citei, e que contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigado.

BIOGRAFIA

Fabiano Silva Soares, filho de Francisco Cruz Soares e Marinete Silvana de Almeida Silva, nasceu em Cáceres, MT, no dia 23 de Agosto de 1990. Em dezembro de 2007 concluiu o curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio na Escola Agrotécnica Federal de Cáceres. Em agosto de 2012 recebeu o grau de Bacharel em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Câmpus de Alta Floresta. Em março de 2014 iniciou no curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas na UNEMAT - Câmpus de Cáceres, tendo obtido o título de Mestre em setembro de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS DO CERRADO	3
2.1.1. Espécies de maior relevância e o extrativismo	3
2.1.2. A busca pela domesticação	4
2.2. CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA EM PLANTAS.....	6
2.2.1. Caracterização genética com base em caracteres morfológicos.....	6
2.2.2. Caracterização genética com base em marcadores moleculares	8
2.3. PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES NATIVAS.....	9
2.3.1. Definição e descrição da técnica de estaquia.....	9
2.3.2. Bases anatômicas do enraizamento de estacas.....	12
2.4. A ESPÉCIE <i>HANCORNIA SPECIOSA</i> GOMES	13
2.4.1. Ocorrência, caracterização botânica e biologia reprodutiva	13
2.4.2. Utilização e importância socioeconômica.....	16
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
4. CAPÍTULO I - DIVERSIDADE FENOTÍPICA DE MANGABEIRA (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) COM BASE EM CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS	27
RESUMO	27
ABSTRACT.....	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
5. CAPÍTULO II - DIVERSIDADE GENÉTICA DE MANGABEIRA (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) POR CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR.....	47
RESUMO	47
ABSTRACT.....	48

INTRODUÇÃO.....	49
MATERIAL E MÉTODOS.....	50
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
6. CAPÍTULO III - DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE MANGABEIRA (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) USANDO MARCADORES ISSR.....	63
RESUMO.....	63
ABSTRACT.....	64
INTRODUÇÃO.....	65
MATERIAL E MÉTODOS.....	66
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
7. CAPÍTULO IV - ESTAQUIA E ANATOMIA CAULINAR DE MANGABEIRA (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes).....	75
RESUMO.....	75
ABSTRACT.....	76
INTRODUÇÃO.....	77
MATERIAL E MÉTODOS.....	78
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
8. CONCLUSÕES GERAIS.....	90

RESUMO

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; Setembro de 2016. Diversidade genética e propagação vegetativa de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). Orientador: Petterson Baptista da Luz. Coorientadora: Ana Aparecida Bandini Rossi.

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma arbórea frutífera que ocorre na região do Cerrado e que apresenta elevado potencial para exploração econômica dos frutos, dado as suas qualidades organolépticas e nutricionais. Todavia, é uma cultura essencialmente extrativista e a implantação de cultivos comerciais depende da identificação de materiais geneticamente superiores, além do domínio de tecnologias para propagação. O presente trabalho teve como objetivo geral ampliar as informações sobre a mangabeira, no que tange a diversidade genética e a propagação vegetativa por estaquia. Para a avaliação da diversidade genética três trabalhos foram desenvolvidos. No primeiro foram utilizados frutos maduros provenientes de 58 árvores matrizes localizadas nos municípios de Cáceres e Chapada dos Guimarães, região Centro-Sul do estado de Mato Grosso. Nos frutos foram aferidas as seguintes características: diâmetro longitudinal (DLF), diâmetro transversal (DTF) e massa do fruto (MF), massa de polpa mais casca (MPC) e rendimento (REND), número de sementes (NS) e massa total de sementes (MTS), sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT) e o ratio (SST/AT). No segundo trabalho, 24 árvores matrizes do município de Chapada dos Guimarães foram caracterizadas através das onze características dos frutos e dez marcadores moleculares ISSR (UBC: 807, 809, 810, 812, 818, 827, 834, 835, 841 e 891), bem como pela análise conjunta desses descritores. No terceiro trabalho, foi realizado o estudo da diversidade e estrutura genética de mangabeira usando os marcadores moleculares ISSR. Para os experimentos de estaquia, estacas caulinares tiveram suas bases imersas em solução hidroalcoólica com diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB), sendo mantidas em casa de vegetação por 60 dias. Paralelamente, realizaram-se análises anatômicas das estacas, utilizando material proveniente dos experimentos de estaquia. As árvores matrizes apresentaram considerável variabilidade para as características dos frutos avaliadas. Dentre as características, MF e MPC foram as que mais contribuíram para a diferenciação das árvores. Os marcadores moleculares ISSR produziram 57 bandas e 57,89% foram

polimórficas. A análise conjunta dos dados morfológicos e moleculares permitiu uma melhor distinção das árvores matrizes. A maior parte da diversidade genética está dentro dos grupos, evidenciando a necessidade de conservação de várias árvores para preservação da variabilidade genética da mangabeira. Não houve enraizamento das estacas, e anatomicamente, não foi observada a presença de barreira mecânica. Conclui-se que o estudo contribuiu na geração de informações sobre a mangabeira.

Palavras-chave: Cerrado, mangaba, variabilidade, marcador ISSR, estaquia.

ABSTRACT

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; September 2016. Genetic diversity and vegetative propagation of mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). Advisor: Petterson Baptista da Luz. Co-advisor: Ana Aparecida Bandini Rossi.

Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) is a fruit tree that occurs in the Cerrado region, with high potential for economic exploitation of the fruits due its organoleptic and nutritional qualities. However, it is an essentially extractive crop and the implementation of agricultural crops depends on the identification of genetically superior materials and the knowledge of propagation technology. This study aimed to expand the information about mangabeira regarding the genetic diversity and vegetative propagation by cuttings. For the assessment of genetic diversity three works were developed. In the first, were used mature fruits from 58 mangabeira mother trees located in the municipality of Cáceres e Chapada dos Guimarães, State of Mato Grosso. The following measurements were performed in the mature fruits: longitudinal diameter (DLF) transversal diameters (DTF) and fruit mass (MF), pulp and peel mass (MPC), yield (REND), number of seeds (NS), mass of seeds (MTS), total soluble solids (SST), pH, titratable acidity (AT) and ratio (SST/AT). On the second study, 24 mother trees of the municipality of Chapada dos Guimarães were characterized using 11 fruit traits and ten ISSR markers (UBC: 807, 809, 810, 812, 818, 827, 834, 835, 841 and 891), as well as the joint analysis of descriptors. On the third study, was performed the study of genetic structure and diversity of mangabeira using ISSR markers. For cutting experiments, the base of the stem cuttings was immersed in water-alcohol solution with different concentrations of indol-3-butyric acid (AIB), being held in a greenhouse for 60 days. At the same time, anatomical analyses of the cuttings were performed, using material from the cutting experiments. The mother trees showed considerable variability for the fruit traits that were evaluated. Among the traits, MF and MPC were the most contributors to the differentiation of trees. The ISSR markers produced 57 bands and 57.89% were polymorphic. The joint analysis of morphological and molecular descriptors allowed a better distinction of mother trees. Most of the genetic diversity is within the groups, emphasizing the need for conservation of several trees to preserve genetic variability of the mangabeira tree. There was no rooting of cuttings and, anatomically, the

presence of a mechanical barrier was not observed. In conclusion, the study contributed providing information about mangabeira trees.

Key-words: Cerrado biome, mangaba, variability, ISSR marker, cuttings.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando 23% do território nacional com uma área aproximada de 200 milhões de hectares e ocorrência predominante no planalto central (Ribeiro e Walter, 2008). Possui uma rica diversidade de espécies de plantas vasculares superiores, com destaque para as fruteiras nativas que apresentam potencial para exploração na agricultura devido sua importância socioeconômica e qualidade dos seus subprodutos (Agostini-Costa et al., 2010). Todavia, o acelerado processo de desmatamento do Cerrado, como resultado da abertura de áreas para o plantio de pastagens e monoculturas (Klink e Machado, 2005), tem agravado o risco de erosão genética e extinção de indivíduos superiores de muitas espécies nativas (Gomes e Moura, 2010).

A mangabeira, *Hancornia speciosa* Gomes, é uma espécie arbórea frutífera que ocorre na região do Cerrado, amplamente conhecida pelo aroma e sabor exótico dos seus frutos (Moura et al., 2011). Por essa razão, entre outras, foi identificada com uma das espécies prioritárias para a exploração sustentada na região Centro-Oeste do Brasil, ao lado de outras espécies, como o araticum, o baru e o pequizeiro (Agostini-Costa et al., 2010). Como a exploração dessas fruteiras tem sido feita de forma extrativista e muitas vezes predatória, torna-se imprescindível a organização e implantação de cultivos comerciais, diminuindo assim, a pressão sobre as áreas de ocorrência natural. Para tanto, são necessárias pesquisas técnico-científicas para gerar conhecimentos e incentivar o desenvolvimento de materiais adaptados para o cultivo, bem como estabelecer métodos de propagação e sistemas de produção em escala comercial (Junqueira et al., 2012).

Estudos sobre a diversidade genética são de suma importância para identificação das plantas que são promissoras aos cultivos comerciais. Um instrumento utilizado para detectar a variabilidade genética de fruteiras nativas é a caracterização física e físico-química de frutos, pois são fatores de qualidade que tornam possível a utilização e comercialização da polpa e a elaboração de produtos industrializados (Chitarra e Chitarra, 2005). Esse assunto é abordado no capítulo I, cujo objetivo foi avaliar a diversidade genética em mangabeira através das características físicas e físico-químicas dos frutos.

Informações referentes aos estudos morfológicos podem ser complementadas mediante o uso de marcadores moleculares, os quais são capazes

de detectar polimorfismo diretamente no DNA e não sofrem influência do ambiente quando comparados aos caracteres morfológicos (Ferreira e Grattaplagia, 1998). Entre os vários tipos de marcadores atualmente disponíveis, ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) são importantes porque são simples, podem ser aplicados a muitas espécies, e permitem a análise de vários loci. A principal desvantagem do uso desses marcadores é a sua natureza dominante. No capítulo II é abordada a caracterização morfoagronômica dos frutos e molecular de árvores matrizes pelos marcadores ISSR, bem como sua análise conjunta para estimar a diversidade genética em mangabeira.

A conservação de espécies nativas também depende da definição de estratégias eficientes para preservação da variabilidade genética remanescente. Estudos genéticos envolvem conhecimento sobre a diversidade e outros parâmetros genéticos de populações naturais. Marcadores moleculares têm sido frequentemente utilizados em estudos sobre a diversidade e a estrutura genética de populações (Zucchi et al., 2005). No capítulo III é caracterizada a variabilidade genética e a estrutura populacional de mangabeira, usando os marcadores ISSR.

A propagação dos indivíduos de uma determinada espécie é uma das primeiras e mais importantes atividades para o estabelecimento de cultivos comerciais (Junqueira et al., 2012). A propagação vegetativa via estaquia é muito utilizada na fruticultura, dada a possibilidade de obtenção de descendentes com as mesmas características da planta-matriz (Fachinello et al., 2005). É uma técnica dependente de processos biológicos, bem como da composição e estrutura anatômica do material de origem, com o envolvimento de compostos químicos endógenos e exógenos aplicados à estaca, que interagem entre si para, ao final do processo, resultar ou não em uma estaca enraizada. Assuntos dessa natureza são abordados no capítulo IV, utilizando-se dos resultados dos experimentos de propagação vegetativa via estaquia, da mangabeira, em resposta à aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB), bem como dos resultados sobre a descrição anatômica das estacas.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo, de modo geral, ampliar as informações referentes à mangabeira no que tange: a diversidade genética e a propagação vegetativa via estaquia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS DO CERRADO

2.1.1. Espécies de maior relevância e o extrativismo

O Cerrado é o segundo maior bioma em extensão territorial no Brasil e possui mais de 200 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 23% da área total do território nacional. É representado por um mosaico de vegetação natural, incluindo formações florestais, savânicas e campestres, as quais ocorrem predominantemente no planalto central (Ribeiro e Walter, 2008). Sua diversidade florística é determinada pela heterogeneidade de habitats e alternância de espécies (Klink e Machado, 2005).

Segundo Mendonça et al. (2008), o Cerrado brasileiro possui cerca de 11.627 espécies vasculares de plantas superiores nativas, tornando-se a savana tropical mais rica do mundo. Desse total, 110 espécies de plantas com potencial econômico, a maioria arbórea ou arbustiva, foram descritas por Almeida et al. (1998), incluindo fruteiras, madeireiras, medicinais, ornamentais, condimentares, oleaginosas, fibrosas e resiníferas, além de outras para extração de cortiça, fabricação de cosméticos e uso forrageiro. Agostini-Costa et al. (2010) destacam 71 espécies frutíferas com potencial econômico para a região Centro-Oeste do país.

Fruteiras, como o baru (*Dipteryx alata* Vog.), o araticum (*Annona crassiflora* Mart.), a mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e a cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart. ex. D.C), têm sido comercializadas regionalmente com razoável sucesso (Ribeiro et al., 2008). A grande aceitação popular pode ser atribuída ao sabor e aroma dos frutos, além do valor nutricional relacionado ao teor de vitaminas, minerais e antioxidantes (Agostini-Costa et al., 2010). Essas características favorecem o consumo da fruta fresca e o aproveitamento na forma de sucos, licores, doces, bolos, sorvetes e geleias (Almeida et al., 1998).

Há no Cerrado outras espécies frutíferas que, apesar da menor expressividade, também apresentam potencial de mercado, como o abacaxi-do-cerrado (*Ananas ananassoides* [Baker] L.B. Smith.), araçá (*Psidium guineense* Swartz), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.), caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum*

Rizz), butiá (*Butia capitata* [Mart.] Becc.), gabioba (*Campomanesia adamantium* O. Berg), jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne), maracujá-do-cerrado (*Passiflora setacea* DC), murici (*Byrsonima verbascifolia* [L.] DC), pêra-do-cerrado (*Eugenia klotzchiana* Berg) e jenipapo (*Genipa americana* L.) (Agostini-Costa et al., 2010). Ademais, podem ser utilizadas para o plantio em áreas de proteção ambiental, no reflorestamento, em parques e jardins, na recuperação de áreas desmatadas ou degradadas por pastagens, além da formação de pomares domésticos e comerciais (Pereira e Pasqualetto, 2011).

Uma das ameaças às fruteiras do Cerrado é o extrativismo, muitas vezes, praticado de maneira predatória, onde a quase totalidade dos frutos são coletados e os poucos que sobram são insuficientes para que a espécie possa se perpetuar na natureza (Ribeiro et al., 2008). Para o pequi, Melo Júnior et al. (2004) relataram que a retirada dos frutos de qualidade provoca perdas de material genético, impedindo a propagação dos genótipos superiores que foram explorados. Lima et al. (2013) sugeriram que a taxa de coleta de frutos de mangaba não deve exceder 87% dos frutos disponíveis, caso contrário pode comprometer a regeneração da população. Desta forma, a coleta extrativista pode ser tão negativa para a manutenção da biodiversidade quanto qualquer outro manejo agrícola ou pecuário malconduzido (Ribeiro et al., 2008).

A perda de biodiversidade do Cerrado é acelerada pela abertura de áreas para a introdução de pastagem para criação de gado, e pela expansão da agricultura, principalmente de monoculturas (Klink e Machado, 2005). O desmatamento acumulado em 2010 chegou a 48,54% da área total do bioma (2.039.386 km²), com um aumento de 0,31% (6.469 km²) quando comparado ao ano anterior (MMA, 2011). Essa situação agrava o risco de erosão genética e extinção de indivíduos superiores das espécies frutíferas, onde os esforços conservacionistas e para a domesticação devem ser direcionados (Gomes e Moura, 2010).

2.1.2. A busca pela domesticação

De acordo com Clement (2001), a domesticação de plantas pode ser definida como uma classe de evolução em que humanos adicionam suas ações à ação da seleção natural, às vezes em consonância ou em dissonância com esta, para adaptar uma população às suas necessidades. A adaptação ocorre mediante

mudanças fenotípicas e genotípicas da planta para que a mesma possa produzir e reproduzir numa paisagem manejada ou cultivada.

O processo de domesticação envolve várias etapas que, resumidamente, começa com a prospecção e coleta de material da espécie de interesse para análise, passando pela construção de um ideótipo que atenda as exigências do mercado e finalizando na sua recomendação para o cultivo. Para que o ideótipo seja construído, são fundamentais o emprego da caracterização, avaliação, seleção e multiplicação das plantas com os caracteres desejáveis, atividades que exigem tempo e recursos financeiros. É claro que o potencial de mercado deve orientar e viabilizar o desenvolvimento de uma forma cultivada (Clement, 2001).

Além dos passos descritos por Clement (2001), é importante conhecer também as taxas de alogamia e autogamia, hábitos fenológicos, presença de autoincompatibilidade, ecologia da espécie como sua distribuição natural, capacidade de cruzamento, convivência com outras espécies, condições edafoclimáticas de seu habitat natural, seus polinizadores, aspectos etnobotânicos e geográficos, diferenças fenotípicas, resistência a pragas e doenças e diversidade genética (Junqueira et al., 2012).

Para algumas espécies frutíferas do Cerrado, que possuem um mercado consolidado e crescente, os trabalhos de domesticação já foram iniciados, como por exemplo, para o araticum, cagaita, caju-anão, mangaba e pequi. Esses trabalhos são desenvolvidos em instituições de pesquisa e ensino, como a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados) e as Universidades de Brasília (UnB), Estadual de Goiás (UEG), Federal de Minas Gerais (UFMG), Federal de Lavras (UFLA) e Federal de Goiás (UFG) (Junqueira et al., 2012).

De acordo com Chaves (2006), em decorrência da grande variabilidade natural apresentada pela mangabeira, duas estratégias de melhoramento, via seleção, podem ser aplicadas. Na primeira, utilizando variedades de polinização aberta, propagadas via semente, o método mais adequado seria o de seleção recorrente, que envolve a seleção e recombinação de plantas ou progênies superiores, gerando uma nova população em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Este esquema tem por objetivo elevar a frequência dos alelos favoráveis na população, provocando alterações lentas e cumulativas ao longo das gerações de seleção,

porém, leva muito tempo para obtenção dos resultados. Na segunda, visando maiores possibilidades de ganho em curto prazo, a seleção visaria o plantio comercial de clones, via propagação vegetativa (utilizando a técnica de enxertia). Este esquema pode ser integrado com a seleção recorrente em um programa mais amplo, em que os ensaios de progênies maternas ou o campo de recombinação de progênies selecionadas poderiam ser utilizadas para seleção de matrizes para geração de novos clones por propagação vegetativa. Da mesma forma, clones superiores avaliados em ensaios poderiam ser inter cruzados para gerar novas populações de seleção.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA EM PLANTAS

A diversidade genética pode ser definida como a porção hereditária de uma variação possível de ser observada e mensurada, sendo empregada como termo alternativo para representar a variação genética, indicando o somatório da informação genética conhecida e o potencial de indivíduos, grupos de indivíduos, populações ou subpopulações (Vilela-Morales et al., 1997). Essa diversidade é avaliada a partir de características agrônomicas, morfológicas, moleculares, entre outras (Cruz et al., 2011).

Com o estudo da diversidade genética é possível agrupar genótipos similares a partir de técnicas multivariadas e identificar genitores geneticamente diferentes, sendo estes mais convenientes para produzir alto efeito heterótico, e maior variabilidade genética em gerações posteriores nos programas de melhoramento vegetal. Estes estudos ainda são essenciais para subsidiar programas de exploração e manejo de recursos vegetais, bem como traçar estratégias de conservação em escala regional ou geográfica (Cruz et al., 2011).

2.2.1. Caracterização genética com base em caracteres morfológicos

A caracterização morfológica consiste na adoção de caracteres morfológicos altamente herdáveis, facilmente visíveis e mensuráveis, que, a princípio, são expressos igualmente em todos os ambientes (Burle e Oliveira, 2010). Embora existam técnicas mais avançadas, os descritores morfológicos são mais acessíveis e antecedem outras técnicas, permitindo a orientação do trabalho a ser realizado com

descritores mais sofisticados, como os marcadores moleculares (Ritschel et al., 1998).

Cruz et al. (2011) classificam os descritores morfológicos em dois grandes grupos: os qualitativos, resultado de observações na planta em que são definidas várias categorias ou classes, representando uma classificação dos indivíduos, e os quantitativos, os quais podem ser mensurados em valor real, apresentando distribuição contínua, sendo controlados por poligenes de pequeno efeito e influenciados pelo ambiente. A caracterização com base em caracteres de natureza quantitativa é a mais utilizada nos estudos de diversidade genética de espécies vegetais perenes porque envolve a maioria dos caracteres de importância econômica.

Estudos anteriores realizados com a mangabeira buscaram conhecer a diversidade genética em populações naturais, com base em caracteres morfoagronômicos. Ganga et al. (2010) avaliaram dados fenotípicos de árvores e dos frutos da espécie nas condições do Cerrado. Os autores observaram uma grande variação na produção de frutos, com potencial para o melhoramento e inserção em sistemas de cultivo. Freitas et al. (2012) avaliaram 55 plantas adultas de ocorrência natural na região central do estado de Tocantins. As plantas apresentaram considerável variabilidade em relação ao número e massa de sementes e em relação à massa do fruto e massa da polpa. Os autores sugeriram que a população pode ser amostrada para fins de conservação em bancos de germoplasma, exploração em programas de melhoramento e comercialização dos frutos. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2013) para mangabeiras da região central do estado da Bahia, que combinado aos marcadores moleculares RAPD, auxiliou na diferenciação das plantas com características adequadas ao mercado de frutas.

A caracterização da variabilidade por meio da avaliação de frutos é uma prática recorrente para diversas fruteiras, permitindo a identificação de genótipos superiores para a domesticação e o cultivo em pomares comerciais (Junqueira et al., 2012). O uso de atributos físicos e físico-químicos dos frutos auxilia na escolha daqueles indivíduos que possuem potencial para a comercialização e industrialização dos frutos (Chitarra e Chitarra, 2005). Para a mangabeira, a ampla variabilidade detectada para esses caracteres permite sua exploração pelos programas de melhoramento, conservação e inserção na cadeia da fruticultura

(Gonçalves et al., 2013; Cardoso et al., 2014, Nascimento et al., 2014, Perfeito et al., 2015).

2.2.2. Caracterização genética com base em marcadores moleculares

O desenvolvimento de diversas técnicas da Biologia Molecular, nas últimas décadas, permitiu o surgimento de várias classes de marcadores capazes de evidenciar polimorfismos genéticos, a partir da análise direta do DNA. Marcadores moleculares representam qualquer dado molecular correspondente a regiões expressas ou não do genoma, capazes de evidenciar polimorfismo entre os indivíduos analisados. As metodologias utilizadas no intuito de evidenciar polimorfismo fornecem informações adicionais a outros estudos sobre a conservação e o melhoramento vegetal (Ferreira e Grattapaglia, 1998; Faleiro, 2007).

Os marcadores moleculares apresentam características tais como alto grau de polimorfismo, não sofrem influência do ambiente, de efeitos pleiotrópicos ou epistáticos. Também, podem detectar variabilidade no genoma independente do estágio de desenvolvimento da planta, ou mesmo a partir de cultura de células ou tecidos (Ferreira e Grattapaglia, 1998). Os mesmos podem ser utilizados para estudos de variabilidade genética, seleção assistida, mapeamento e análise de genes (Bered et al., 1997).

Com o advento da técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*), em meados da década de 1980, a possibilidade de estudos genético-moleculares foi ampliada, envolvendo um grande número de indivíduos de qualquer organismo vivo. Pela PCR quantidades muito pequenas de DNA podem ser amplificadas in vitro, mediante as etapas de desnaturação, anelamento e extensão do DNA alvo, resultando em milhões de cópias passíveis de análise (Ferreira e Grattapaglia, 1998).

Uma das variações da técnica de PCR descrita por Mullis et al. (1986) é a tecnologia ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) (Zietkiewicz et al., 1994). A técnica de ISSR consiste na extração do DNA de indivíduos, amplificação de fragmentos destes DNAs pela técnica de PCR, separação de fragmentos amplificados de comprimentos diferentes por eletroforese em gel de agarose ou poliacrilamida e visualização de bandas por meio de coloração dos fragmentos de

DNA com prata ou fluorescência (géis de poliacrilamida) ou com brometo de etídio (géis de agarose), diretamente no gel (Zietkiewicz et al., 1994; Faleiro, 2007).

A técnica de ISSR é considerada simples, com elevado grau de reprodutibilidade e de baixo custo (Reddy et al., 2002). Estes marcadores são dominantes, presente entre duas sequências idênticas de microssatélites, orientados em direções opostas (Reddy et al., 2002). Os *primers* podem conter repetições di-, tri-, tetra- ou penta-nucleotídicas, e podem estar desancorados ou ancorados na extremidade 5' ou 3' por 1 a 4 bases degeneradas (Zietkiewicz et al., 1994). O tamanho dos *primers* varia entre 16 a 20 pares de bases, e os produtos amplificados podem variar entre 100 a 3.000 pares de base, tanto em gel de agarose quanto em gel de poliacrilamida (Faleiro, 2007).

Estudos sobre a diversidade de populações de mangabeira por meio de marcadores moleculares são recentes. Marcadores de isoenzimas (Martins et al., 2012), RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) (Moura et al., 2011; Silva et al., 2012; Silva et al., 2013) e microssatélites ou SSR (*Simple Sequence Repeats*) (Amorim et al., 2015; Nogueira et al., 2015; Rodrigues et al., 2015) já foram utilizados e revelaram níveis altamente significativos de diversidade genética dentro e entre populações naturais de mangabeira em regiões do Cerrado e Nordeste do país, bem como em genótipos provenientes de coleções de germoplasma. Para os marcadores ISSR, trabalhos desenvolvidos por Costa et al. (2015) e Jimenez et al. (2015), também validaram o uso destes marcadores para estudos de diversidade e estrutura genética de mangabeira.

2.3. PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES NATIVAS

2.3.1. Definição e descrição da técnica de estaquia

A propagação vegetativa, assexuada ou clonal consiste na multiplicação e produção de mudas usando determinadas partes de uma planta ou clone específico, a fim de gerar um indivíduo geneticamente idêntico à planta mãe. Não ocorre recombinação, visto que se utilizam segmentos vegetativos como caules, folhas ou raízes. Assim, a constituição genética é mantida inalterada nos descendentes (Hartmann et al., 2011; Xavier et al., 2013).

Fachinello et al. (2005) definem por estacas qualquer segmento da planta, com ao menos uma gema, capaz de formar uma planta completa. As estacas podem ser de três tipos: foliares, radiculares e caulinares, sendo o tipo caulinar mais usado na propagação vegetativa em razão da maior disponibilidade de material e eficiência na produção de novas plantas (Ono e Rodrigues, 1996).

As estacas caulinares podem ser classificadas, quanto ao tipo de tecido, em lenhosas, com tecido maduro e lignificado; semilenhosas, com tecidos maduros, mas pouco lignificados; e herbáceas, com tecidos jovens e não lignificados (Hartmann et al., 2011). Segundo os autores, as estacas herbáceas são originárias de plantas com hábito herbáceo, entretanto, Xavier et al. (2013) consideram estacas herbáceas aquelas de consistência tenra e apicais. Estacas provenientes de brotações do ano também possuem consistência herbácea em razão da maior juvenilidade dos tecidos (Fachinello et al., 2005).

A estaquia só é possível dada a totipotencialidade das células vegetais em manifestar, em momentos diferentes e sob estímulos apropriados, a potencialidade em iniciar um novo indivíduo multicelular (Xavier et al., 2013). Essa capacidade é mediada pelo processo de desdiferenciação, em que células previamente diferenciadas iniciam divisão e formam um novo ponto meristemático de crescimento (Hartmann et al., 2011). Assim, o enraizamento das estacas tem origem no grupo de células próximas ao corte, que retornam as suas funções meristemáticas, convertendo-se em primórdios radiciais (Hartmann et al., 2011).

A propagação vegetativa por estaquia envolve a presença de vários compostos endógenos à estaca, com destaque para as auxinas que são hormônios vegetais indispensáveis à vida das plantas, cujos efeitos são manifestados conforme a concentração. As auxinas são constituídas por moléculas que apresentam em sua estrutura uma cadeia lateral ácida ligada a um anel aromático, distantes em 0,5 nm entre si, para que tenham atividade auxínica. Moléculas com atividade auxínica são sintetizadas nos tecidos com rápida divisão celular e crescimento, e são translocadas para os sítios de resposta por transporte polar, seguindo um movimento unidirecional do ápice para a base das plantas. Trata-se de um hormônio que influencia praticamente todos os estádios do desenvolvimento vegetal, da germinação à senescência (Mercier, 2004; Taiz e Zeiger, 2009).

A primeira auxina natural identificada nos vegetais foi o ácido indol-3-acético (AIA), considerada a mais abundante e a de maior relevância fisiológica.

Posteriormente, várias outras auxinas foram descobertas, como o ácido 4-cloroindolil-3-acético (4-cloroAIA), o ácido fenilacético e o ácido indolil-3-butírico (AIB), as quais também exercem importantes funções no desenvolvimento das plantas (Taiz e Zeiger, 2009).

A importância que o AIA exerce nas plantas induziu inúmeras investigações em busca de compostos sintéticos, com constituição química e atividades fisiológicas semelhantes, cujos resultados foram a produção de substâncias como o ácido α -naftalenoacético (ANA) e o AIB (Mercier, 2004). O AIB como regulador vegetal é uma substância mais estável e menos solúvel em relação ao AIA, e apresenta maior tolerância à luz e ao sistema AIA-Oxidase, que é destrutivo para as auxinas (Hartmann et al., 2011).

A formação de raízes adventícias em órgãos vegetativos é ocasionada em resposta à concentração de auxina, dada sua atividade biológica sobre a indução do alongamento e divisão celular em regiões meristemáticas e em tecidos totalmente diferenciados, desde que haja a desdiferenciação das células destes tecidos, retornando-as à condição totipotente (Taiz e Zeiger, 2009).

O modo de ação das auxinas quanto ao alongamento e divisão celular se deve à acidificação da parede das células, resultante da extrusão de prótons através da membrana plasmática. A acidificação induz a ativação de proteínas da parede, chamadas de expansinas, que causam o afrouxamento da parede por atuarem sobre as ligações do tipo pontes de hidrogênio, existente entre as microfibrilas de celulose e as hemiceluloses. O alongamento celular ocorre devido à entrada de água e aumento da turgidez, ocasionados em função da diferença de potencial hídrico entre os meios interno e externo da célula. O resultado desse processo é a expansão do vacúolo, que por sua vez pressiona a parede celular e promove o deslizamento das microfibrilas de celulose anteriormente afrouxadas, tornando possível a divisão celular (Mercier, 2004; Taiz e Zeiger, 2009).

Embora o efeito positivo das auxinas na estaquia seja comprovado para várias espécies, em mangabeira a aplicação destes reguladores não tem logrado êxito na produção de mudas. Ledermann et al. (1989) e Borges e Zica (1994), utilizando estacas caulinares e com aplicação de reguladores vegetais, não constataram enraizamento satisfatório.

Vários outros fatores interferem no sucesso do enraizamento de estacas, como as características genéticas, idade da planta matriz, armazenamento,

sanidade, tipo da estaca, presença ou ausência de cofatores de enraizamento, temperatura, luminosidade, umidade e a qualidade do substrato (Fachinello et al., 2005; Xavier et al., 2013). Para muitas espécies nativas, os resultados obtidos para enraizamento são baixos ou simplesmente nulos, fazendo dessa tecnologia insuficiente para a produção clonal de mudas (Xavier et al., 2013).

2.3.2. Bases anatômicas do enraizamento de estacas

A importância do conhecimento da estrutura interna do caule da espécie utilizada na estaquia pode permitir que se conheça os motivos do insucesso do enraizamento (Bortoloni et al., 2008). A formação de raízes adventícias pode ser considerada como uma sequência de eventos bioquímicos e histológicos (Moreira et al., 2000). Em plantas com crescimento secundário ocorrem dois modos distintos de formação de raízes adventícias. O primeiro é denominado de desenvolvimento direto, no qual o primórdio radicular tem origem nos meristemas, em tecidos vivos do floema secundário, nos raios vasculares e no câmbio. O segundo é o desenvolvimento indireto, no qual ocorre proliferação de um tecido indiferenciado na base da estaca, chamado de calo, antes da formação do primórdio radicular (Hartmann et al., 2011).

A rizogênese, resposta desejada após o procedimento realizado pela técnica de estaquia, é um processo complexo que envolve o redirecionamento do desenvolvimento de células totipotentes para a formação de um meristema direcionado a formação de um novo sistema radicular (Xavier et al., 2013). Segundo Hartmann et al. (2011), durante o enraizamento de estacas podem ser identificadas algumas fases, conforme as transformações que ocorrem: (1) as células já diferenciadas retornam a condição de totipotência e a desdiferenciação celular resulta na formação de um novo tecido meristemático, com células iniciais para a formação de raízes; (2) há diferenciação dessas células iniciais em raízes reconhecíveis e; (3) ocorre o crescimento e emergência das raízes adventícias, as quais proporcionarão a sustentação da nova planta.

No caule de algumas espécies existem fibras com paredes celulares espessas, que envolvem o floema secundário e podem formar uma camada esclerenquimática, sendo que o grau de continuidade desta camada é inversamente proporcional à capacidade de emissão de primórdios radiciais (Ono e Rodrigues,

1996), características presentes na grande maioria de estacas coletadas de plantas adultas (White e Lovell, 1984).

Em estudos sobre enraizamento e anatomia de estacas de *Calliandra brevipes* Benth, Mayer et al. (2008) verificaram a presença de uma camada contínua de fibras pericíclicas e sugeriram que essa pode ser uma das causas para a baixa porcentagem de enraizamento. A dificuldade de enraizamento de espinheira-santa (*Maytenus muelleri* Schwacke) encontrada por Lima et al. (2011) também está relacionada com a presença de um anel esclerenquimático quase contínuo no córtex caulinar, composto de fibras pericíclicas e esclereides, o qual constitui barreira mecânica à emissão de raízes. Todavia, alguns autores relataram que a presença do anel de fibras não foi um empecilho para o enraizamento de estacas de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn, (Bortolini et al., 2008) e várias espécies de eucaliptos (Bryant e Trueman, 2015).

O desenvolvimento de raízes adventícias em *Tibouchina sellowiana* não ficou esclarecido, porém é perceptível sua conexão vascular entre o caule e o xilema (Bortolini et al., 2008). Raízes adventícias de *Calliandra brevipes* Benth e de *Calliandra tweedii* Benth têm origem direta da região externa do floema junto ao periciclo ou da região interna do floema secundário próximo ao câmbio (Mayer et al., 2008). Em estacas de *Maytenus muelleri* a origem das raízes adventícias é a partir do câmbio ou do periciclo, externamente ao xilema (Lima et al., 2011), assim como em *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (Bryant e Trueman, 2015).

2.4. A ESPÉCIE *Hancornia speciosa* Gomes

2.4.1. Ocorrência, caracterização botânica e biologia reprodutiva

A mangabeira (*H. speciosa* Gomes) (Figura 1) é uma espécie frutífera pertencente à família Apocynaceae que ocorre espontaneamente nos Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea e Cerrados do Brasil. De acordo com Monachino (1945), *H. speciosa* compreende seis variedades botânicas: *speciosa* Gomes, *maximiliani* (A. DC.), *cuyabensis* (Malme), *lundii* (A. DC.), *gardneri* (A. DC.) Muell. Arg. e *pubescens* (Nees. et Martius) Muell. Arg. Essa classificação, ainda muito utilizada pelos taxonomistas, está baseada nas diferenças morfológicas

apresentadas pelas plantas, relacionadas as folhas, frutos e taxa de crescimento de mudas no campo (Chaves, 2006; Ganga et al., 2009), por exemplo. No entanto, uma reclassificação recente (Koch et al., 2014) sugeriu que muitas delas são sinónimas e que a mangabeira pode ser classificada em apenas duas variedades (*speciosa* e *pubescens*).

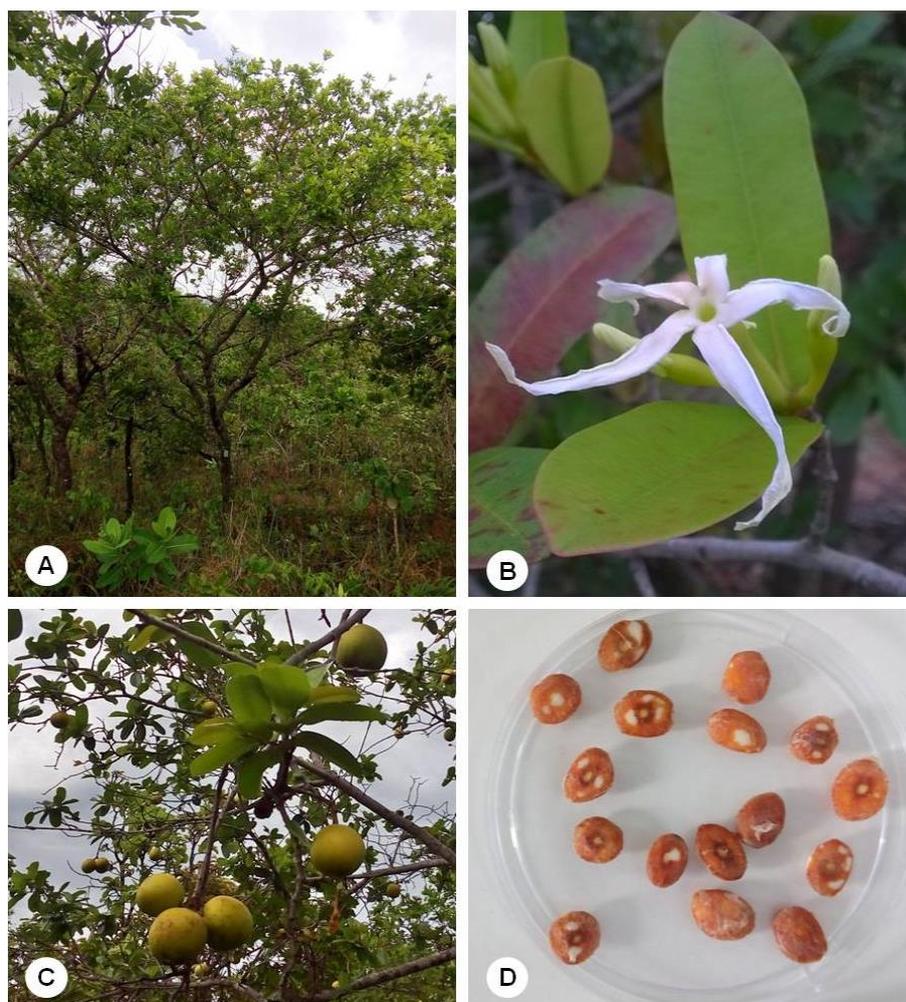


Figura 1 A-D A espécie *H. speciosa*. A. Planta adulta; B. Flor com pétalas de coloração branca; C. Frutos do tipo baga; D. Sementes recém-extraídas do fruto. Fotos: Fabiano Silva Soares, Petterson Baptista da Luz, 2016.

A variedade típica, *H. speciosa* var. *speciosa* ocorre a partir do Nordeste para o Centro-Oeste e Norte do país. As variedades *maximiliani* e *lundii* tem ocorrência no Sudeste. A variedade botânica *cuyabensis* é encontrada no Mato Grosso, mais especificamente na Chapada dos Guimarães, e a *gardneri* e *pubescens* ocorrem no Brasil central (Monachino, 1945; Collevati et al., 2016).

O reconhecimento das variedades ainda não está completamente esclarecido e estudos moleculares já foram realizados visando investigar a variação genética. Moura (2003), ao comparar 15 plantas de folhas pubescentes com 40 plantas de folhas glabras de duas populações naturais de Goiás, utilizando marcadores RAPD, verificou que toda a variação detectada, apenas 4,71% foram devidos à variação entre variedades. Utilizando marcadores RAPD e microssatélites, Nogueira et al. (2015) também observaram uma baixa divergência genética entre 34 genótipos das seis variedades botânicas distribuídas em 27 localidades do Cerrado, e que a ausência de fragmentos microssatélites específicos para os diferentes genótipos analisados não foi capaz de distinguir as variedades botânicas de mangabeira (Nogueira et al., 2015). De uma forma ou de outra, esses autores sugeriram que a diferenciação morfológica entre as variedades é mais provável devido à deriva genética e a adaptação ecológica.

As plantas adultas dessa espécie apresentam porte arbóreo (Figura 1-A), que variam de 4 a 15 m de altura e copa ampla, com ramos inclinados e numerosos. É uma planta que exsuda látex de cor branca ou róseo-pálida por todos os tecidos. Apresenta folhas simples, opostas, pecioladas, glabras ou pubescentes e coriáceas, de forma e tamanho variado. Sua inflorescência possui de uma a cinco flores hermafroditas e completas, com pétalas de coloração branca e perfumada (Figura 1-B). O fruto é uma baga elipsoidal ou arredondada, com exocarpo amarelo-esverdeado, apresentando ou não manchas avermelhadas (Figura 1-C), polpa de sabor bastante suave, doce, carnosos-viscosa, ácida, contendo de duas a trinta sementes discoides, castanho-claras, delgadas, rugosas e com hilo no centro (Figura 1-D) (Silva Junior e Lédo, 2006).

A mangabeira é uma planta semidecidual e heliófita que apresenta maior desenvolvimento vegetativo em épocas com temperaturas mais elevadas (24-26 °C), pluviosidade entre 750 e 1.600 mm anuais e solos pobres e arenosos (Nogueira e Albuquerque, 2006). No Cerrado, está associada aos tipos Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo distrófico, Neossolos Quartzarênicos distróficos, Cambissolos distróficos, Plintossolos pétricos concrecionários e afloramentos rochosos (Ganga et al., 2010). A floração se inicia no mês de julho, prolongando-se até setembro, e a frutificação ocorre entre setembro e dezembro (ISA, 2009).

O sistema de cruzamento foi avaliado por Darrault e Schulindwein (2005) em um trabalho de campo com cinco árvores adultas de mangabeira. Os autores

constatarem que a espécie é autoincompatível e que a morfologia floral apresenta um papel funcional que lhe confere um sistema de polinização cruzada, além de permitir economia na produção de pólen. Relataram também o desenvolvimento inicial de frutos provenientes de flores autopolinizadas, o que pode estar relacionado a um mecanismo de autoincompatibilidade tardio.

A polinização das flores é realizada por insetos de onze espécies de abelhas (Hymenoptera) e 23 de Lepidoptera nos períodos diurno e noturno. Destas, 50% referem-se à Sphingidae, 39% a Hesperidae e 9% a Nymphalidae. Durante o dia, os visitantes florais são as abelhas *Euglossini* e borboletas *Nymphalidae*, com os hesperídeos mais frequentes nos períodos crepusculares matutinos e os esfingídeos à noite (Darrault e Schulindwein, 2005).

De acordo com Collevati et al. (2016), para quatro variedades botânicas de mangabeira (var. *gardneri*, *pubescens*, *cuyabensis* e *speciosa*) estabelecidas em condições de campo, a dispersão de pólen atingiu uma distância máxima maior que 160 m, embora a média de distância de dispersão foi curta (53,5 m) e a maior dispersão de pólen (64%) ocorreu em distâncias inferiores a 60 m. Como a densidade de árvores foi relativamente alta (190,3 árvores.ha⁻¹), a dispersão de pólen não apresentou correlação com a distribuição espacial das árvores, porém, favoreceu uma alta taxa de cruzamento, perto de 1,0, confirmando que não existe isolamento reprodutivo entre as variedades botânicas avaliadas e também a evidência de autoincompatibilidade. Cerca de 9,1% dos cruzamentos foram relacionadas as plantas com algum grau de parentesco, demonstrando que cruzamentos endogâmicos podem acontecer.

2.4.2. Utilização e importância socioeconômica

Pelo aroma e sabor que apresentam, o fruto da mangabeira é uma das mais populares produtoras de matéria-prima para a agroindústria do Nordeste do Brasil. São utilizados, sobretudo, para a fabricação de sucos, polpas congeladas e sorvetes. O fruto também pode ser consumido in natura ou utilizado no preparo de doces secos, compotas, geleias, vinho e vinagre (Lederman et al., 2000). Por isso, a mangaba tem se destacado em potencial econômico e vem despertando o interesse crescente de consumidores e dos setores ligados à sua industrialização e comércio (Ganga et al., 2010).

A polpa é composta por água (83,3%), carboidratos (8,61%), fibras (4,5%), lipídeos (2,3%), proteínas (0,86%) e cinzas (0,43%), além de apresentar uma elevada acidez, teor de sólidos solúveis médios (13,1 °Brix) e baixo conteúdo de açúcar redutor (9%) e valor calórico (58,58 kcal 100 g⁻¹) (Assumpção et al., 2014). É fonte dos minerais cálcio, ferro, zinco, sódio, fósforo, manganês e cobre (Silva et al., 2008; Pereira et al., 2010). O alto conteúdo de vitamina C (165,82 mg 100g⁻¹) e vitamina E (2.732,5 µg 100g⁻¹) mostram que a polpa pode compor a dieta de crianças e adultos (Cardoso et al., 2014).

A mangaba é considerada um alimento funcional com propriedades antioxidante, antidiabética e antiobesidade (Bailão et al., 2015). Cardoso et al. (2014) mencionam os compostos β-caroteno, β-criptoxantina, ácido ascórbico, α-tocoferol, α-, β- e γ-tocotrienol, THF, 5-MTHF e 5-FTHF como os principais antioxidantes naturais. Compostos voláteis também foram identificados, incluindo a classe dos álcoois, aldeídos, terpenos, ésteres, cetonas e hidrocarbonetos, responsáveis pelo sabor característico do fruto e desempenho dos seus produtos (Assumpção et al., 2014; Lima et al., 2015).

Além do fruto, outras partes da planta têm propriedades medicinais, como a casca utilizada para tratar gastrite causada por *Helicobacter pylori* (Moraes et al., 2008), e o látex que apresenta atividade anti-inflamatória (Marinho et al., 2011). O extrato das folhas é eficiente no tratamento da hipertensão (Silva et al., 2011) e do diabetes (Pereira et al., 2015). Além disso, o látex é considerado uma fonte alternativa de borracha natural (Medeiros et al., 2010) e as sementes fontes de bio-óleo (Santos et al., 2015).

A produção de frutos é quase que totalmente extrativista e, segundo as estatísticas da extração vegetal do Brasil (IBGE, 2015), a produção em 2014 foi equivalente a 685 toneladas, das quais a maioria proveio da região Nordeste. Os estados de Sergipe, Paraíba e Bahia foram os de maior produção, respondendo respectivamente por 52%, 14% e 13% do total nacional. No período de 1996 a 2002, o estado de Minas Gerais apresentou uma produção equivalente à de Sergipe; porém perdeu expressividade a partir do ano de 2003. Nesse período, Mato Grosso também aparece como um pequeno produtor da fruta. Atualmente, o único representante da região Centro-Oeste no cenário nacional é o estado de Goiás, com uma produção estimada da fruta em 5 toneladas (Tabela 1). Esses números mostram que a expressividade da produção de frutos na região Nordeste está ligada

a tradição da população local em apreciar a fruta e a existência de um mercado consolidado para sua comercialização. Para as demais regiões do país, o mercado está em expansão e por isso os dados do extrativismo são relativamente mais baixos quando comparado ao Nordeste.

Tabela 1 Produção nacional de mangaba (toneladas), no período de 1990 a 2014. Fonte: IBGE (2015).

Anos	MA	PI	CE	RN	PB	AL	SE	BA	MG	MT	GO	Brasil
1990	1	1	-	30	487	-	102	351	1	-	-	972
1991	1	1	-	31	73	-	93	379	1	-	-	580
1992	1	1	-	29	29	-	89	391	1	-	-	541
1993	2	1	-	23	15	-	83	154	4	-	-	281
1994	2	1	-	27	9	-	78	185	3	-	-	305
1995	2	1	-	30	9	-	83	183	3	-	-	310
1996	1	0	-	31	15	-	546	194	572	5	-	1.364
1997	0	0	-	35	13	-	514	185	526	5	-	1.279
1998	0	-	-	31	-	-	524	152	519	4	-	1.231
1999	0	-	-	27	-	-	517	160	508	1	-	1.212
2000	0	-	-	27	-	-	524	170	498	1	-	1.222
2001	0	-	-	28	-	-	492	170	490	1	-	1.181
2002	0	-	-	31	-	32	475	163	445	1	-	1.147
2003	-	-	-	63	-	37	500	164	235	-	-	999
2004	-	-	-	76	-	31	509	169	5	-	-	790
2005	-	-	-	79	48	19	497	163	5	-	-	811
2006	-	-	-	71	49	9	520	170	6	-	-	824
2007	1	-	-	55	96	8	436	172	4	-	-	773
2008	1	-	-	60	99	8	397	142	4	-	-	711
2009	1	-	0	37	100	32	386	138	4	-	-	699
2010	1	-	0	44	99	33	401	142	1	-	-	722
2011	1	-	0	85	79	34	351	128	1	-	1	680
2012	1	-	0	79	89	33	367	105	1	-	0	677
2013	1	-	0	81	95	33	327	100	1	-	0	639
2014	2	-	38	71	93	34	353	89	1	-	5	685

AL: Alagoas; BA: Bahia; CE: Ceará; GO: Goiás; MA: Maranhão; MG: Minas Gerais; MT: Mato Grosso; PB: Paraíba; PI: Piauí; RN: Rio Grande do Norte e SE: Sergipe.

*Valor zero atribuído onde, por arredondamento, o total não atinge a unidade de medida.

O mercado para esta fruta encontra-se principalmente na região Nordeste do país, podendo ser encontrada em comércios informais nas ruas ou nas feiras e mercados municipais. A comercialização é totalmente dependente da oferta da fruta,

que no auge é vendida ao maior número de compradores, como donos de lanchonetes, varejistas, consumidores e intermediários. Quando a fruta ainda é relativamente rara, a venda é realizada diretamente aos consumidores porque é mais lucrativa (Mota et al., 2008). No litoral Sul de Sergipe a caixa com 27 kg no período da safra é vendida por um valor entre R\$ 15,00 e R\$ 20,00 e o litro entre R\$ 1,00 e R\$ 3,00, enquanto que na entressafra os valores são reajustados e a caixa é comercializada por um preço que varia entre R\$ 50,00 e R\$ 60,00 e o litro entre R\$ 5,00 e R\$ 6,00 (Santos e Souza, 2016).

A conquista de novos mercados está condicionada à implantação de pomares comerciais, pois a produção extrativista mal atende a demanda do mercado consumidor local. A grande demanda desse mercado, aliada à baixa oferta do produto, estão entre os principais fatores responsáveis pelo desconhecimento da mangaba pela maioria da população brasileira, o que inviabiliza a divulgação, comercialização e distribuição de polpa processada em todo o território. Considerando a sua alta cotação e aceitação entre seus habituais consumidores, vislumbra-se um enorme mercado potencial em expansão (Lederman et al., 2000).

A mangabeira tem, ainda, representação importante no contexto socioeconômico, pois inúmeras famílias têm, na colheita e comercialização da mangaba, uma importante ocupação e fonte de renda. De acordo com Mota et al. (2008), os frutos são colhidos por mulheres, autodenominadas de catadoras, as quais são responsáveis também pelo pós-colheita e venda. Estas catadoras ainda contribuem para a conservação dos remanescentes (Santos e Souza, 2016), apesar de estudos apontarem que o extrativismo malsucedido pode resultar na redução de indivíduos das populações naturais (Lima et al., 2013).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. Espécies de maior relevância para a região Centro-Oeste. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. F. (eds). **Frutas nativas da região Centro Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. p.15-30.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 464p.

AMORIM, J. A. E.; MATA, L. R.; LÉDO, A. S.; AZEVEDO, V. C. R.; SILVA, A. V. C. Diversity and genetic structure of mangaba remnants in states of northeastern Brazil. **Genetics and Molecular Research**. 14: 823-833, 2015.

ASSUMPÇÃO, C. F.; BACHIEGA, P.; MORZELLE, M. C.; NELSON, D. L.; NDIAYE, E. A.; RIOS, A. O.; SOUZA, E. C. Characterization, antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits. **Ciência Rural**. 44: 1297-1303, 2014.

BAILÃO, E. F. C.; DEVILLA, I. A.; CONCEIÇÃO, E. C.; BORGES, L. L. Bioactive compounds found in Brazilian Cerrado fruits. **International Journal of Molecular Sciences**. 16: 23760-23783, 2015.

BARED, F.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. Marcadores moleculares e sua aplicação no melhoramento genético de Plantas. **Ciência Rural**. 27: 513-520, 1997.

BORGES, J. D.; ZICA, L. F. Efeito de fito-hormônios de enraizamento em estacas de mangabeira. In: XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, BA. 1994. **Resumos...** Salvador: SBF, 1994. p.777-778.

BORTOLINI, M. F.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; CARPANEZZI, A. A.; DESCHAMPS, C.; OLIVEIRA, M. C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.: enraizamento, anatomia e análises bioquímicas nas quatro estações do ano. **Ciência Florestal**. 18: 159-171, 2008.

BRYANT, P. H.; TRUEMAN, S. J. Stem anatomy and adventitious root formation in cuttings of *Angophora*, *Corymbia* and *Eucalyptus*. **Forests**. 6: 1227-1238, 2015.

BURLE, M. L.; OLIVEIRA, M. S. P. **Manual de curadores de germoplasma-vegetal: caracterização morfológica**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 15p.

CARDOSO, L. M.; REIS, B. L.; OLIVEIRA, D. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. **Fruits**. 69: 89-99, 2014.

CHAVES, L. J. Recursos genéticos no Cerrado. In: SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. (eds). **A cultura da mangaba**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p.75-89.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª Ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

CLEMENT, C. R. Melhoramento de espécies nativas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (eds). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação de apoio à pesquisa agropecuária de Mato Grosso, 2001. p.423-441.

COLLEVATTI, R. G.; OLIVATTI, A. M.; TELLES, M. P. C.; CHAVES, L. J. Gene flow among *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) varieties and hybrid fitness. **Tree Genetics and Genomes**. 12: 1-12, 2016.

COSTA, D. F.; VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CHAGAS, K. P. T. Diversidade genética e seleção de iniciadores ISSR em uma população natural de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**. 37: 970-976, 2015.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

DARRAULT, R. O.; SCHLINDWEIN, C. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects. **Biotropica**. 37: 381-388, 2005.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (eds). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.69-109.

FALEIRO, F. G. **Marcadores genéticos-moleculares aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 102p.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introducción al uso de marcadores moleculares em el análisis genético**. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998. 220p.

FREITAS, M. K. C.; COIMBRA, R. R.; AGUIAR, G. B.; AGUIAR, C. B. N.; CHAGAS, D. B.; FERREIRA, W. M.; OLIVEIRA, R. J. Variabilidade fenotípica e caracterização morfológica de uma população natural de *Hancornia speciosa* Gomes. **Bioscience Journal**. 28: 833-841, 2012.

GANGA, R. M. D.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Parametros genéticos em progênies de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Scientia Forestalis**. 37: 395-404, 2009.

GANGA, R. M. D.; FERREIRA, G. A.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 32: 101-113, 2010.

GOMES, C. C.; MOURA, T. M. Estrutura genética em populações de plantas do Cerrado. **Agrotecnologia**. 1: 33-51, 2010.

GONÇALVES, L. G. V.; ANDRADE, F. R.; MARIMON JÚNIOR, B. H.; SCHOSSLER, T. R.; LENZA, E.; MARIMON, B. S. Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. 36: 31-40, 2013.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. R.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2011. 915p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2014: mangaba**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=289&z=p&o=30&i=P>>. Acesso em: 06, abril, 2016.

ISA. Instituto Socioambiental. **Plante as árvores do Xingu e Araguaia: guia de identificação**. São Paulo: ISA, 2009. 304p.

JIMENEZ, H. J.; MARTINS, L. S. S.; MONTARROYOS, A. V. V.; SILVA JUNIOR, J. F.; ALZATE-MARIN, A. L.; MORAES FILHO, R. M. Genetic diversity of the Neotropical tree *Hancornia speciosa* Gomes in natural populations in Northeastern Brazil. **Genetics and Molecular Research**. 14: 17749-17757, 2015.

JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, K. P.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; BRAGA, M. F.; CONCEIÇÃO, L. D. H. S.; FALEIRO, F. G. Frutíferas nativas do cerrado: o extrativismo e a busca da domesticação. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Bento Gonçalves, 2012. **Anais...** Bento Gonçalves: SBF, 2012. p.1-11.

KLINK, C.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**. 1: 147-155, 2005.

KOCH, I.; RAPINI, A.; SIMÕES, A. O.; KINOSHITA, L. S.; SPINA, A. P.; CASTELLO, A. C. D. **Apocynaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/F_B15558>. Acesso em: 15, janeiro, 2016.

LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J. E. F.; GONZAGA NETO, L. Propagação vegetativa da mangabeira (*Hancornia speciosa* Muell.) através de estaquia, em câmara de nebulização. In: X Congresso Brasileiro de Fruticultura, Fortaleza, CE. 1989. **Anais...** Fortaleza: SBF, 1989. p.356-359.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; ESPÍNDOLA, A. C. M. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 35p. (Série Frutas Nativas, 2).

LIMA, D. M.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indol butírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. 13: 422-438, 2011.

LIMA, I. L. P.; SCARIOT, A.; GIROLDO, A. B. Sustainable harvest of mangaba (*Hancornia speciosa*) fruits in northern Minas Gerais, Brazil. **Economy Botany**. 67: 234-243, 2013.

LIMA, J. P.; FANTE, C. A.; PIRES, C. R. F.; NUNES, E. E.; ALVES, R. R.; ELIAS, H. H. S.; NUNES, C. A.; VILAS BOAS, E. V. B. The antioxidative potential and volatile

constituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulturae**. 194: 1-6, 2015.

MARINHO, D. G.; ALVIANO, D. S.; MATHEUS, M. E.; ALVIANO, C. S.; FERNANDES, P. D. The latex obtained from *Hancornia speciosa* Gomes possesses anti-inflammatory activity. **Journal of Ethnopharmacology**. 135: 530-537, 2011.

MARTINS, G. V.; MARTINS, L. S. S.; VEASEY, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SILVA, E. F. Diversity and genetic structure in natural populations of *Hancornia speciosa* var. *speciosa* Gomes in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 34: 1143-1153, 2012.

MAYER, J. L. S.; CARDOSO, N. A.; CUQUEL, F.; BONA, C. Formação de raízes em estacas de duas espécies de *Calliandra* (Leguminosae - Mimosoideae). **Rogriguésia**. 59: 487-495, 2008.

MEDEIROS, E. S.; GALLANI, P. D.; MORENO, R. M. B.; MATTOSO, L. H. C.; MALMONGE, J. A. A comparative study of the non-isothermal degradation of natural rubber from Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) and Seringueira (*Hevea brasiliensis*). **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. 100: 1045-1050, 2010.

MELO JÚNIOR, A. F.; CARVALHO, D.; PÓVOA, J. S. R.; BEARZOTI, E. Estrutura genética de populações naturais de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) **Scientia Forestalis**. 66: 56-65, 2004.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do cerrado: *checklist* com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. p.417-1279.

MERCIER, H. Auxinas. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: bioma Cerrado (2009-2010)**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/arquivos/relatoriofinal_cerrado_2010_final_72_1.pdf>. Acesso em: 12, maio, 2016.

MONACHINO, J. A. A revision of *Hancornia* (Apocynaceae). **Lilloa**. 11: 19-48, 1945.

MORAES, T. M.; RODRIGUES, C. M.; KUSHIMA, H.; BAUAB, T. M.; VILLEGAS, W.; PELLIZZON, C. H.; BRITO, A. R. M. S.; HIRUMA-LIMA, C. A. *Hancornia speciosa*: indications of gastroprotective, healing and anti-*Helicobacter pylori* actions. **Journal of Ethnopharmacology**. 120: 161-168, 2008.

MOREIRA, F. M.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; ZAIDAN, L. B. P. Anatomical aspects of IBA-treated microcuttings of *Gomphrena macrocephala* St.-Hil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 43: 221-227, 2000.

MOTA, D. M.; SCHMITZ, H.; SILVA JÚNIOR, J. F. Atores, canais de comercialização e consumo da mangaba no Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. 46: 121-143, 2008.

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; VENKOVSKY, R.; NAVES, R. V.; AGUIAR, A. V.; MOURA, M. F. Genetic structure of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) populations in the Cerrado Region of Central Brazil. **Bioscience Journal**. 27: 473-481, 2011.

MULLIS, K.; FALOONA, F.; SCHARF, S.; SAIKI, R.; HORN, G.; ERLICH, H. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**. 51: 263-273, 1986.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 18: 856-860, 2014.

NOGUEIRA, C. A.; STAFUZZA, N. B.; RIBEIRO, T. P.; PRADO, A. D. L.; MENEZES, I. P. P.; PEIXOTO, N.; GONÇALVES, P. J.; ALMEIDA, L. M. Intraspecific differentiation of *Hancornia speciosa* revealed by simple sequence repeat and random amplified polymorphic DNA markers. **Genetics and Molecular Research**. 14: 15996-16005, 2015.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. Ecofisiologia. In: SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. (eds). **A cultura da mangaba**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p.35-42.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: Funep, 1996. 83p.

PEREIRA, A. C.; PEREIRA, A. B. D.; MOREIRA, C. C. L.; BOTION, L. M.; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; CORTES, S. F. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug. **Journal of Ethnopharmacology**. 161: 30-35, 2015.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA JUNIOR, J. F.; SILVA, D. B. Mangaba. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (eds). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 221-246p.

PEREIRA, M. E.; PASQUALETO, A. Desenvolvimento sustentável com ênfase em frutíferas do Cerrado. **Estudos**. 38: 333-363, 2011.

PERFEITO, D. G. A.; CARVALHO, N.; LOPES, M. C. M.; SCHMIDT, F. L. Caracterização de frutos de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) e estudo de processos de extração de polpa. **Revista de Agricultura Neotropical**. 2:1-7, 2015.

REDDY, M. P.; SARLA, N.; SIDDIQ E. A. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. **Euphytica**. 128: 9-17, 2002.

RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; FELFILI, J. M.; AQUINO, F. G.; GULIAS, A. P. S. M. Usos múltiplos da biodiversidade no bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (eds). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.337-360.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. p.151-212.

RITSCHER, P. S.; THOMAZELLI, L. F.; HUAMÁN, Z. **Caracterização morfológica do germoplasma de batata-doce mantido pela EPAGRI**. 1998. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107309/1/Caracterizacao-morfologica-do-germoplasma-de-batata-doce.pdf>>. Acesso em: 17, maio, 2016.

RODRIGUES, A. J. L.; YAMAGUISHI, A. T.; CHAVES, L. J.; COELHO, A. S. G.; LIMA, J. S.; TELLES, M. P. C. Development of microsatellite markers for *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae). **Genetics and Molecular Research**. 14: 7274-7278, 2015.

SANTOS, E. A.; SOUZA, R. M. Territorialidade das catadoras de mangaba no litoral Sul de Sergipe. **Revista de Estudos Geoeeducacionais**. 6: 629-642, 2016.

SANTOS, R. M.; SANTOS, A. O.; SUSSUCHI, E. M.; NASCIMENTO, J. S.; LIMA, A. S.; FREITAS, L. S. Pyrolysis of mangaba seed: production and characterization of bio-oil. **Bioresource Technology**. 196: 43-48, 2015.

SILVA, A. V. C.; RABBANI, A. R. C.; SENA-FILHO, J. G.; ALMEIDA, C. S.; FEITOSA, R. B. Genetic diversity analysis of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), na exotic Brazilian tropical species. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**. 15: 217-225, 2012.

SILVA, G. C.; BRAGA, F. C.; LIMA, M. P.; PESQUERO, J. L.; LEMOS, V. S.; CORTES, S. F. *Hancornia speciosa* Gomes induces hypotensive effect through inhibition of ACE and increase on NO. **Journal of Ethnopharmacology**. 137: 709-713, 2011.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do Cerrado. **Ciência Rural**. 38: 1790-1793, 2008.

SILVA, S. S.; CRUZ, E. M. O.; REIS, R. V.; FERREIRA, C. P.; PASSOS, A. R. Caracterização morfológica e molecular de genótipos de mangaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 35: 1093-1100, 2013.

SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. Botânica. In: SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. (eds). **A cultura da mangaba**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p.25-33.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

VILELA-MORALES, E. A.; VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L. **Recursos genéticos vegetales**. Brasília: Embrapa-Cernargen, 1997. 78p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. S. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2ª ed. rev. e ampl. Viçosa: Editora UFV, 2013. 279p.

WHITE, J.; LOVELL, P. H. The anatomy of root initiation in cuttings of *Griselinia littoralis* and *Griselinia lúcida*. **Annals of Botany**. 54: 7-20, 1984.

ZIETKIEWICZ, E.; RAFALSKI, A.; LABUDA, D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification. **Genomics**. 20: 176-183, 1994.

4. CAPÍTULO I - DIVERSIDADE FENOTÍPICA DE MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* GOMES) COM BASE EM CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS

RESUMO

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; Setembro de 2016. Diversidade fenotípica de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) com base em características físicas e físico-químicas de frutos. Orientador: Petterson Baptista da Luz. Coorientadora: Ana Aparecida Bandini Rossi.

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma fruteira que ocorre espontaneamente no Cerrado, utilizada tradicionalmente, tanto no consumo in natura como na forma de sorvetes, sucos, geleias e compotas, mas ainda pouco explorada economicamente. O trabalho teve por objetivo avaliar a divergência de 58 árvores matrizes de mangabeira da região de Cáceres e Chapada dos Guimarães, estado de Mato Grosso, utilizando características físicas e físico-químicas do fruto. As seguintes aferições foram realizadas nos frutos maduros: diâmetro longitudinal (DLF), diâmetro transversal (DTF) e massa do fruto (MF), número de sementes (NS) e massa total de sementes (MTS), massa de polpa mais casca (MPC) e rendimento de polpa mais casca (REND). As características físico-químicas avaliadas no fruto maduro foram: pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e o ratio (relação SST/AT). Os resultados médios foram: DLF (4,47 cm), DTF (4,24 cm), MF (44,23 g), NS (17), MTS (3,30 g) MPC (40,78 g), REND (91,18%), pH (3,67), SST (15,1 °Brix), AT (0,97%) e ratio (18,6). A análise de agrupamento permitiu a formação de seis grupos pelo método UPGMA e doze grupos pelo método de Tocher, alocando as matrizes dentro de cada grupo pelo local de coleta. As características MF e MPC foram as que mais contribuíram para a divergência entre as árvores matrizes. As matrizes CAC14, CAC21, CAC15, CAC28 e CAC34 foram as que apresentaram os maiores valores para as características físicas e físico-químicas avaliadas, e podem ser utilizadas na comercialização dos frutos e para futuros trabalhos de melhoramento genético da espécie.

Palavras-chave: Cerrado, mangaba, variabilidade, fruto.

PHENOTYPIC DIVERSITY OF MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* GOMES) BASED ON PHYSICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF FRUITS

ABSTRACT

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; September 2016. Phenotypic diversity of mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) based on physical and physical-chemical characteristics of fruits. Advisor: Petterson Baptista da Luz. Co-advisor: Ana Aparecida Bandini Rossi.

The mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) is a native fruit tree of the Cerrado, traditionally used either for in natura consumption or in the form of ice cream, juices, jellies and jams, but still economically unexploited. The study aimed to evaluate the divergence among 58 mangabeira mother trees from the region of Cáceres and Chapada dos Guimarães, State of Mato Grosso, using physical and physical-chemical characteristics of fruit. Longitudinal diameter (DLF), transversal diameters (DTF) and fruit mass (MF), number of seeds (NS) and total mass of seeds (MTS), pulp and peel mass (MPC) and pulp and peel yield (REND). The fruit physical-chemical characteristics evaluated were: pH, total soluble solids (SST), titratable acidity (AT) and ratio (SST/AT). The average results were: DLF (4.47 cm), DTF (4.24 cm), MF (44.23 g), NS (17), MTS (3.30 g) MPC (40.78 g), REND (91.18%), pH (3.67), SST (15.1 °Brix), AT (0.97%) and ratio (18.6). Cluster analysis allowed the formation of six groups by UPGMA method and twelve groups by Tocher method, locating the mother trees in each group by the sampling location. The traits MF and MPC had the highest contributions to the divergence among the mother trees. The mother trees: CAC14, CAC21, CAC15, CAC28 and CAC34 showed the highest values for the physical and physical-chemical characteristics evaluated, and might be used for commercialization of the fruits and future breeding programs for the genetic improvement of the species.

Keywords: Cerrado Biome, mangaba, variability, fruit.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é a segunda maior formação vegetal da América do Sul, atrás somente da Amazônia, cobrindo 22% do território brasileiro e presente em nove estados, incluindo Mato Grosso na região Centro-Oeste do país. Este bioma apresenta uma grande riqueza de espécies frutíferas pouco exploradas pela população local. Em razão do seu aroma e sabor característico, os frutos nativos podem ser utilizados na agroindústria e contribuir na geração de renda na agricultura familiar (Vieira et al., 2010).

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes), pertencente à família Apocynaceae, é uma espécie frutífera do Cerrado brasileiro que apresenta porte médio, atingindo de 4 m de altura, e suas inflorescências produzem de 1 a 5 flores (hermafroditas), com pétalas de coloração branca e perfumadas (Silva Junior e Lédo, 2006). A espécie é alógama, onde as flores atraem visitantes florais diurnos e noturnos, principalmente Lepidoptera (Darrault e Schlindwein, 2005). Em geral, a floração ocorre entre julho e setembro, e os frutos aparecem entre setembro e dezembro no Cerrado (ISA, 2009).

O fruto da mangabeira é uma baga de forma arredondada ou elipsoidal com um exocarpo amarelo ou esverdeado, apresentando ou não pigmentação vermelha quando maduro. Sua polpa é esbranquiçada, carnuda, viscosa, doce e ligeiramente ácida, contendo de duas a 30 sementes. A fruta é bastante apreciada pela população local e pode ser consumida fresca ou em forma de sorvetes, sucos, geleias e compotas (Silva Junior e Lédo, 2006).

Em termos de valor nutricional, a polpa da mangaba é rica em vitamina C (165,82 mg 100 g⁻¹), fonte de fibras alimentares (11,6 g 100 g⁻¹) e apresenta baixo valor energético (64,8 kcal 100 g⁻¹) (Cardoso et al., 2014). Possui níveis elevados de cálcio, ferro e zinco (Silva et al., 2008), além de carotenóides e antioxidantes naturais que atribuem propriedades funcionais ao fruto (Bailão et al., 2015).

Apesar das suas potencialidades, na região do Cerrado a mangabeira não possui pomares organizados ou implantados com a finalidade de exploração racional da produção de frutos, sendo a espécie um produto essencialmente extrativista. Neste sentido, o conhecimento da variabilidade genética nas populações naturais pode indicar o potencial de progênies e auxiliar na escolha daquelas que são

adequadas aos programas de melhoramento genético, conservação da espécie e plantios comerciais (Ganga et al., 2009).

Um instrumento para detectar a variabilidade genética de uma espécie é através da caracterização física e físico-química dos frutos (Nascimento et al., 2014). Tais características são fatores de qualidade importantes à utilização e comercialização da polpa, bem como na elaboração de produtos industrializados (Chitarra e Chitarra, 2005). Em mangabeira, os estudos de divergência genética com base em caracteres físicos e físico-químicos do fruto, apesar de incipientes, são encontrados na literatura (Freitas et al., 2012; Silva et al., 2013).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade fenotípica entre árvores matrizes de mangabeira, provenientes de dois municípios do estado de Mato Grosso, por meio de características físicas e físico-químicas do fruto.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Populações de mangabeira foram amostradas nos municípios de Cáceres e Chapada dos Guimarães, abrangendo o Centro-Sul do estado de Mato Grosso (Tabela 1). Em cada localidade, as árvores foram encontradas por caminhamento e selecionadas pelo bom aspecto fitossanitário. Cada matriz recebeu uma placa de alumínio contendo um código de identificação. As coordenadas geográficas foram obtidas por meio de receptor *Global Positioning System* (GPS), com precisão aproximada de 4 m.

Tabela 1 Localização, coordenadas, altitude e número de árvores matrizes (N) amostradas por localidade no estado de Mato Grosso.

Localidade	N	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)
Cáceres	26	16° 14' 44"	57° 29' 20"	431
Chapada dos Guimarães	32	15° 06' 47"	55° 39' 35"	352
Total	58	-	-	-

O clima da região é o quente subúmido, classificado como tropical de savana (Aw), segundo Köppen. A temperatura média anual fica em torno de 22 a 24 °C, com máximas absolutas podendo ultrapassar os 40 °C e as mínimas absolutas

atingindo valores próximos de zero. A precipitação oscila entre 1.200 e 1.800 mm anuais. A região apresenta solos arenosos e pontos com afloramento rochoso, e a vegetação pertence à formação Cerrado sentido restrito.

Caracterização dos frutos

Foram coletados frutos maduros ou com sinais de maturação de cada uma das 58 árvores matrizes de mangabeira. Os frutos maduros apresentavam casca com coloração amarelada e consistência mole, enquanto que os frutos ainda em estágio de maturação possuíam casca de coloração esverdeada e consistência mais firme. As coletas aconteceram nos meses de outubro de 2014 e dezembro de 2015, respectivamente para as populações de Chapada dos Guimarães e Cáceres, no período matutino. No Laboratório de Sementes e Plantas Ornamentais da Universidade do Estado de Mato Grosso, em Cáceres-MT, foram realizadas as avaliações individualizadas em cinco frutos maduros de cada árvore amostrada. Os frutos completaram a maturação após o seu acondicionamento em bandejas de polietileno sobre bancada do laboratório. Para as avaliações físicas dos frutos foram consideradas:

a. Diâmetro longitudinal do fruto (DLF): medição do ponto de inserção do pedúnculo a parte oposta deste com auxílio de paquímetro digital, expresso em centímetros.

b. Diâmetro transversal do fruto (DTF): medição da região mediana com auxílio de paquímetro digital, expresso em centímetros.

c. Massa do fruto (MF): pesagem em balança digital do fruto inteiro, expresso em gramas.

d. Número de sementes por fruto (NS): contagem manual de todas as sementes do fruto, expresso em unidades.

e. Massa total das sementes (MTS): pesagem em balança digital de todas as sementes do fruto, expresso em gramas.

f. Massa da polpa mais casca (MPC): diferença entre a massa do fruto e a massa total das sementes, expresso em gramas.

g. Rendimento de polpa mais casca (REND): divisão entre a massa da polpa mais casca pela massa do fruto, expresso em porcentagem.

Na caracterização físico-química, a polpa dos frutos foi embalada individualmente por árvore matriz, identificada e congelada a aproximadamente -18

°C. As amostras foram descongeladas em geladeira e homogeneizadas em liquidificador, seguindo as determinações do Instituto Adolf Lutz (2008), em triplicatas, de:

a. Potencial hidrogeniônico (pH): determinado por meio da diluição de cinco gramas da polpa para 50 mL⁻¹ de água destilada com pHmetro digital calibrado com solução de pH 4,0 e 7,0.

b. Sólidos solúveis totais (SST): determinado pela análise de uma alíquota da polpa em refratômetro digital na temperatura de 25 °C, expresso em °Brix.

c. Acidez titulável (AT): determinada por meio da diluição de cinco gramas da polpa para 50 mL⁻¹ de água destilada. Foram adicionadas três gotas de fenolftaleína com posterior titulação com NaOH (0,1N) até mudança da cor da solução para levemente rósea. O resultado foi expresso em porcentagem de ácido cítrico.

d. Ratio: obtido pela relação direta dos valores de sólidos solúveis totais e acidez titulável.

Análises estatísticas

Os dados foram analisados por estatística descritiva, utilizando-se das medidas de tendência central (média) e de variabilidade dos dados (desvio-padrão e coeficientes de variação). Foram realizadas análises multivariadas por meio dos componentes principais e análise de agrupamento pelos métodos hierárquico de UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average*) e de otimização de Tocher, utilizando como medida de dissimilaridade a distância Euclidiana média padronizada. A importância relativa das características para a divergência fenotípica foi estimada pelo método de Singh (1981). Todas as análises foram realizadas no programa Genes (Cruz, 2013). O software R versão 3.2.4 (R Core Team, 2016) foi utilizado para estabelecer o dendrograma e o gráfico de dispersão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amplitude dos valores indicou a existência de considerável variabilidade fenotípica entre as árvores matrizes, informação esta confirmada pelas estimativas do coeficiente de variação, com valores desde 4,30% para o rendimento de polpa mais casca até 56,20% para a massa total de sementes (Tabela 2). Com exceção do

rendimento de polpa mais casca, pH, diâmetro longitudinal e transversal, e sólidos solúveis totais, os coeficientes de variação foram bastante expressivos, o que já era esperado por se tratar de uma espécie ainda não domesticada.

Tabela 2 Médias dos resultados de diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro transversal do fruto (DTF), massa do fruto (MF), número de sementes (NS), massa total de sementes (MTS), massa da polpa mais casca (MPC), rendimento de polpa mais casca (REND), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e o ratio (SST/AT) de árvores matrizes de mangabeira.

Matriz	DLF (cm)	DTF (cm)	MF (g)	NS	MTS (g)	MPC (g)	REND (%)	pH	SST (°Brix)	AT (%)	RATIO
CAC01	4,76	4,69	66,29	28	7,40	58,89	88,84	3,30	14,5	0,78	18,7
CAC02	4,65	4,59	51,93	9	2,59	49,35	95,02	3,09	18,2	1,54	11,8
CAC03	3,81	3,80	28,08	4	1,26	26,82	95,50	2,98	16,1	1,51	10,6
CAC04	3,49	3,46	23,42	6	1,10	22,76	97,17	3,50	17,6	1,31	13,4
CAC06	4,69	4,56	53,74	7	1,59	52,47	97,64	3,15	15,4	1,41	10,9
CAC07	4,79	4,51	54,05	17	3,07	51,59	95,46	3,23	19,0	1,04	18,3
CAC08	4,92	4,71	54,87	34	5,50	49,37	89,97	2,99	12,6	1,18	10,7
CAC09	4,70	4,75	56,37	16	3,88	52,50	93,12	2,87	14,4	1,62	8,9
CAC10	5,01	4,48	51,07	16	3,90	47,17	92,36	3,25	18,0	1,34	13,4
CAC11	4,99	4,72	59,71	21	4,35	55,36	92,71	3,37	16,2	1,21	13,3
CAC13	5,17	4,84	63,46	13	3,53	59,93	94,44	3,27	17,2	1,22	14,1
CAC14	5,38	5,16	73,76	28	6,15	67,61	91,67	3,33	11,9	1,16	10,2
CAC15	6,64	6,48	139,63	29	9,90	129,73	92,91	3,23	15,9	1,00	15,9
CAC17	4,59	4,52	48,03	13	2,65	45,38	94,49	3,27	14,1	1,12	12,6
CAC18	5,11	4,71	59,80	18	5,36	56,59	94,62	2,85	18,5	1,30	14,2
CAC19	3,78	3,56	26,32	5	1,15	20,14	76,51	3,26	18,9	1,28	14,8
CAC21	5,71	5,46	79,98	25	6,60	73,38	91,75	3,04	16,9	1,46	11,6
CAC22	3,75	3,19	19,33	4	0,71	15,04	77,79	3,08	15,8	1,90	8,3
CAC23	4,15	4,03	36,98	7	1,55	36,67	99,16	3,00	20,2	1,42	14,2
CAC26	5,08	4,96	66,06	10	2,42	63,63	96,33	3,00	15,6	1,50	10,4
CAC27	4,53	4,36	45,40	10	2,16	43,25	95,25	2,98	18,0	1,47	12,3
CAC28	6,03	6,03	121,84	23	7,78	114,06	93,62	2,84	19,5	1,56	12,5
CAC30	4,07	4,15	36,71	6	1,45	35,26	96,05	3,10	15,9	1,21	13,1
CAC31	4,31	4,67	51,24	10	3,48	47,76	93,22	3,07	16,5	2,23	7,4
CAC32	5,18	4,55	52,44	15	2,64	49,80	94,96	3,24	18,9	1,31	14,4
CAC34	5,05	5,22	75,71	25	6,85	63,84	84,33	2,90	15,2	1,91	7,9
CHP01	4,72	4,85	59,96	32	4,42	55,55	92,63	3,97	22,3	0,88	25,5
CHP02	4,54	4,33	44,53	35	4,63	39,90	89,60	3,97	14,4	0,74	19,5

Tabela 2 (continua...)

Tabela 2 (continuação...)

Matriz	DLF (cm)	DTF (cm)	MF (g)	NS	MTS (g)	MPC (g)	REND (%)	pH	SST (°Brix)	AT (%)	RATIO
CHP03	3,73	3,66	26,47	11	1,86	24,61	92,98	4,20	14,4	0,35	40,9
CHP04	4,09	3,67	30,42	25	3,88	26,54	87,25	4,15	16,3	0,54	30,0
CHP05	4,05	3,74	26,47	17	2,49	23,98	90,60	3,99	14,3	0,48	29,6
CHP06	4,12	3,57	24,90	11	1,68	23,22	93,26	4,06	11,4	0,69	16,5
CHP07	3,27	3,37	18,04	17	2,24	15,80	87,58	4,19	11,5	0,66	17,4
CHP08	4,83	4,39	43,11	28	4,42	38,69	89,74	4,41	11,1	0,57	19,3
CHP09	4,17	3,74	32,63	17	3,11	29,52	90,47	4,09	17,3	0,59	29,2
CHP10	5,15	4,75	55,72	32	4,97	50,75	91,07	4,32	13,9	0,45	31,2
CHP11	4,46	4,37	46,56	18	3,28	43,27	92,95	4,28	16,6	0,45	37,0
CHP12	4,07	3,74	27,38	13	1,78	25,60	93,49	4,03	13,7	0,52	26,4
CHP13	4,62	4,30	42,93	26	3,79	39,14	91,18	4,00	15,9	0,69	23,0
CHP14	4,29	4,01	35,31	17	2,26	33,06	93,61	4,09	15,3	0,51	29,9
CHP15	4,21	3,56	25,84	11	2,63	23,21	89,81	4,41	10,6	0,52	20,4
CHP16	4,46	3,78	33,24	22	3,17	30,06	90,45	4,23	14,1	0,49	28,6
CHP17	4,64	4,39	43,49	16	3,02	40,47	93,06	4,04	14,5	0,56	25,8
CHP18	3,85	3,67	28,23	15	2,57	25,66	90,90	4,12	16,9	0,86	19,6
CHP19	3,70	3,61	23,54	10	1,61	21,93	93,14	3,99	14,4	0,59	24,4
CHP20	3,39	3,35	18,43	10	1,67	16,75	90,91	4,26	16,4	0,49	33,3
CHP21	4,01	3,53	24,48	11	2,14	22,34	91,27	3,53	15,6	1,31	11,8
CHP22	4,53	4,54	46,93	17	2,49	44,44	94,70	4,08	12,5	0,54	23,2
CHP23	3,30	3,25	18,77	5	1,08	17,69	94,24	4,22	16,9	0,61	27,5
CHP24	3,97	3,52	23,20	14	2,38	20,82	89,73	3,97	12,6	0,84	14,9
CHP25	3,69	3,25	20,51	7	1,11	19,40	94,60	3,97	17,1	0,70	24,3
CHP26	4,60	4,41	41,65	26	4,30	37,35	89,69	4,15	9,3	0,65	14,3
CHP27	3,81	3,65	22,27	23	3,09	19,18	86,11	4,12	9,0	0,86	10,4
CHP28	4,26	3,90	29,81	17	2,38	27,44	92,03	4,45	9,7	0,45	21,5
CHP29	4,60	4,58	44,24	22	3,53	40,71	92,03	4,14	12,4	0,57	21,5
CHP30	4,63	4,45	44,01	23	4,35	39,66	90,11	4,00	11,2	0,62	18,0
CHP31	4,48	4,12	35,62	18	2,98	32,65	91,64	4,14	12,2	0,59	20,7
CHP32	4,49	3,85	30,42	19	3,12	27,30	89,75	4,13	11,0	0,67	16,5
Média	4,47	4,24	44,23	17	3,30	40,78	91,81	3,67	15,1	0,97	18,6
Mínimo	3,27	3,19	18,04	4	0,71	15,04	76,51	2,84	9,00	0,35	7,4
Máximo	6,64	6,48	139,63	35	9,90	129,73	99,16	4,45	22,3	2,23	40,92
DP	0,65	0,68	22,98	8,16	1,85	21,49	3,95	0,53	2,87	0,45	7,85
CV (%)	14,52	15,99	51,95	48,09	56,20	52,70	4,30	14,35	19,02	46,65	42,31

DP: Desvio-padrão; CV: Coeficiente de variação

O diâmetro longitudinal dos frutos apresentou como valor mínimo 3,27 cm, e valor máximo 6,64 cm, com relação ao diâmetro transversal, tais características apresentaram os seguintes valores, respectivamente, 3,19 e 6,48 cm (Tabela 2). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Gonçalves et al. (2013) em estudo com mangabeiras de uma população natural de Nova Xavantina-MT, e relataram os valores médios de 4,46 cm para o diâmetro longitudinal e transversal de 4,18 cm; já Nascimento et al. (2014), caracterizando frutos do oeste da Bahia, encontraram valores médios de 3,23 cm e 3,19 cm para o diâmetro longitudinal e transversal, respectivamente.

De acordo de Chitarra e Chitarra (2005), para o mercado de frutas frescas, os frutos mais pesados e de maior tamanho são mais atrativos aos consumidores. Desta maneira, a massa média dos frutos foi de 43,23 g, variando de 18,04 a 139,63 g (Tabela 2), concordando com o valor encontrado por Gonçalves et al. (2013) que constataram uma massa média dos frutos de 46,49 g, e assemelhando-se ao obtido por Cardoso et al. (2014) que analisaram frutos coletados no município de Curvelo-MG, cujo valor médio foi de 53,9 g. As matrizes que apresentaram valores superiores à média acrescida do desvio padrão foram: CAC14, CAC21, CAC34, CAC28 e CAC15.

Quanto ao número de sementes por fruto, foi obtida uma média de 17 sementes por fruto. Para massa total das sementes, a média foi de 3,30 g, e a variação de 0,71 a 9,90 g (Tabela 2). Ganga et al. (2010) caracterizando frutos de mangabeiras de várias regiões do Cerrado, incluindo o estado de Mato Grosso, encontraram uma média de 14,43 sementes por fruto, com massa igual a 3,88 g. Segundo os autores, o expressivo número de sementes dos frutos está diretamente relacionado as polinizações eficientes em decorrência de a mangabeira ser uma planta alógama e autoincompatível.

Para a massa de polpa mais casca dos frutos, os valores variaram entre 15,04 e 129,73 g, apresentando uma média geral de 40,78 g (Tabela 2). As matrizes que se mostraram superiores para esta característica foram: CAC14, CAC21, CAC28 e CAC15. Gonçalves et al. (2013) citaram média igual a 40,15 g, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho, mostrando a possibilidade de seleção de frutos com maior quantidade de polpa e, conseqüentemente, elevado rendimento de polpa.

O rendimento de polpa mais casca apresentou valores acima de 76%, o que de acordo com Nascimento et al. (2014) destaca a mangaba como fruto com excelente potencial para industrialização. A média de rendimento foi de 91,81%, variando de 76,51 a 99,16% do peso do fruto (Tabela 2). O valor de rendimento de Ganga et al. (2010) foi de 82,68%. Para Freitas et al. (2012) o rendimento de polpa de frutos coletados na região de Porto Nacional-TO foi de 49,73%, valor considerado muito baixo para a espécie, e que foi provocado pelo expressivo número e massa de sementes dos frutos.

A média do potencial hidrogeniônico foi de 3,67, com variação de 2,84 e 4,45 (Tabela 2); esses valores fazem com que o fruto de mangaba tenha sabor muito ácido. Cohen e Sano (2010) encontraram para frutos de mangaba cultivados experimentalmente no Distrito Federal de 3,32, enquanto Perfeito et al. (2015), estudando a caracterização de frutos de mangabeira nos diferentes estágios de maturação do BAG da Universidade do Estado de Goiás (UEG), em Ipameri-GO, constataram um pH de 3,47; 3,79 e 3,97 respectivamente para frutos verde, semimaduro e maduros.

Nos valores de sólidos solúveis totais houve uma variação de 9 a 22,3 °Brix, com teor médio de 15,1 °Brix, conforme a Tabela 2. O resultado médio encontrado foi inferior aos reportados por Perfeito et al. (2015) de 17,53 °Brix e por Cohen e Sano (2010) de 18,8 °Brix, porém igual (15,1 °Brix) ao encontrado por Cardoso et al. (2014). Segundo Nascimento et al. (2014), quando um fruto apresenta teor de sólidos solúveis elevado, seu consumo in natura torna-se mais agradável ao paladar, e para a agroindústria, traduz-se em economia devido a menor necessidade de adição de açúcar durante o processamento. Neste sentido, merecem destaque as matrizes: CAC10, CAC27, CAC02, CAC18, CAC19, CAC32 CAC07, CAC28, CAC23 e CHP01.

A média de acidez titulável foi de 0,97%, variando de 0,35 a 2,23% (Tabela 2). Cohen e Sano (2010) verificou que os frutos de mangabeira apresentaram acidez média de 1,39%, variando de 1,27 a 1,62%, mostrando que não há necessidade de adição de ácido cítrico para conservação da polpa, um artifício utilizado para tornar o meio impróprio ao desenvolvimento de microorganismos. Cardoso et al. (2014) referenciaram um valor de acidez de 0,80% e Nascimento et al. (2014) mencionaram um teor de acidez de 0,98%.

Os frutos de mangaba avaliados neste trabalho apresentaram expressivos valores de ratio, variando de 7,4 a 40,92, obtendo uma média de 18,6 (Tabela 2). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o ratio propicia uma boa avaliação da qualidade do fruto em termos de maturidade e sabor. O valor de ratio para os frutos de mangaba de Cohen e Sano (2010) foi de 13,9. Para Perfeito et al. (2015), o ratio dos frutos maduros foi de 20,87.

Pela legislação referente ao Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de mangaba, somente os valores mínimos para sólidos solúveis (8 °Brix), pH (2,80) e acidez titulável expressa em ácido cítrico (0,70 g 100g de polpa⁻¹) são determinados (Brasil, 2000). Assim, pode-se afirmar que a polpa de mangaba, exceto para a acidez titulável de algumas matrizes de Chapada dos Guimarães, possui características físico-químicas normais.

O método de agrupamento UPGMA, considerando o ponto de corte próximo a 48% de distância, com base no método de Mojena (1977), permitiu a formação de seis grupos heteróticos (Figura 1). O G-1 reuniu as matrizes: CAC26, CAC06, CAC27, CAC02, CAC17, CAC09, CAC32, CAC10, CAC13, CAC07, CAC11, CAC18, CAC31, CAC30, CAC03, CAC23, CHP21 e CAC04; o G-2, CAC34, CAC21, CAC14, CAC08 e CAC01; o G-3, CHP01 e CHP10; o G-4, CHP24, CHP06, CHP07, CHP28, CHP15, CHP27, CHP30, CHP29, CHP32, CHP31, CHP22, CHP17, CHP26, CHP08, CHP13, CHP02, CHP14, CHP05, CHP09, CHP19, CHP12, CHP18, CHP16, CHP04, CHP11, CHP20, CHP03, CHP25 e CHP23; o G-5, CAC22 e CAC19; e o G-6, CAC28 e CAC15. O último grupo apresentou 100% de dissimilaridade em relação aos demais.

De modo geral, os resultados mostraram que houve alta tendência de as matrizes do mesmo local de coleta ficar inseridas no mesmo grupo, o que evidencia maior variação entre os locais do que dentro deles. Ganga et al. (2010) sugerem que a alta variação entre as populações do Cerrado pode ser devida aos efeitos provocados pelo ambiente (solo, regime de chuvas, altitude e temperatura), restrição do fluxo gênico (deriva e seleção), ou, ainda, como resultado das diferenças existentes entre as variedades botânicas.

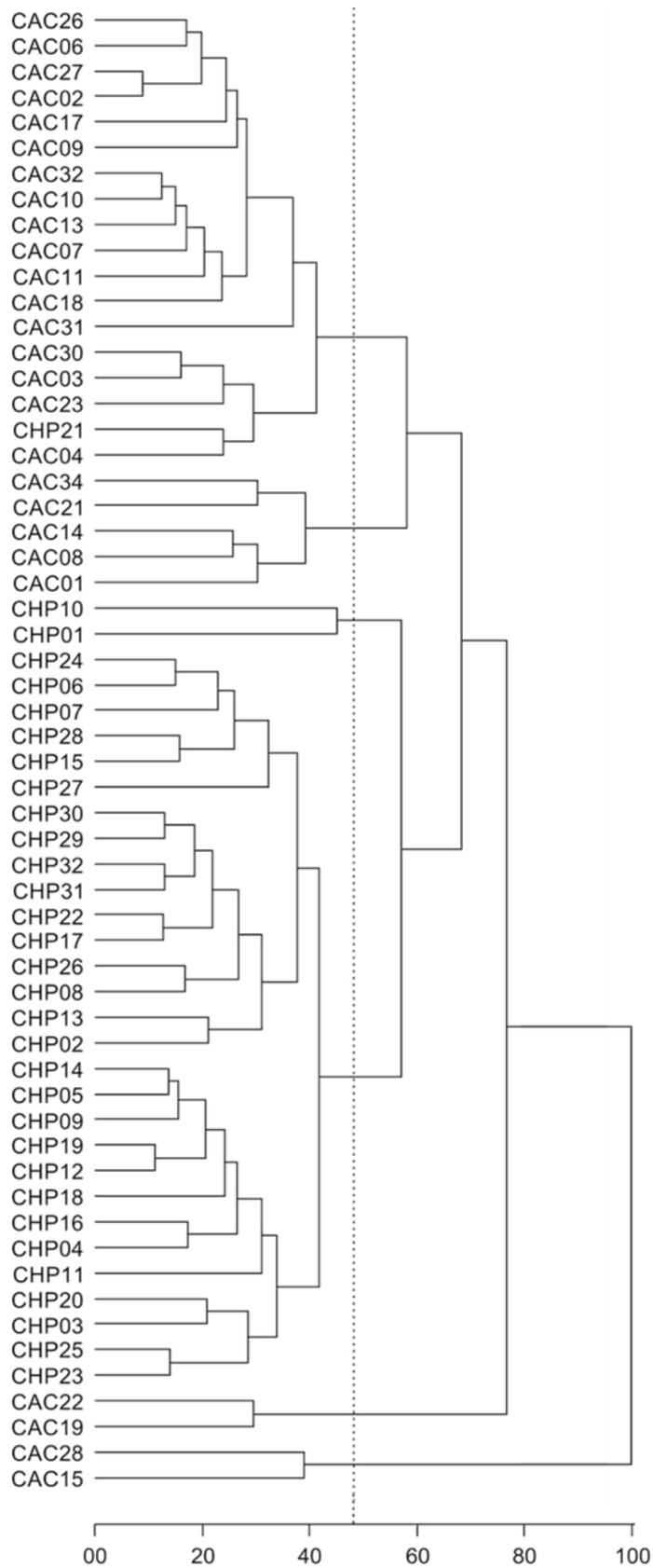


Figura 1 Dendrograma representativo da dissimilaridade fenotípica entre 58 árvores matrizes de mangabeira, obtido pelo método UPGMA com base na distância Euclidiana média padronizada, estimada a partir de onze características do fruto. O valor de correlação cofenética (r) é de 0,83.

O coeficiente de correlação cofenética (r), aplicado ao método de agrupamento pelo teste t , apresentou valor significativo para o método, com r igual a 0,83 ($p < 0,01$), demonstrando confiabilidade na relação entre as medidas de dissimilaridades originais e o dendrograma gerado por UPGMA. Esse ajuste é considerado muito bom, possibilitando a realização de inferências por meio da avaliação visual do dendrograma. Quanto mais próximo da unidade, melhor é a representação da dissimilaridade na forma de dendrograma (Monteiro et al., 2010).

O agrupamento das matrizes pelo método de Tocher mostrou a formação de doze grupos distintos (Tabela 3). O grupo I reuniu as matrizes: CAC02, CAC27, CAC06, CAC26, CAC32, CAC13, CAC10, CAC17, CAC07, CAC11, CAC09, CAC18, CAC30, CAC23 e CAC31; o grupo II, CHP12, CHP19, CHP05, CHP14, CHP09, CHP16, CHP17, CHP31, CHP22, CHP29, CHP18, CHP13, CHP32, CHP30, CHP28, CHP24, CHP06, CHP15, CHP04, CHP07, CHP08 e CHP26; o grupo III, CHP23, CHP25, CHP20 e CHP03; o grupo IV, CAC04, CHP21 e CAC03; o grupo V, CAC08, CAC14, CAC01 e CAC21; o grupo VI, CAC19 e CAC22; o grupo VII, CHP02 e CHP10; o grupo VIII, CAC15 e CAC28; o grupo IX, CAC34; o grupo X, CHP01; o grupo XI, CHP11; e o grupo XII, CHP27.

Tabela 3 Agrupamento pelo método de Tocher obtido com base na distância Euclidiana média padronizada, estimada a partir de onze características do fruto, das 58 árvores matrizes de mangabeira.

Grupos	Árvores matrizes
I	CAC02, CAC27, CAC06, CAC26, CAC32, CAC13, CAC10, CAC17, CAC07, CAC11, CAC09, CAC18, CAC30, CAC23, CAC31
II	CHP12, CHP19, CHP05, CHP14, CHP09, CHP16, CHP17, CHP31, CHP22, CHP29, CHP18, CHP13, CHP32, CHP30, CHP28, CHP24, CHP06, CHP15, CHP04, CHP07, CHP08, CHP26
III	CHP23, CHP25, CHP20, CHP03
IV	CAC04, CHP21, CAC03
V	CAC08, CAC14, CAC01, CAC21
VI	CAC19, CAC22
VII	CHP02, CHP10
VIII	CAC15, CAC28
IX	CAC34
X	CHP01
XI	CHP11
XII	CHP27

A análise intergrupos mostrou que os valores mais elevados de divergência fenotípica ocorreram entre os grupos III e VIII (0,68), VI e VIII (0,66), e a maior similaridade fenotípica entre os grupos II e XI (0,20), V e IX (0,20). Com relação à distância intragrupo, o grupo III (0,12) apresenta a menor distância entre as matrizes pertencentes a este grupo e a maior distância intragrupo foi observada no grupo VIII (0,19) (Tabela 4). Segundo Cruz et al. (2012), o método de Tocher apresenta a distância média dentro do grupo sempre menor que a distância média entre os grupos, portanto existe mais homogeneidade entre as matrizes de um mesmo grupo do que as matrizes de diferentes grupos.

Tabela 4 Distâncias médias intra e intergrupos estimadas pelo método de Tocher, utilizando a distância Euclidiana média padronizada como medida de dissimilaridade, das 58 árvores matrizes de mangabeira.

Grupos	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	0,14	0,32	0,36	0,21	0,27	0,34	0,36	0,43	0,28	0,33	0,36	0,37
II		0,15	0,22	0,29	0,35	0,39	0,23	0,57	0,44	0,31	0,20	0,21
III			0,12	0,29	0,48	0,39	0,35	0,68	0,55	0,38	0,21	0,32
IV				0,13	0,38	0,26	0,41	0,60	0,40	0,40	0,37	0,32
V					0,16	0,46	0,28	0,32	0,20	0,30	0,39	0,36
VI						0,15	0,49	0,66	0,42	0,49	0,47	0,37
VII							0,16	0,48	0,40	0,22	0,22	0,28
VIII								0,19	0,33	0,43	0,55	0,63
IX									-	0,38	0,49	0,43
X										-	0,24	0,40
XI											-	0,34
XII												-

Ao comparar os agrupamentos obtidos pelos dois métodos, o método de Tocher distribuiu as matrizes dos grupos G-1, G-2 e G-3 de UPGMA nos grupos I e IV, V e IX, e VII e X, respectivamente. O maior grupo de UPGMA (G-4) constitui respectivamente os grupos II, VII, XI e XII de Tocher. Por sua vez, os grupos G-5 e G-6 (UPGMA) e VI e VII (Tocher) concordaram entre si, reforçando a sua divergência fenotípica em relação aos demais grupos.

O método de Tocher apresentou um agrupamento mais detalhado das matrizes, dentro de cada população, com a formação de um maior número de grupos. Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira et al. (2007), avaliando a

divergência genética entre acessos de açaizeiro através da caracterização morfoagronômica, onde obtiveram diferenças quanto ao número de grupos formados pelos métodos de agrupamento. Contudo, os autores observaram que os acessos não foram reunidos por local de coleta. Neste trabalho, assim como no método de UPGMA, a organização das matrizes obedeceu ao local de coleta.

Na análise dos componentes principais, os três primeiros componentes (CP1, CP2 e CP3) explicaram 87,29% da variação total (Tabela 5), sendo os valores satisfatórios para o estudo da divergência, pois são superiores ao limite de 80% (Cruz et al., 2012). Silva et al. (2013), avaliando a caracterização física e físico-química dos frutos de mangaba, observaram o acúmulo de 83,25% da variação total nos dois primeiros componentes principais. Freitas et al. (2012) verificaram que os três primeiros componentes principais explicaram cerca de 76,3% da variabilidade fenotípica da espécie. Os autores afirmaram que essa considerável variabilidade pode ser explorada pelo melhoramento genético a fim de obter variedades comerciais.

Tabela 5 Autovalores e autovetores associados a onze características dos frutos em 58 árvores matrizes de mangabeira.

Componentes Principais	Raiz (%)	% Acumulada
CP1	51,1199	51,1199
CP2	24,0523	75,1722
CP3	12,1194	87,2916
CP4	7,0494	94,3410
CP5	2,5296	96,8706
CP6	1,0731	97,9437
CP7	0,8289	98,7726
CP8	0,6601	99,4327
CP9	0,4058	99,8385
CP10	0,1591	99,9976
CP11	0,0023	100

A dispersão gráfica das árvores matrizes, elaborada com base nos três primeiros componentes principais, utilizando o modelo tridimensional (Figura 2) permitiu visualizar a formação de doze grupos. O grupo I reuniu as matrizes: CAC02, CAC27, CAC06, CAC32, CAC10, CAC13, CAC07, CAC17, CAC26, CAC11, CAC09, CAC18, CAC30 e CAC31; o grupo II, CHP12, CHP19, CHP05, CHP14, CHP09,

CHP16, CHP17, CHP31, CHP18, CHP22, CHP29, CHP13, CHP32, CHP28, CHP15, CHP06, CHP24, CHP30, CHP04, CHP08 e CHP26; o grupo III, CHP23, CHP25, CHP20 e CHP03; o grupo IV, CAC03, CAC04, CHP21 e CAC23; o grupo V, CHP07 e CHP27; o grupo VI, CAC08, CAC14, CAC01 e CAC21; o grupo VII, CAC19 e CAC22; o grupo VIII, CHP02 e CHP10; o grupo IX, CAC15 e CAC28; o grupo X, CAC34; o grupo XI, CHP01; e o grupo XII, CHP11. Deste modo, assim como no método de Tocher, as matrizes foram ordenadas em grupos semelhantes, identificando e isolando as mais divergentes em grupos distintos, confirmando a divergência fenotípica entre as árvores matrizes e as duas populações estudadas.

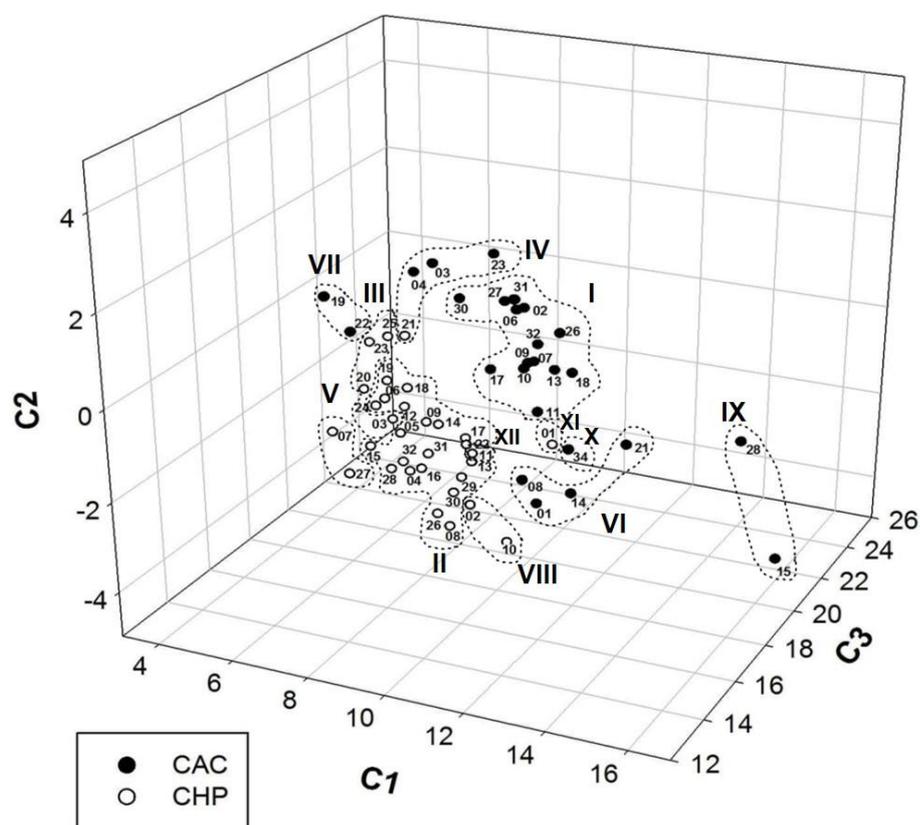


Figura 2 Gráfico da classificação das 58 árvores matrizes de mangabeira baseado nos escores dos três primeiros componentes principais.

A contribuição relativa de cada característica para a expressão da divergência de acordo com o método de Singh (1981) indicou que a massa do fruto (42,79%) e massa da polpa mais casca (37,43%) foram as que mais contribuíram para a diferenciação das matrizes estudadas, somando 80,22% de toda a contribuição. O número de sementes, ratio, diâmetro transversal do fruto, comprimento longitudinal do fruto e rendimento de polpa mais casca contribuiu

efetivamente com valores muito próximos para distinção das matrizes. As características que tiveram pouca contribuição (abaixo de 1%) foram sólidos solúveis totais, massa total de sementes, pH e a acidez titulável (Tabela 6).

Tabela 6 Estimativas da contribuição relativa de cada característica (S.j.) para a divergência entre as árvores matrizes de mangabeira, pelo método de Singh (1981).

Variáveis	S.j.	Valor (%)
Massa do fruto (g)	1.745.727,99	42,79
Massa da polpa mais casca (g)	1.526.986,53	37,43
Número de sementes	220.008,00	5,39
Ratio	203.384,15	4,99
Diâmetro transversal do fruto (cm)	152.127,41	3,73
Diâmetro longitudinal do fruto (cm)	139.009,16	3,41
Rendimento de polpa mais casca (%)	51.594,47	1,26
Sólidos solúveis totais (°Brix)	27,257,68	0,67
Massa total de sementes (g)	11.376,48	0,28
pH	917,90	0,02
Acidez titulável (% ácido cítrico)	671,46	0,02

Estes resultados evidenciam a importância da massa do fruto e da polpa mais casca na discriminação das matrizes, indicando que estas características não devem ser descartadas de futuras avaliações. Silva et al. (2013) também observaram que as maiores contribuições relativas para a avaliação dos acessos de mangabeira foram a massa do fruto e massa da polpa. Entretanto, as características físico-químicas são importantes quando o objetivo é a escolha das plantas que possuem frutos com características adequadas para a agroindústria.

CONCLUSÃO

As características massa do fruto e massa da polpa mais casca são as que mais contribuem para a divergência fenotípica entre as matrizes.

As matrizes CAC14, CAC21, CAC15, CAC28 e CAC34 apresentam os maiores valores para as características físicas e físico-químicas avaliadas e podem ser utilizadas na comercialização dos frutos e para futuros trabalhos de melhoramento genético.

A existência de variabilidade fenotípica nas duas populações indica o potencial da mangabeira para ser explorada pelo melhoramento e em plantios comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILÃO, E. F. C.; DEVILLA, I. A.; CONCEIÇÃO, E. C.; BORGES, L. L. Bioactive compounds found in Brazilian Cerrado fruits. **International Journal of Molecular Sciences**. 16: 23760-23783, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília 10 de jan. 2000. Seção 1, p. 53.

CARDOSO, L. M.; REIS, B. L.; OLIVEIRA, D. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. **Fruits**. 69: 89-99, 2014.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 Ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

COHEN, K. O.; SANO, S. M. **Parâmetros físico-químicos dos frutos de mangabeira**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 12p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**. 35: 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelo biométrico aplicado ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

DARRAULT, R. O.; SCHLINDWEIN, C. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects. **Biotropica**. 37: 381-388, 2005.

FREITAS, M. K. C.; COIMBRA, R. R.; AGUIAR, G. B.; AGUIAR, C. B. N.; CHAGAS, D. B.; FERREIRA, W. M.; OLIVEIRA, R. J. Variabilidade fenotípica e caracterização morfológica de uma população natural de *Hancornia speciosa* Gomes. **Bioscience Journal**. 28: 833-841, 2012.

GANGA, R. M. D.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Parâmetros genéticos em progênies de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Scientia Forestalis**. 37: 395-404, 2009.

GANGA, R. M. D.; FERREIRA, G. A.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia*

speciosa Gomes do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 32: 101-113, 2010.

GONÇALVES, L. G. V.; ANDRADE, F. R.; MARIMON JÚNIOR, B. H.; SCHOSSLER, T. R.; LENZA, E.; MARIMON, B. S. Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. 36: 31-40, 2013.

IAL. Instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008. 1020p.

ISA. Instituto Socioambiental. **Plante as árvores do Xingu e Araguaia: guia de identificação**. São Paulo: ISA, 2009. 304p.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**. 20: 359-363, 1977.

MONTEIRO, E. R.; BASTOS, E. M.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; NUNES, J. A. R. Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**. 40: 288-293, 2010.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 18: 856-860, 2014.

OLIVEIRA, M. S. P.; FERREIRA, D. F.; SANTOS, J. B. Divergência genética entre acessos de açaizeiro fundamentada em descritores morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 42: 501-506, 2007.

PERFEITO, D. G. A.; CARVALHO, N.; LOPES, M. C. M.; SCHMIDT, F. L. Caracterização de frutos de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) e estudo de processos de extração de polpa. **Revista de Agricultura Neotropical**. 2: 1-7, 2015.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. 2016. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 16, março, 2016.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do Cerrado. **Ciência Rural**. 38: 1790-1793, 2008.

SILVA, S. S.; CRUZ, E. M. O.; REIS, R. V.; FERREIRA, C. P.; PASSOS, A. R. Caracterização morfológica e molecular de genótipos de mangaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 35: 1093-1100, 2013.

SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. Botânica. In: SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 25-33p.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**. 41: 237-245, 1981.

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 322p.

5. CAPÍTULO II - DIVERSIDADE GENÉTICA DE MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* Gomes) POR CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR

RESUMO

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; Setembro de 2016. Diversidade genética de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) por caracterização morfológica e molecular. Orientador: Petterson Baptista da Luz. Coorientadora: Ana Aparecida Bandini Rossi.

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma espécie arbórea que ocorre naturalmente no bioma Cerrado. O objetivo deste estudo foi avaliar a diversidade genética entre 24 árvores matrizes de mangabeira da região de Chapada dos Guimarães-MT, utilizando marcadores morfológicos e marcadores ISSR. As seguintes aferições foram realizadas nos frutos maduros: diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro transversal do fruto (DTF), massa do fruto (MF), número de sementes (NS), massa total de sementes (MTS), massa da polpa mais casca (MPC), rendimento de polpa mais casca (REND), sólidos solúveis totais (SST), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e a relação SST/AT (RATIO). Para amplificação do DNA, foram utilizados 10 *primers* ISSR. Os resultados médios das avaliações foram: DLF (4,22 cm), DTF (3,96 cm), MF (34,35 g), NS (18,42), MTS (2,98 g), MPC (31,37 g), REND (91,2%), SST (14,32 °Brix), pH (4,1), AT (0,63%) e o ratio (24,3). Os *primers* produziram 57 bandas, sendo que 57,89% foram polimórficas. Dentre os marcadores morfológicos, MF e MPC foram os que mais contribuíram para a divergência genética. A correlação significativa resultante da combinação das distâncias morfológicas e moleculares foram eficientes para estimar o nível de variabilidade genética entre as árvores avaliadas.

Palavras-chave: Cerrado, mangaba, variabilidade fenotípica, marcador ISSR.

GENETIC DIVERSITY OF MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* Gomes) BASED ON MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION

ABSTRACT

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; September 2016. Genetic diversity of mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) based on morphological and molecular characterization. Advisor: Petterson Baptista da Luz. Co-advisor: Ana Aparecida Bandini Rossi.

Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) is a tree species that occurs naturally in the Cerrado biome. This study aimed to assess the genetic diversity among 24 mangabeira mother trees of the Chapada dos Guimarães-MT region, using morphological markers and ISSR markers. The following measurements were performed on mature fruits: longitudinal diameter of the fruit (DLF), transversal diameters of the fruit (DTF), fruit mass (MF), number of seeds (NS) and total mass of seeds (MTS), pulp and peel mass (MPC), pulp and peel yield (REND), total soluble solids (SST), hydrogenionic potential (pH), titratable acidity (AT) and ratio SST/AT (RATIO). Ten ISSR primers were used for the amplification of the DNA. The average results of the evaluations were: DLF (4.22 cm), DTF (3.96 cm), MF (34.35 g), NS (18.42), MTS (2.98 g), MPC (31.37 g), REND (91.2%), SST (14.32 °Brix), pH (4.10), AT (0.63%) and ratio (24.3). Primers produced 57 bands and 57.89% were polymorphic. Among the morphological markers, MF and MPC had the highest contributions to the genetic divergence. The significant correlation resulting between the combination of morphological and molecular distances was efficient to estimate the level of genetic variability among the trees evaluated.

Keywords: Cerrado biome, mangaba, phenotypic variability, ISSR marker.

INTRODUÇÃO

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma arbórea tropical promissora para a exploração comercial. A espécie, encontrada na maioria das regiões do Brasil, é frequente no bioma Cerrado. Suas frutas são consumidas in natura e utilizadas para produção de geleias ou sorvetes. O sabor exótico faz da mangaba uma fruta bastante apreciada pela população das regiões Centro-Oeste e Nordeste (Moura et al., 2011).

Dados oficiais mostram que a produção nacional da fruta é essencialmente extrativista (IBGE, 2015), equivalente em 2014 a 685 toneladas, das quais a quase totalidade (679 t) proveio da região Nordeste do Brasil. O restante é oriundo dos estados de Goiás e Minas Gerais. Toda essa produção mal atende à demanda do mercado consumidor local e a conquista de novos mercados está condicionada à implantação de pomares comerciais (Lederman et al., 2000).

Uma considerável variabilidade é observada em mangabeira, desde variação na altura da árvore e diâmetro do caule, coloração, formato, massa e produção de frutos, número e massa das sementes e rendimento da polpa mais casca. O conhecimento da magnitude dessa variabilidade fenotípica auxilia no delineamento de estratégias para fins de conservação, domesticação e melhoramento da espécie (Ganga et al., 2010).

Os marcadores morfológicos são muito utilizados em estudos de diversidade genética e evolução, podendo utilizar diferentes caracteres, porém, o efeito do ambiente e a ação gênica são fatores que podem dificultar a avaliação. Todavia, esses marcadores são mais acessíveis e auxiliam outras técnicas mais sofisticadas, como os marcadores moleculares, que são empregados com o objetivo de avaliar a relação genética entre plantas distintas (Andrade et al., 2011).

Os marcadores ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) combinam técnicas de SSR (*Simple Sequence Repeats*) e PCR (*Polymerase Chain Reaction*), são dominantes, altamente polimórficos e úteis nos estudos de diversidade genética, filogenia, marcação genética, mapeamento do genoma e biologia evolutiva. Destacam-se por ser uma técnica simples, rápida, eficiente e com alta taxa de reprodutibilidade (Reddy et al., 2002).

Considerando que a espécie pode ser inserida na cadeia da fruticultura regional e gerar renda aos pequenos produtores rurais, o objetivo deste trabalho foi

avaliar a diversidade genética de mangabeira, utilizando caracteres morfológicos e marcadores moleculares ISSR, visando identificar àquelas que são promissoras aos cultivos comerciais e programas de melhoramento genético.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de coleta

Para realizar o experimento, um total de 58 árvores matrizes de mangabeira foi amostrada em Cáceres e Chapada dos Guimarães, na região Centro-Sul de Mato Grosso (Tabela 1). O clima da região é do tipo tropical (Aw), quente e subúmido, o solo arenoso e a vegetação tipo Cerrado sentido restrito.

Tabela 1 Localização, coordenadas, altitude e número de árvores matrizes (N) amostradas por localidade no estado de Mato Grosso.

Localidade	N	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)
Cáceres	26	16° 14' 44"	57° 29' 20"	431
Chapada dos Guimarães	32	15° 06' 47"	55° 39' 35"	352
Total	58	-	-	-

Caracterização morfológica

Foram coletados frutos maduros (entende-se por maduro os frutos com casca de coloração amarelada e consistência mole), acondicionados em sacos plásticos e transportados para o Laboratório de Sementes e Plantas Ornamentais da Universidade do Estado de Mato Grosso, em Cáceres-MT. No laboratório, foram selecionados cinco frutos por árvore matriz para a realização das seguintes avaliações: 1) diâmetro longitudinal do fruto em centímetros; 2) diâmetro transversal do fruto em centímetros; 3) massa do fruto em gramas; 4) número de sementes por fruto; 5) massa total de sementes em gramas; 6) massa da polpa mais casca em gramas; 7) rendimento de polpa mais casca em porcentagem; 8) sólidos solúveis totais em graus Brix; 9) potencial hidrogeniônico; 10) acidez titulável em percentual de ácido cítrico; e o 11) ratio, considerando a relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável. As avaliações físico-químicas seguiram os métodos-padrão do Instituto Adolf Lutz (2008) e foram realizadas em triplicatas a partir da homogeneização da polpa dos frutos de cada matriz.

Extração do DNA

Folhas jovens foram coletadas das 58 matrizes em estudo, acondicionadas em caixa de isopor com gelo. Em seguida, foram transportadas para o Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular da Universidade do Estado de Mato Grosso, em Alta Floresta-MT, e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

O DNA foi extraído segundo o protocolo de Doyle e Doyle (1987), com modificações. Cerca de 300 mg do tecido vegetal foi macerado em um almofariz com auxílio de pistilo na presença de nitrogênio líquido. O macerado foi transferido para microtubos de 2 mL, onde foram adicionados 800 μL da solução tampão de extração a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (CTAB 5%, Tris-HCl 0,1 M, pH 8,0, EDTA 0,02 M, pH 8,0, NaCl 1,4 M, β -mercaptoetanol 1,5%, PVP 4% e proteinase K 20 mg mL^{-1} e água destilada autoclavada). Após, as amostras foram agitadas em vórtex, incubadas em banho-maria a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos e homogeneizadas por inversão a cada 10 minutos. Em seguida, o material foi centrifugado por 10 minutos a 10.000 rpm, sendo o sobrenadante coletado e transferido para novos microtubos de 2 mL. Ao sobrenadante foram adicionados 600 μL de clorofórmio:álcool isoamílico (24:1). O material foi homogeneizado em vórtex e centrifugado por 10 minutos a 10.000 rpm. O sobrenadante foi coletado e transferido para microtubos de 1,5 mL contendo 500 μL de álcool isopropílico (isopropanol) gelado. As amostras foram homogeneizadas por suaves inversões e incubadas por 3 horas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após esse período, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 12.000 rpm e o sobrenadante foi descartado. O precipitado foi lavado duas vezes com 1 mL de álcool etílico 70% e uma vez com 1 mL de álcool etílico 95%, e as amostras centrifugadas por 1 minuto a 12.000 rpm. O precipitado foi seco em temperatura ambiente e ressuspenso em 50 μL de tampão TE (Tris-HCl 10 mM e EDTA 1 mM, pH 8,0) contendo 0,12 μL de RNase (10 mg mL^{-1}). As amostras foram incubadas em banho-maria a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos, e em seguida, permaneceram na geladeira ($7\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 24 horas. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A qualidade e quantidade do DNA extraído foi verificado a partir do mix de 2 μL de DNA, 3 μL de água (destilada autoclavada) e 1 μL de corante tipo IV. As amostras foram aplicadas em gel de agarose 1%, corado com brometo de etídio (10 mg mL^{-1}) e submetido a eletroforese horizontal por cerca de 2 horas a 80 V. A visualização do DNA foi realizada sob luz ultravioleta por meio de um transiluminador e quantificado por comparação com padrão de massa molecular

conhecida, utilizando-se o DNA do bacteriófago λ na concentração de $10 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$. As amostras foram diluídas em água, padronizadas a uma concentração de $5 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$ e armazenadas a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ para posterior uso nas reações de PCR.

Amplificação do DNA

Inicialmente foram testados 20 *primes* ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) obtidos da *University of British Columbia* (UBC), Vancouver, Canadá (807, 808, 809, 810, 811, 812, 815, 817, 818, 826, 827, 829, 834, 835, 841, 842, 880, 884, 889 e 891) para caracterização genética das árvores matrizes de mangabeira. Destes, 10 (807, 809, 810, 812, 818, 827, 834, 835, 841 e 891) foram selecionados para 24 matrizes da população de Chapada dos Guimarães (Apêndice), devido a obtenção de produtos amplificados. Para as demais árvores não houve amplificação do DNA nas condições testadas, e por isso, as mesmas foram descartadas das análises futuras.

As reações de amplificação foram realizadas em volume total de $25 \mu\text{L}$, cotendo $2,5 \mu\text{L}$ de tampão 10X (ausência de Mg^{++}), $1 \mu\text{L}$ de MgCl_2 (50 mM), $1 \mu\text{L}$ de DMSO (100%), $1 \mu\text{L}$ de dNTPs (1 mM cada), $2 \mu\text{L}$ de primer ($0,2 \text{ mM}$), $0,12 \mu\text{L}$ de Taq polimerase (5U), $2 \mu\text{L}$ de DNA genômico (5 ng) e água destilada autoclavada.

O programa de amplificação seguiu de uma desnaturação inicial por 4 minutos a $94 \text{ }^\circ\text{C}$; seguido por 35 ciclos de desnaturação ($94 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 minuto), anelamento do *primer* ($49,8\text{-}53 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 minuto) e extensão ($72 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 minutos). Uma etapa final de extensão foi empregada a $72 \text{ }^\circ\text{C}$ por 7 minutos. Todas as reações foram realizadas em termociclador (Esco Aeris, modelo G-96 Well).

Os produtos de amplificação foram separados em gel de agarose 2% corado com brometo de etídio ($0,6 \text{ mg mL}^{-1}$) em tampão TBE 1X (Tris-base 89 mM , ácido bórico 89 mM e EDTA 2 mM) por cerca de 4 horas a 80 V . Como padrão de peso molecular foi utilizado o DNA *ladder* de 100 pb (Kasvi). Os géis foram visualizados em luz ultravioleta e fotografados.

Análises estatísticas

Para as 24 árvores matrizes selecionadas, os dados morfológicos foram analisados por estatística descritiva, utilizando-se de medidas de tendência central (média) e de variabilidade dos dados (desvio-padrão e coeficiente de variação). Para estimar a divergência fenotípica entre as árvores de mangaba, foi calculada uma

matriz de distância fenotípica, utilizando a distância Euclidiana média padronizada, avaliando-se, ainda, a contribuição relativa das características na estimativa da diversidade genética, pelo método de Singh (1981). Para os dados moleculares, os fragmentos de ISSR foram codificados em presença (1) e ausência (0) de bandas e convertidos em uma matriz binária, a partir do qual foram estimadas as distâncias genéticas, com base no complemento aritmético do coeficiente de Jaccard (1901).

Uma análise conjunta dos dados foi realizada utilizando-se a distância de Gower (1971) para os dados morfológicos, e posterior soma com a distância de Jaccard. O teste Z de Mantel foi aplicado para verificar a magnitude de correlação entre a nova matriz de dissimilaridade genética obtida e as originais (Mantel, 1967).

A avaliação da diversidade genética foi realizada por meio do agrupamento hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average*), sendo os grupos heteróticos identificados conforme a proposta de Mojena (1977). As análises da estatística descritiva, os cálculos de dissimilaridade e a correlação foram realizados com auxílio do programa Genes (Cruz, 2013). O programa R versão 3.2.3 (R Core Team, 2016) foi utilizado para gerar os dendrogramas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as avaliações físicas dos frutos (Tabela 2), as árvores CHP01, CHP02, CHP10, CHP26, CHP29 e CHP30 apresentaram os valores de diâmetro longitudinal, diâmetro transversal e massa do fruto, número e massa total de sementes e massa da polpa mais casca acima da média. As árvores CHP11, CHP17 e CHP31 também se destacaram nesses caracteres físicos, a exceção do valor médio do número de sementes (17,3). Para o rendimento de polpa mais casca, todas as árvores apresentaram percentuais elevados, variando de 86,1% a 94,7%. Segundo Gonçalves et al. (2013) essas características são as de maior importância para exploração econômica da mangabeira, sendo preferíveis os frutos maiores e mais pesados com a menor quantidade de sementes.

Para as avaliações físico-químicas (Tabela 2), as árvores CHP01 e CHP25 foram as que apresentaram os maiores valores para a maioria das características estudadas. Foi verificado que os valores encontrados neste trabalho são equivalentes aos observados para mangabeiras provenientes do Cerrado baiano e goiano (Nascimento et al., 2014; Perfeito et al., 2015). Os valores verificados para

sólidos solúveis totais, pH e acidez titulável nos frutos das árvores CHP01, CHP02, CHP18, CHP21, CHP25 e CHP27 estão de acordo com o valor mínimo estabelecido pelo Padrão de Identidade e Qualidade da polpa de mangaba (SST: 8 °Brix; pH: 2,80; e AT: 0,70%) (Brasil, 2000).

Tabela 2 Características físicas e físico-químicas dos frutos de 24 árvores matrizes de mangabeira da região de Chapada dos Guimarães-MT.

Matriz	DLF (cm)	DTF (cm)	MF (g)	NS	MTS (g)	MPC (g)	REND (%)	SST (°Brix)	pH	AT (%)	RATIO
CHP01	4,72	4,85	59,96	32	4,42	55,55	92,6	22,3	3,97	0,88	25,5
CHP02	4,54	4,33	44,53	35	4,63	39,90	89,6	14,4	3,97	0,74	19,5
CHP03	3,73	3,66	26,47	11	1,86	24,61	93,0	14,4	4,20	0,35	40,9
CHP04	4,09	3,67	30,42	25	3,88	26,54	87,2	16,3	4,15	0,54	30,0
CHP05	4,05	3,74	26,47	17	2,49	23,98	90,6	14,3	3,99	0,48	29,6
CHP09	4,17	3,74	32,63	17	3,11	29,52	90,5	17,3	4,09	0,59	29,2
CHP10	5,15	4,75	55,72	32	4,97	50,75	91,1	13,9	4,32	0,45	31,2
CHP11	4,46	4,37	46,56	18	3,28	43,27	93,0	16,6	4,28	0,45	37,0
CHP15	4,21	3,56	25,84	11	2,63	23,21	89,8	10,6	4,41	0,52	20,4
CHP16	4,46	3,78	33,24	22	3,17	30,06	90,4	14,1	4,23	0,49	28,6
CHP17	4,64	4,39	43,49	16	3,02	40,47	93,1	14,5	4,04	0,56	25,8
CHP18	3,85	3,67	28,23	15	2,57	25,66	90,9	16,9	4,12	0,86	19,6
CHP19	3,70	3,61	23,54	10	1,61	21,93	93,1	14,4	3,99	0,59	24,4
CHP20	3,39	3,35	18,43	10	1,67	16,75	90,9	16,4	4,26	0,49	33,3
CHP21	4,01	3,53	24,48	11	2,14	22,34	91,3	15,6	3,53	1,31	11,8
CHP22	4,53	4,54	46,93	17	2,49	44,44	94,7	12,5	4,08	0,54	23,2
CHP23	3,30	3,25	18,77	5	1,08	17,69	94,2	16,9	4,22	0,61	27,5
CHP25	3,69	3,25	20,51	7	1,11	19,40	94,6	17,1	3,97	0,70	24,3
CHP26	4,60	4,41	41,65	26	4,30	37,35	89,7	9,3	4,15	0,65	14,3
CHP27	3,81	3,65	22,27	23	3,09	19,18	86,1	9,0	4,12	0,86	10,4
CHP29	4,60	4,58	44,24	22	3,53	40,71	92,0	12,4	4,14	0,57	21,5
CHP30	4,63	4,45	44,01	23	4,35	39,66	90,1	11,2	4,00	0,62	18,0
CHP31	4,48	4,12	35,62	18	2,98	32,65	91,6	12,2	4,14	0,59	20,7
CHP32	4,49	3,85	30,42	19	3,12	27,30	89,7	11,0	4,13	0,67	16,5
Média	4,22	3,96	34,35	18,42	2,98	31,37	91,2	14,32	4,1	0,63	24,3
CV (%)	10,96	12,27	34,18	43,17	36,4	34,72	2,31	21,03	4,15	31,36	31,11
DP	0,46	0,49	11,74	7,95	1,08	10,89	2,11	3,01	0,17	0,2	7,56

DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DTF: diâmetro transversal do fruto; MF: massa do fruto; NS: número de sementes; MTS: massa total de sementes; MPC: massa de polpa mais casca; REND: rendimento de polpa mais casca; SST: sólidos solúveis totais; pH: potencial hidrogeniônico; AT: acidez titulável; RATIO: relação entre SST/AT.

O agrupamento das árvores de mangabeira estabelecido com base na distância Euclidiana média padronizada (0,336) demonstra a formação de cinco grupos (Figura 1). O G-1 foi formado pelas árvores: CHP16, CHP09, CHP05, CHP04, CHP18, CHP32, CHP31, CHP15, CHP20, CHP03, CHP25, CHP23 e CHP19; o G-2, somente pela CHP27; o G-3, apenas pela CHP21; o G-4, CHP26, CHP30, CHP02, CHP17, CHP22, CHP29 e CHP11; e o G-5, pela CHP10. Esses dados indicam que a maioria das árvores possui similaridade e que para conseguir um efeito heterótico àquelas identificadas como mais distantes geneticamente seriam indicadas para os cruzamentos (Cruz et al., 2012).

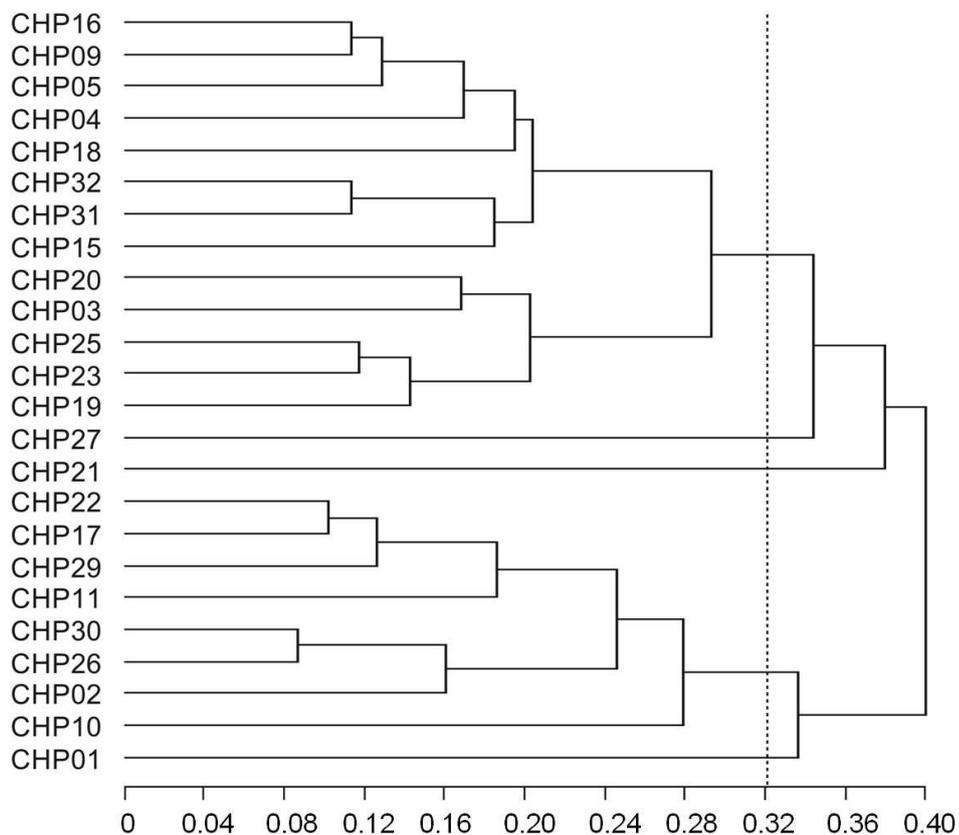


Figura 1 Dendrograma representativo da dissimilaridade fenotípica entre 24 árvores matrizes de mangabeira, obtido pelo método UPGMA com base na distância Euclidiana média padronizada, estimada a partir de onze características dos frutos. O valor de correlação cofenética (r) é de 0,68.

As características que mais contribuíram para a divergência genética entre as árvores estudadas foram massa do fruto (35,15%), massa da polpa mais casca (30,27%), número de sementes (16,12%) e o ratio (14,58%), somando juntas, 96,12% de toda a variação observada (Tabela 3). Silva et al. (2013) também

observaram que a massa da polpa e do fruto tiveram a maior contribuição efetiva na diferenciação de acessos de mangabeira de uma população localizada no estado da Bahia, evidenciando que são caracteres morfoagronômicos que não podem ser excluídos de futuros trabalhos com a espécie.

Tabela 3 Contribuição relativa das onze características dos frutos de mangabeira provenientes da região de Chapada dos Guimarães-MT.

Características	S.j	%
Massa do fruto (g)	76083,923	35,15
Massa de polpa mais casca (g)	65509,707	30,27
Número de sementes	34892,000	16,12
Ratio	31555,680	14,58
Sólidos solúveis totais (°Brix)	5005,280	2,31
Rendimento de polpa mais casca (%)	2462,442	1,14
Massa total de sementes (g)	650,279	0,30
Diâmetro transversal do fruto (cm)	130,518	0,06
Diâmetro longitudinal do fruto (cm)	118,238	0,05
Acidez titulável (% ácido cítrico)	21,521	0,01
Potencial hidrogeniônico	16,012	0,01

Os 10 *primers* utilizados produziram um total de 57 bandas, que variaram de 300 a 1.300 pb, correspondendo a uma média de 5,7 bandas por *primer*. Todos os *primers* apresentaram polimorfismo e 57,89% das bandas foram polimórficas (Tabela 4). Jimenez et al. (2015), trabalhando com a divergência genética entre acessos de mangabeira, utilizaram seis *primers* ISSR, os quais permitiram a obtenção de 93 bandas, sendo 83 delas polimórficas (89,25%). Por sua vez, Costa et al. (2015), também utilizando seis marcadores ISSR, verificaram que das 63 bandas amplificadas, apenas 30 (47,62%) apresentaram polimorfismo, sugerindo baixa diversidade genética dentro da população.

A dissimilaridade genética média entre as árvores por marcadores moleculares foi de 0,079. Pelo dendrograma (Figura 2) foram formados quatro grupos distintos, um grupo a menos quando comparado ao número de grupos obtidos pelos dados morfológicos. O G-1 foi formado pelas árvores: CHP29, CHP21, CHP27, CHP22, CHP17, CHP09, CHP18, CHP04, CHP216, CHP10, CHP30, CHP26, CHP31, CHP05, CHP32, CHP15 e CHP03; o G-2, somente pela CHP01; o G-3, CHP25, CHP19, CHP23 e CHP20; e o G-4, CHP11 e CHP02.

Tabela 4 *Primers* ISSR com suas respectivas sequência de nucleotídeos, temperatura de anelamento (Ta), número total de bandas (NTB), bandas polimórficas (NBP) e percentuais de bandas polimórficas (PBP).

<i>Primers</i>	Sequência 5' → 3'	Ta (°C)	NTB	NBP	PBP (%)
UBC 807	AGA GAG AGA GAG AGA GT	49,8	5	3	60,0
UBC 809	AGA GAG AGA GAG AGA GG	51,5	8	6	75,0
UBC 810	GAG AGA GAG AGA GAG AT	50,0	7	3	42,8
UBC 812	GAG AGA GAG AGA GAG AA	50,0	2	1	50,0
UBC 818	CAC ACA CAC ACA CAC AG	52,5	3	2	66,7
UBC 827	ACA CAC ACA CAC ACA CG	53,0	6	4	66,7
UBC 834	AGA GAG AGA GAG AGA GYT	52,5	6	5	83,3
UBC 835	AGA GAG AGA GAG AGA GYC	50,2	8	2	25,0
UBC 841	GAG AGA GAG AGA GAG AYC	50,0	6	3	50,0
UBC 891	HVH TGT GTG TGT GTG TG	50,4	6	4	66,7
Total			57	33	

H: (A, T, C); Y: (C, T).

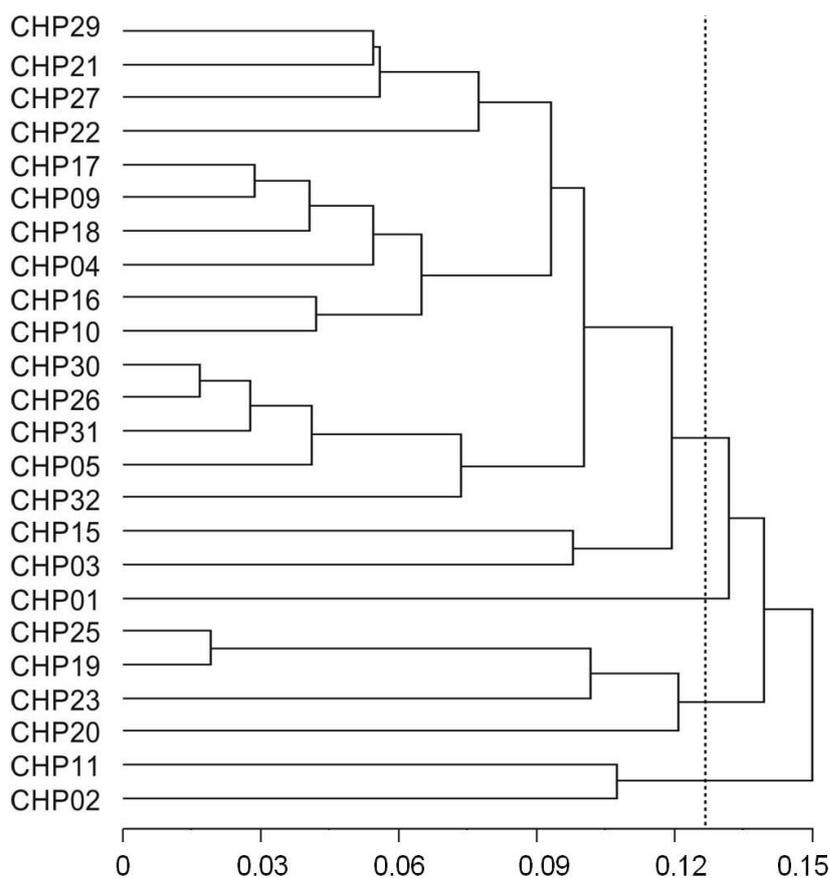


Figura 2 Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 24 árvores matrizes de mangabeira, obtido pelo método UPGMA com base na distância do complemento aritmético do coeficiente de Jaccard, estimada a partir de dez *primers* ISSR. O valor de correlação cofenética (r) é de 0,69

Dos quatro grupos gerados pela análise ISSR, somente um (G-2, formado pela árvore CHP01) foi consistente com a distância estimada utilizando as características físicas e físico-químicas dos frutos (Figura 1). Outras árvores também apareceram muito próximas nas duas análises (CHP26 e CHP30; CHP19 e CHP25). A baixa concordância entre as distâncias estimadas destas duas técnicas foi evidenciada pela baixa, porém significativa correlação ($r = 0,19$; $p = 0,05$) entre a matriz de distância morfológica e a matriz gerada pelos marcadores ISSR (Tabela 5).

Tabela 5 Correlação entre as matrizes de distâncias genéticas estimadas a partir das análises das características morfológicas (MD_M) e dos marcadores ISSR (MD_{ISSR}) e análise conjunta (MD_{M+ISSR}) para as 24 árvores matrizes de mangabeira.

	MD_M	MD_{ISSR}	MD_{M+ISSR}
MD_M	1	0,19*	0,94**
MD_{ISSR}		1	0,50**
MD_{M+ISSR}			1

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de Mantel com base em 1.000 simulações.

A correlação baixa entre as distâncias genéticas estimadas utilizando os marcadores moleculares e morfológicos pode ser explicado por uma série de fatores. O número de caracteres morfológicos avaliados pode ter sido insuficiente para representar o genoma. A correlação entre as estimativas também é influenciada pelo fato de que uma grande parte da variação detectada pelos marcadores moleculares não é adaptativa e, portanto, não sujeito a qualquer seleção (natural e artificial). Por outro lado, os caracteres morfológicos são simultaneamente sujeitos a seleção natural e artificial, além da sua elevada dependência do ambiente. Assim, fica evidente que as estimativas das distâncias genéticas serão tão mais próximas, quanto maior for a associação entre os locos que controlam as características morfológicas (locos de caracteres quantitativos – QTL) e as bandas avaliadas (Maric et al., 2004; Roy et al., 2004; Viera et al., 2007).

Com base na análise conjunta dos dados morfológicos e moleculares, foi observada a dissimilaridade média entre as árvores de 0,272. Utilizando essa medida como ponto de corte, foi verificada a formação de quatro grupos distintos (Figura 3). O G-1 foi formado pelas árvores: CHP16, CHP04, CHP09, CHP05, CHP18, CHP15, CHP03, CHP22, CHP17, CHP11, CHP30, CHP26, CHP29, CHP32

e CHP31; o G-2, CHP21 e CHP27; o G-3, CHP25, CHP19, CHP23 e CHP20; e o G-4, CHP10, CHP02 e CHP01 (Figura 3).

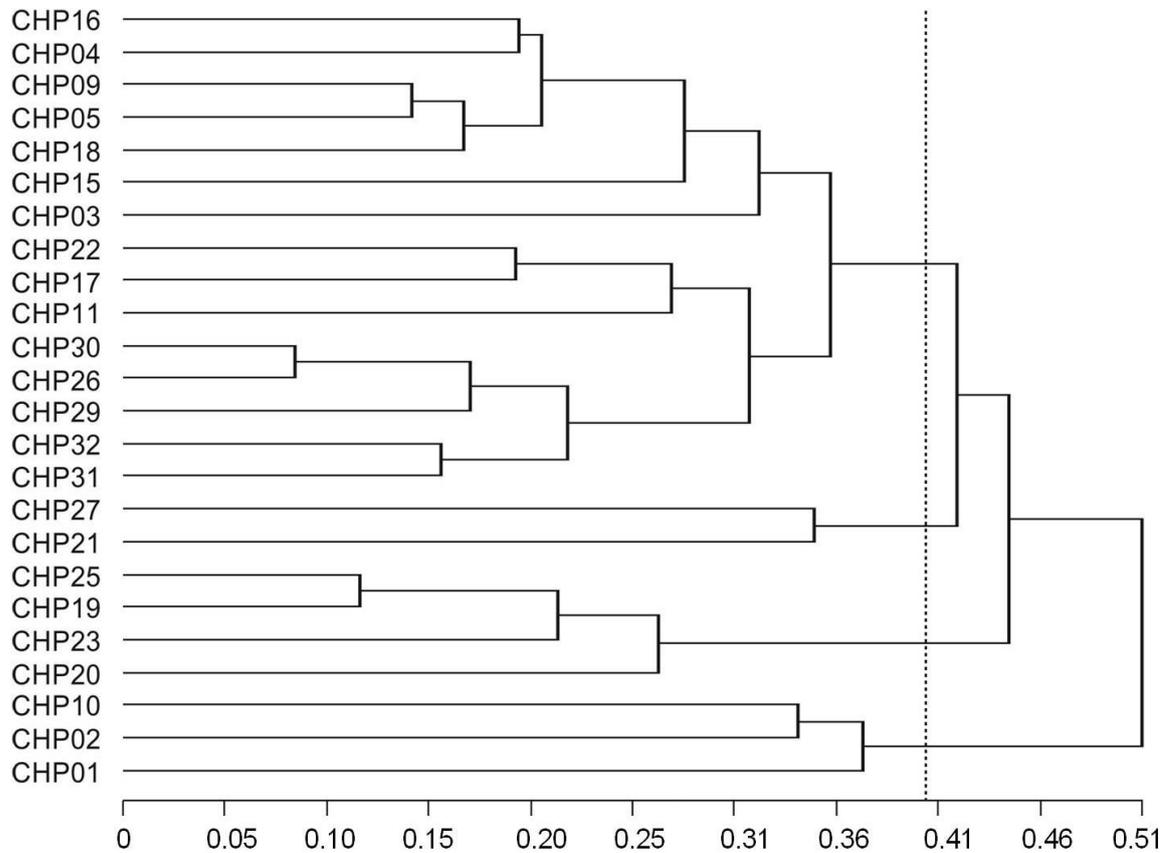


Figura 3 Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 24 árvores matrizes de mangabeira, obtido pelo método UPGMA com base na soma entre a distância de Gower e de Jaccard, estimada a partir de onze características do fruto e dez *primers* ISSR. O valor de correlação cofenética (r) é de 0,70.

De maneira geral, a análise combinada proporcionou os maiores valores de correlação (Tabela 5). Foi verificada uma maior correlação ($r = 0,94$) entre a matriz combinada e morfológica do que entre a matriz combinada e molecular ($r = 0,50$), com ambas as correlações sendo significativas a $p = 0,01$ pelo teste de Mantel com 1.000 permutações. Diante da estratégia de integração dos dados de diferente natureza, foi possível visualizar as árvores mais similares e as mais dissimilares. Essas informações complementares podem maximizar o nível de variação presente na população obtida pelo cruzamento de genótipos com maiores distâncias.

CONCLUSÃO

Para obter a estimativa mais segura da divergência genética entre as árvores, devem ser empregadas as distâncias morfológicas e moleculares conjuntamente.

As árvores CHP01, CHP02 e CHP10 apresentam variabilidade genética e os frutos com as melhores características físicas e físico-químicas avaliadas, mostrando potencial aos cultivos comerciais e programas de melhoramento genético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. A.; WICKERT, E.; MARTINS, A. B. G.; ANDRADE, M. M. C.; LEMOS, E. G. M. Diversidade genética de acessos de *Nephelium lappaceu* L. através de caracterização morfológica e molecular. **Comunicata Scientiae**. 2: 91-99, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília 10 de jan. 2000. Seção 1, p. 53.

COSTA, D. F.; VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CHAGAS, K. P. T. Diversidade genética e seleção de iniciadores ISSR em uma população natural de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**. 37: 970-976, 2015.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**. 35: 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelo biométrico aplicado ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**. 12: 13-15, 1987.

FERREIRA, E. G.; MARINHO, S. J. O. Produção de frutos da mangabeira para consumo *in natura* e industrialização. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. 1: 9-14, 2007.

GANGA, R. M. D.; FERREIRA, G. A.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 32: 101-113, 2010.

GONÇALVES, L. G. V.; ANDRADE, F. R.; MARIMON JÚNIOR, B. H.; SCHOSSLER, T. R.; LENZA, E.; MARIMON, B. S. Biometria de frutos e sementes de mangaba

(*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. 36: 31-40, 2013.

GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**. 27: 857-874, 1971.

IAL. Instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008. 1020p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2014: mangaba**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=289&z=p&o=30&i=P>>. Acesso em: 06, abril, 2016.

JACCARD, P. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. **Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles**. 37: 547-579, 1901.

JIMENEZ, H. J.; MARTINS, L. S. S.; MONTARROYOS, A. V. V.; SILVA JUNIOR, J. F.; ALZATE-MARIN, A. L.; MORAES FILHO, R. M. Genetic diversity on the Neotropical tree *Hancornia speciosa* Gomes in natural populations in Northeastern Brazil. **Genetics and Molecular Research**. 14: 17749-17757, 2015.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; ESPÍNDOLA, A. C. MELO. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 35p. (Série frutas nativas, 2).

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**. 27: 209-220, 1967.

MARIC, S.; BOLARIC, S.; MARTINCIC, J.; PEJIC, I.; KOZUMPLIK, V. Genetic diversity of hexaploid wheat cultivars estimated by RAPD markers, morphological traits and coefficients of parentage. **Plant Breeding**. 123: 366-369, 2004.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**. 20: 359-363, 1977.

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; VENKOVSKY, R.; NAVES, R. V.; AGUIAR, A. V.; MOURA, M. F. Genetic structure of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) populations in the Cerrado Region of Central Brazil. **Bioscience Journal**. 27: 473-481, 2011.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 18: 856-860, 2014.

PERFEITO, D. G. A.; CARVALHO, N.; LOPES, M. C. M.; SCHMIDT, F. L. Caracterização de frutos de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) e estudo de processos de extração de polpa. **Revista de Agricultura Neotropical**. 2: 1-7, 2015.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. 2016. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 16, março, 2016.

REDDY, M. P.; SARLA, N.; SIDDIQ, E. A. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. **Euphytica**. 128: 9-17, 2002.

ROY, J. K.; LAKSHMIKUMARAN, M. S.; BALYAN, H. S.; GUPTA, P. K. AFLP based genetic diversity and its comparison with diversity based on SSR, SAMPL, and phenotypic traits in bread wheat. **Biochemical Genetics**. 42: 43-59, 2004.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**. 41: 237-245, 1981.

VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F.; BERTAN, I.; KOPP, M. M.; ZIMMER, P. D.; BENIN, G.; SILVA, J. A. G.; HARTWIG, I.; MALONE, G.; OLIVEIRA, A. C. Association between genetic distances in wheat (*Triticum aestivum*) as estimated by AFLP and morphological markers. **Genetics and Molecular Biology**. 30: 392-399, 2007.

6. CAPÍTULO III - DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* Gomes) USANDO MARCADORES ISSR

RESUMO

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; Setembro de 2016. Diversidade e estrutura genética de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) usando marcadores ISSR. Orientador: Petterson Baptista da Luz. Coorientadora: Ana Aparecida Bandini Rossi.

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma espécie frutífera nativa do Brasil com potencial econômico que ainda não foi domesticada, e cuja genética e estrutura populacional são na sua maioria desconhecidas. Este estudo teve por objetivo avaliar a diversidade e estrutura genética de uma população de mangabeira por meio de marcadores ISSR. Ao todo foram amostradas 24 árvores matrizes localizadas em Chapada dos Guimarães-MT. Os dez *primers* ISSR produziram um total de 57 bandas com 57,89% de polimorfismo. A análise utilizando o *Structure* definiu dois grupos diferentes ($K = 2$), resultados que foram consistentes com os da análise de agrupamento UPGMA. Ambos os índices de diversidade de Nei ($h = 0,18$) e de Shannon ($I = 0,27$) foram relativamente baixos dentro da população. A AMOVA revelou que a variabilidade dentro dos grupos (83,39%) foi mais alta do que entre os grupos (16,61%). No geral, os resultados mostraram a necessidade de conservação genética da espécie.

Palavras-chave: Cerrado, mangaba, marcador molecular, estrutura populacional.

GENETIC DIVERSITY AND STRUCTURE OF MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* Gomes) USING ISSR MARKERS

ABSTRACT

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; MATO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; September 2016. Genetic diversity and structure of Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) using ISSR markers. Advisor: Petterson Baptista da Luz. Co-advisor: Ana Aparecida Bandini Rossi.

Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) is a native fruit tree species of Brazil with economic potential has not yet been domesticated, and whose genetics and population structure are mostly unknown. This study aimed to assess the population structure and genetic diversity of mangabeira, using ISSR markers. A total of 24 mother trees were sampled in Chapada dos Guimarães, Mato Grosso State, Brazil. The ten primers produced a total of 57 bands with 57.89% polymorphism. Analysis using Structure defined two different clusters ($K = 2$), results that were consistent with those of UPGMA analysis. Both Nei's genetic diversity ($h = 0.18$) and Shannon's diversity index ($I = 0.27$) were relatively low. The AMOVA revealed that the variability within clusters (83.39%) was higher than among clusters (16.61%). The results showed the need for genetic conservation of the species.

Keywords: Cerrado biome, mangaba, molecular marker, population structure.

INTRODUÇÃO

Hancornia speciosa Gomes (Apocynaceae), popularmente conhecida como mangabeira, é uma espécie nativa do Brasil que ocorre espontaneamente no Cerrado. Esta fruteira é utilizada pela população regional como fonte alternativa de renda familiar pela exploração extrativista do seu fruto, a mangaba. Possui potencial para o cultivo em razão dos seus múltiplos usos, fácil obtenção de sementes e adaptação aos solos marginais. Alguns pomares organizados para uso comercial são observados na região Centro-Oeste e Nordeste do país (Pereira et al., 2010).

A planta exibe porte médio, variando de 5 a 15 metros de altura, com copa irregular, e ramos numerosos e tortuosos. Um ótimo desenvolvimento vegetativo é alcançado durante o período de temperaturas elevadas e precipitação pluviométrica entre 750 e 1.600 mm anuais. Considerada uma espécie tipicamente alógama, suas flores são hermafroditas, autoincompatíveis e o florescimento ocorre na estação chuvosa (Silva Junior e Lédo, 2006).

Os estudos sobre a variabilidade genética das populações de mangabeira são escassos. O conhecimento da estrutura genética de populações naturais é essencial para a sua domesticação e melhoramento, e na amostragem para bancos de germoplasma, uma vez que pode afetar diretamente a viabilidade em longo prazo das populações (Moura et al., 2011). Devido à redução das áreas em que a espécie ocorre, Cerrado, Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea, é de extrema importância identificar, coletar, preservar e caracterizar os recursos genéticos disponíveis (Silva Junior e Lédo, 2006).

Marcadores moleculares são amplamente utilizados para acessar a variabilidade genética em populações naturais de plantas (Reddy et al; 2002; Zucchi et al., 2005; Soares et al., 2008). É uma técnica vantajosa, quando comparada com os marcadores morfológicos, pois não sofrem a influência do ambiente, apresentam número elevado de polimorfismo e possibilitam estudos em qualquer fase do desenvolvimento da planta (Faleiro, 2007). Neste contexto, os marcadores ISSR (*Inter simple sequence repeats*) são ferramentas úteis nos estudos de diversidade e estrutura genética (Jimenez et al., 2015).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a diversidade e caracterizar a estrutura genética de mangabeira da região de Chapada dos Guimarães-MT, utilizando marcadores ISSR.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal e extração do DNA genômico

Folhas jovens de 24 árvores matrizes de mangabeira foram coletadas em Chapada dos Guimarães-MT (Tabela 1) e armazenadas a -20°C no Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em Alta Floresta-MT. Estas árvores foram as mesmas utilizadas no estudo anterior (*Capítulo II*), porém, aqui, receberam a identificação de um a 24.

O DNA foi extraído de acordo com o protocolo CTAB descrito por Doyle e Doyle (1987), com as seguintes modificações no tampão de extração: 5% CTAB (100 mM Tris-HCl, pH 8,0; 20 mM EDTA, pH 8,0; e 1,4 M NaCl), 1,5% β -mercaptoetanol, 4% PVP e adição de 3,5 μL de Proteinase K (20 mg mL^{-1}) por amostra.

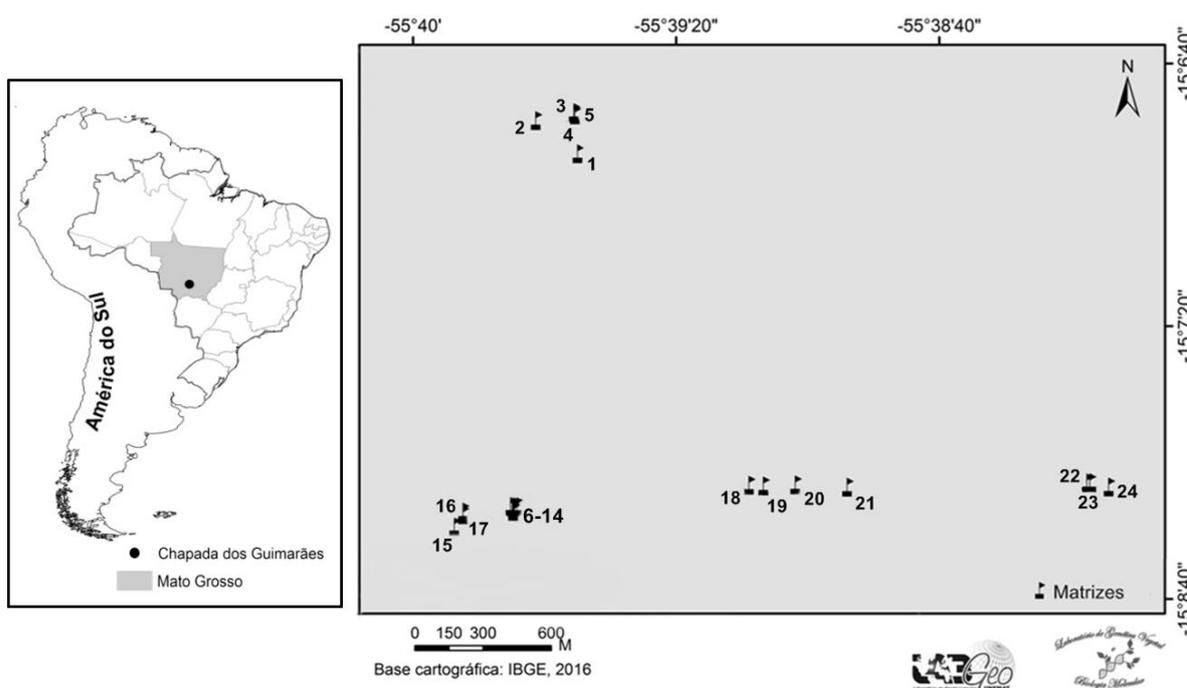


Figura 1 Distribuição das 24 árvores matrizes de mangabeira na população amostrada em Chapada dos Guimarães-MT.

A quantidade e integridade das amostras de DNA foram verificadas em gel de agarose 1% corado com brometo de etídio (10 mg mL^{-1}) e submetido a eletroforese horizontal por cerca de 2 horas a 80 V. A visualização do DNA foi realizada sob luz ultravioleta por meio de um transiluminador e quantificado por

comparação com padrão de massa molecular conhecida, utilizando-se o DNA do bacteriófago λ ($10 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$). As amostras foram diluídas em água destilada autoclavada e padronizadas a uma concentração de $5 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$ e armazenadas a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$.

PCR e eletroforese

Foram utilizados 10 *primers* ISSR (*University of British Columbia, Vancouver, Canadá*) para amplificação do DNA genômico. O mix compreendeu $2,5 \text{ } \mu\text{L}$ de tampão 10X (ausência de Mg^{++}), $1 \text{ } \mu\text{L}$ de MgCl_2 (50 mM), $1 \text{ } \mu\text{L}$ de DMSO (100%), $1 \text{ } \mu\text{L}$ de dNTPs (1 mM cada), $2 \text{ } \mu\text{L}$ de *primer* (0,2 mM), $0,12 \text{ } \mu\text{L}$ de Taq polimerase (5U), $2 \text{ } \mu\text{L}$ de DNA genômico (5 ng) e água destilada autoclavada para um volume final de $25 \text{ } \mu\text{L}$. As condições de amplificação foram: uma desnaturação inicial por 4 minutos a $94 \text{ }^\circ\text{C}$, seguido por 35 ciclos a $94 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 minuto, $49,8\text{-}53 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 minuto e $72 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 minutos, mais uma etapa de extensão final a $72 \text{ }^\circ\text{C}$ por 7 minutos.

Os produtos de amplificação foram separados em gel de agarose 2% corado com brometo de etídio ($0,6 \text{ mg mL}^{-1}$) e imersos em tampão TBE 1X (89 mM Tris-base, 89 mM ácido bórico e 2 mM EDTA) por cerca de 4 horas a 80 V. Como padrão de peso molecular foi utilizado o DNA *ladder* de 100 pb (Kasvi). Os géis foram visualizados em luz ultravioleta e fotografados com câmera digital.

Análise estatística

Os dados de presença (1) e ausência (0) das bandas foram utilizados para estimar a distância genética através do complemento aritmético do coeficiente de Jaccard (Jaccard, 1901) usando o programa Genes (Cruz, 2013). O dendrograma de dissimilaridade genética baseado no método hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean*) foi gerado no programa R versão 3.2.4 (R Core Team, 2016) com 1.000 simulações para o teste de consistência de agrupamento.

A análise Bayesiana foi realizada no programa *Structure* (Pritchard et al., 2000). O número de grupos K foi ajustado para variações de 1 a 5, com 20 interações independentes, cada uma usando 250.000 *burn-ins* e 750.000 simulações de Monte Carlo de Cadeias de Markov (MCMC). A estrutura genética foi analisada via programa *Structure Harvester* (Earl e VonHoldt, 2012) seguindo os critérios de Evanno et al. (2005) para determinação do melhor número de grupos. A variação genética entre os grupos foi calculada pela distância genética de Nei (H_e) e o índice

de Shannon (*I*), utilizando o programa Popgene (Yeh et al., 1997). A análise de variância molecular (AMOVA) foi calculada no programa Arlequin 3.5 (Excoffier e Lischer, 2010). A significância da diferenciação foi testada com 1.000 permutações, em que P denota a probabilidade de se observar um valor ao acaso igual ou maior ao valor observado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto de *primers* ISSR utilizados gerou 57 bandas, com um número de 5,7 bandas por *primer*, variando de 2 (UBC 812) a 8 (UBC 809 e UBC 835) (Tabela 11). Considerando o total de bandas amplificadas, 33 (57,89%) foram polimórficas, indicando que esses marcadores podem ser utilizados para diferenciar árvores e populações de mangabeira. Estudos realizados com a espécie pela técnica ISSR têm detectado de 47,62% (Costa et al., 2015) a 89,27% (Jimenez et al., 2015) de polimorfismo.

Tabela 1 *Primers* ISSR com suas respectivas sequência de nucleotídeos, temperatura de anelamento (Ta), número total de bandas (NTB), bandas polimórficas (NBP) e percentuais de bandas polimórficas (PBP).

<i>Primers</i>	Sequência 5' → 3'	Ta (°C)	NTB	NBP	PBP (%)
UBC 807	AGA GAG AGA GAG AGA GT	49,8	5	3	60,0
UBC 809	AGA GAG AGA GAG AGA GG	51,5	8	6	75,0
UBC 810	GAG AGA GAG AGA GAG AT	50,0	7	3	42,8
UBC 812	GAG AGA GAG AGA GAG AA	50,0	2	1	50,0
UBC 818	CAC ACA CAC ACA CAC AG	52,5	3	2	66,7
UBC 827	ACA CAC ACA CAC ACA CG	53,0	6	4	66,7
UBC 834	AGA GAG AGA GAG AGA GYT	52,5	6	5	83,3
UBC 835	AGA GAG AGA GAG AGA GYC	50,2	8	2	25,0
UBC 841	GAG AGA GAG AGA GAG AYC	50,0	6	3	50,0
UBC 891	HVH TGT GTG TGT GTG TG	50,4	6	4	66,7
Total			57	33	

H: (A, T, C); Y: (C, T).

Com base no agrupamento por UPGMA, houve diferenciação das matrizes a partir de 0,02 de dissimilaridade (Figura 2), indicando uma baixa divergência genética entre algumas matrizes de mangabeira. Utilizando a dissimilaridade

genética média (0,13) foram formados quatro grupos de similaridade: o G-1 com dezessete matrizes; o G-2 formado por uma matriz (1); o G-3 formado por quatro matrizes (18, 13, 17 e 14); e o G-4 com duas matrizes (8 e 2).

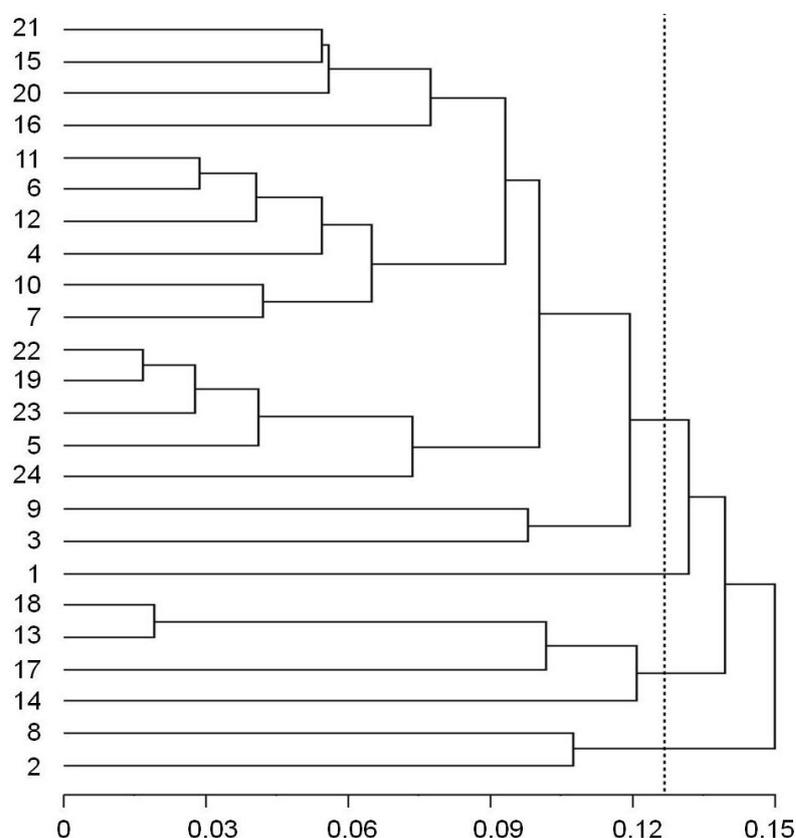


Figura 2 Dendrograma das 24 árvores matrizes de mangabeira, obtido pelo método UPGMA, por meio do complemento do índice de similaridade de Jaccard a partir de 10 *primers* ISSR. O valor do coeficiente de correlação cofenética (r) é de 0,68.

O coeficiente de correlação cofenética demonstrou uma associação de 68% entre as distâncias obtidas pelo coeficiente de Jaccard (matriz de dissimilaridade) e as representadas no dendrograma (matriz cofenética). O valor cofenético encontrado foi $r = 0,68$, ($p < 0,001$), adequado, pois valores de $r \geq 0,56$ são considerados ideais, refletindo boa concordância com os valores de similaridade genética (Vaz Patto et al., 2004).

Pela análise Bayesiana realizada no programa *Structure* e, de acordo com o método ΔK descrito por Evanno et al. (2005), o número mais provável de agrupamentos foram $K = 2$ (Figura 3-A). A visualização gráfica da estrutura populacional permitiu a separação das matrizes em dois grupos distintos: o Grupo I reuniu quinze matrizes; e o Grupo II nove matrizes (Figura 3-B). Esses resultados

foram consistentes com o método de agrupamento UPGMA, assumindo que na distância genética de 0,11 (70% de similaridade) a população é dividida em duas subpopulações.

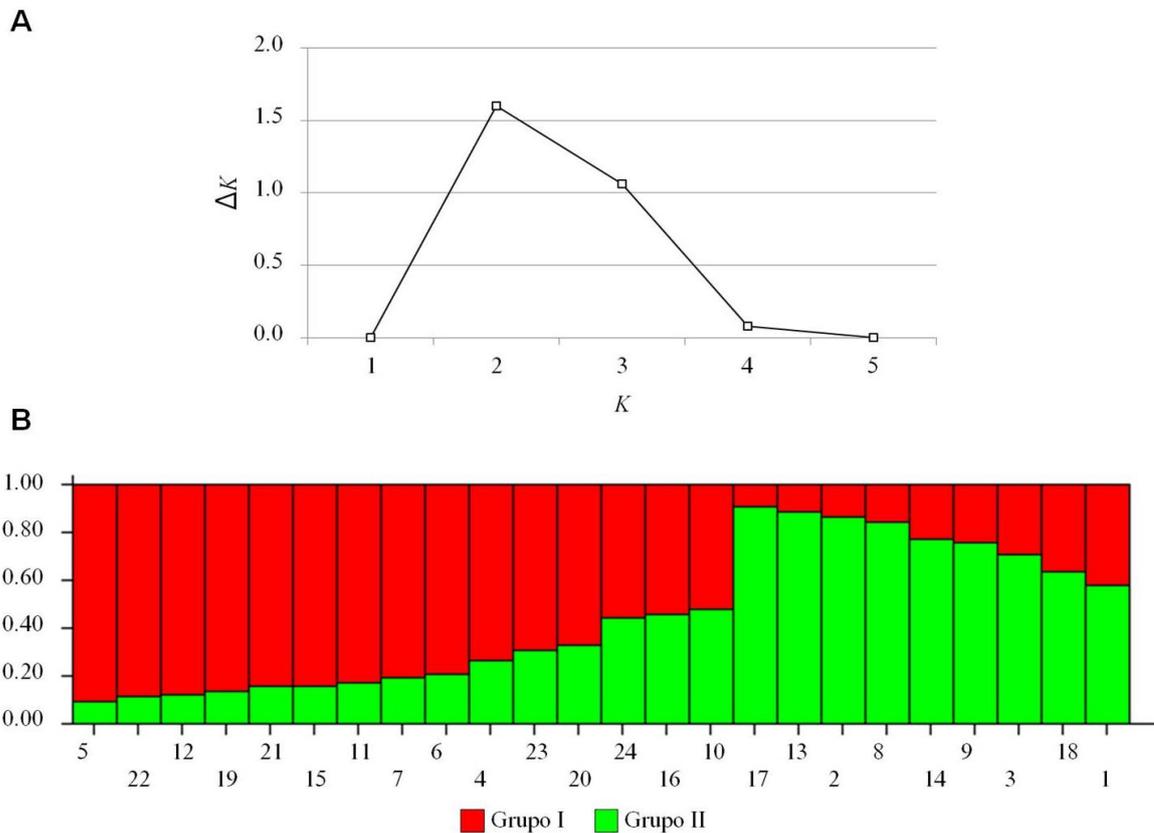


Figura 3 A-B Distribuição da probabilidade de ΔK . A. Estimativa da estrutura populacional de mangabeira. B. Representação das 24 matrizes de mangabeira em grupos segundo dados moleculares com ISSR, utilizando o programa *Structure*. As matrizes estão representadas por barras verticais com coloração de acordo com o grupo ao qual pertencem (dois grupos, $K = 2$).

Ao analisar conjuntamente as informações entre o agrupamento UPGMA e a análise Bayesiana, foi observado uma concordância nos agrupamentos dos dois métodos, onde o Grupo I do *Structure* reuniu o maior número de matrizes e similar ao G-1 do dendrograma. No Grupo II do *Structure*, ficaram alocados as demais matrizes de mangabeira, correspondendo aos grupos G-2, G-3 e G-4 do UPGMA, com exceção das matrizes 9 e 3.

Os agrupamentos do *Structure* não refletiram uma estrutura geográfica em relação à diversidade genética (Figuras 1 e 3-B). Observa-se também que as matrizes de mangabeira mais similares (22 e 19; 18 e 13) não são as mais próximas geograficamente (Figura 1 e 2). Essa similaridade entre pares geograficamente

distantes pode ser explicada pela ação antrópica e pela ação dos dispersores de sementes (Oliveira et al., 2010).

O índice de diversidade genética de Nei (H_e), para os dois grupos formados pelo *Structure*, foi de 0,18, com o número de alelos observados de 1,58, e os alelos efetivos, de 1,29. O índice de Shannon (I) atingiu o valor de 0,27 (Tabela 2). Os valores encontrados para o H_e e o I são indicativos de que há diversidade genética dentro da população. Em suas pesquisas com a mangabeira, Silva et al. (2012), utilizando marcadores RAPD, encontraram para H_e o valor de 0,35, e o $I = 0,46$, e concluíram que a espécie apresentou alta diversidade genética. Costa et al. (2015), avaliando a diversidade genética em genótipos de mangabeira, encontraram valores médios para H_e e I , respectivamente de 0,17 e 0,25, sendo semelhantes aos encontrados neste trabalho. Jimenez et al. (2015) observaram os valores absolutos para H_e variando de 0,197 a 0,229.

Tabela 2 Número de matrizes (N) e parâmetros genéticos para os dois grupos ($K = 2$), conforme determinado pelo *Structure* para as 24 matrizes de mangabeira.

Parâmetros	Grupo I	Grupo II	Total
N	15	9	24
Na	1,35 (0,48)	1,49 (0,50)	1,58 (0,50)
Ne	1,21 (0,33)	1,32 (0,39)	1,29 (0,33)
H_e	0,12 (0,19)	0,18 (0,21)	0,18 (0,18)
I	0,19 (0,27)	0,27 (0,30)	0,27 (0,27)
%P	35,09	49,12	57,89

N: Número de matrizes; Na: Número de alelos observados; Ne: Número de alelos efetivos; H_e : Distância genética de Nei; I : Índice de diversidade de Shannon e %P: Percentual de locos polimórficos. Os números entre parêntesis representam o desvio-padrão.

O maior índice de diversidade genética de Nei (h) e de Shannon (I) foi encontrado para o Grupo II ($H_e = 0,18$ e $I = 0,27$) (Tabela 2). Mesmo possuindo o menor número de matrizes, este grupo também apresentou os valores de Na (1,49) e Ne (1,32) superiores ao do Grupo I; logo, os efeitos da deriva genética será menor neste grupo. Em populações pequenas e isoladas, em curto prazo, a deriva genética pode levar ao afastamento das frequências dos genes da população original, inclusive chegando a perder alelos. Na medida em que o tempo avança pode haver um aumento da endogamia decorrente da maior probabilidade de cruzamento entre plantas aparentadas (Kageyama et al., 1998).

A análise de variância molecular (AMOVA) mostrou que a maior parte da variação genética está dentro (83,39%) do que entre os grupos (16,61%), confirmando que os níveis de variação genética em espécies alógamas são, teoricamente, elevados dentro das populações e relativamente baixo entre as populações (Hamrick et al., 1992). Estes resultados corroboram com alguns trabalhos realizados com espécies arbóreas do Cerrado (Zucchi et al., 2005; Soares et al., 2008). Darrault e Schlindwein (2005), estudando a biologia reprodutiva da mangabeira, identificaram um mecanismo de autoincompatibilidade que favorece a polinização cruzada.

A mangabeira é uma fruteira bastante ameaçada por causa da redução significativa das áreas dos ecossistemas que ocupa na faixa litorânea (Jimenez et al., 2015) ou na região central do Brasil (Moura et al., 2011). Neste estudo, as matrizes foram encontradas em ambiente de pastagem e faixa de domínio de estrada, com forte pressão antrópica, formando agregados de plantas isolados entre si em até 2,1 km. Essas características podem restringir o movimento de pólen e dos dispersores de sementes a curtas distâncias e facilitar o cruzamento entre plantas vizinhas, provocando um maior isolamento entre as subpopulações (Moura et al., 2011). São necessários que as estratégias de conservação *in situ* e *ex situ* promovam a preservação da variabilidade genética remanescente.

CONCLUSÃO

Os *primers* ISSR identificaram polimorfismo molecular entre as matrizes de mangabeira e podem ser utilizados para análises genéticas, visando obter informações para o desenvolvimento de estratégias de conservação, programas de melhoramento e exploração comercial. A maior parte da diversidade genética está dentro dos grupos, evidenciando a necessidade de conservação de várias matrizes para preservação da variabilidade genética da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, D. F.; VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CHAGAS, K. P. T. Diversidade genética e seleção de iniciadores ISSR em uma população natural de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**. 37: 970-976, 2015.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**. 35: 271-276, 2013.

DARRAULT, R. O.; SCHLINDWEIN, C. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects. **Biotropica**. 37: 381-388, 2005.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**. 12: 13-15, 1987.

EARL, D. A.; VONHOLDT, B. M. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. **Conservation Genetics Resources**. 4: 359-361, 2012.

EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. **Molecular Ecology**. 14: 2611-2620, 2005.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H. E. L. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular Ecology Resources**. 10: 564-567, 2010.

FALEIRO, F. G. **Marcadores genético-moleculares aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 102p.

HAMRICK, J. L.; GODT, M. J. W.; SHERMAN-BROYLES, S. L. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. **New Forest**. 6: 95-124, 1992.

JACCARD, P. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. **Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles**. 37: 547-579, 1901.

JIMENEZ, H. J.; MARTINS, L. S. S.; MONTARROYOS, A. V. V.; SILVA JUNIOR, J. F.; ALZATE-MARIN, A. L.; MORAES FILHO, R. M. Genetic diversity of the Neotropical tree *Hancornia speciosa* Gomes in natural populations in Northeastern Brazil. **Genetics and Molecular Research**. 14: 17749-17757, 2015.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; SOUZA, L. M. I. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**. 12: 65-70, 1998.

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; VENKOVSKY, R.; NAVES, R. V.; AGUIAR, A. V.; MOURA, M. F. Genetic structure of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) populations in the Cerrado Region of Central Brazil. **Bioscience Journal**. 27: 473-481, 2011.

OLIVEIRA, M. S. P.; SANTOS, J. B.; AMORIM, E. P.; FERREIRA, D. F. Variabilidade genética entre acessos de açazeiro utilizando marcadores microsatélites. **Ciência e Agrotecnologia**. 34: 1253-1260, 2010.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA JUNIOR, J. F.; SILVA, D. B. Mangaba. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (eds). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 221-246p.

PRITCHARD, J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. Inference of population structure using multilocus genotype data. **Genetics**. 155: 945-959, 2000.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. 2016. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 16, março, 2016.

REDDY, M. P.; SARLA, N.; SIDDIQ, E. A. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. **Euphytica**. 128: 9-17, 2002.

SILVA, A. V. C.; RABBANI, A. R. C.; SENA-FILHO, J. G.; ALMEIDA, C. S.; FEITOSA, R. B. Genetic diversity analysis of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), na exotic Brazilian tropical species. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**. 15: 217-225, 2012.

SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. Botânica. In: SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. S. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 25-33p.

SOARES, T.; CHAVES, L. J.; TELLES, M. P. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RESENDE, L. V. Distribuição espacial da variabilidade genética intrapopulacional de *Dipteryx alata*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 43: 1151-1158, 2008.

VAZ PATTO, M. C.; SATOVIC, Z.; PÊGO, S.; FEVEREIRO, P. Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germoplasm using microsatellite markers. **Euphytica**. 137: 63-72, 2004.

WRIGHT, S. **Evolution and the genetics of populations: the theory of gene frequencies**. Vol. 2. Chicago: University of Chicago Press, 1969. 520p.

YEH, F. C.; YANG, R. C.; BOYLE, T. B. J.; YE, Z. H.; MAO, J. X. **POPGENE, the user-friendly shareware for population genetic analysis**. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Canada. 1997.

ZUCCHI, M. I.; PINHEIRO, J. B.; CHAVES, L. J.; COELHO, A. S. G.; COUTO, M. A.; MORAIS, L. K.; VENCOSKY, R. Genetic structure and gene flow of *Eugenia dysenterica* natural populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 40: 975-980, 2005.

7. CAPÍTULO IV - ESTAQUIA E ANATOMIA CAULINAR DE MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* Gomes)

RESUMO

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; Setembro de 2016. Estaquia e anatomia caulinar de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). Orientador: Petterson Baptista da Luz. Coorientadora: Ana Aparecida Bandini Rossi.

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma fruteira com grande potencial para exploração comercial, encontrada em várias regiões do Brasil e com alta frequência no bioma Cerrado. A propagação de mangabeira por estaquia poderia ser um método eficiente para obtenção de material homogêneo, com características genéticas desejáveis, produzido a partir de plantas matrizes selecionadas. Este trabalho teve por objetivo estudar o enraizamento de estacas lenhosas de ramos intermediários e herbáceas de brotações do ano de árvores adultas, coletadas nos municípios de Cáceres e Chapada dos Guimarães, estado de Mato Grosso, tratadas com soluções hidroalcoólicas de ácido indol-3-butírico (AIB). Fragmentos da base das estacas foram utilizados para identificação de barreiras anatômicas. Não houve enraizamento das estacas de mangabeira, sendo constatada mortalidade total das mesmas. Estruturalmente, não foi detectada nenhuma possível barreira mecânica ou diferenças anatômicas que dificultasse o enraizamento das estacas.

Palavras-chave: Cerrado, mangaba, propagação vegetativa, anatomia do caule.

CUTTING AND STEM ANATOMY OF MANGABEIRA (*Hancornia speciosa* Gomes)

ABSTRACT

SOARES, Fabiano Silva; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; September 2016. Cutting and stem anatomy of mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). Advisor: Petterson Baptista da Luz. Co-advisor: Ana Aparecida Bandini Rossi.

Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) is a fruit tree species with great potential for commercial exploitation, found several regions of Brazil and highly frequent in the Cerrado biome. The propagation of mangabeira by cuttings could be an efficient method to obtain homogeneous material, with desirable genetic characteristics, produced from selected mother plants. This work aimed to study the rooting of hardwood cuttings of intermediate portion of the branches and herbaceous of sprouts of the year from mature trees, collected in Cáceres and Chapada dos Guimarães city, State of Mato Grosso, and treated with alcoholic solutions of indole-3-butyric acid (AIB). Fragments of the cuttings base were used for the identification of anatomical barriers. The cuttings of mangabeira did not rooted, being observed the total mortality of them. Structurally, it was not detected any possible mechanical barrier or anatomical differences that could difficult rooting.

Keywords: Cerrado biome, mangaba, vegetative propagation, stem anatomy.

INTRODUÇÃO

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes - Apocynaceae) é uma arbórea nativa do Brasil, com ocorrência frequente no Cerrado. A espécie possui potencial para exploração comercial devido aos frutos, que são consumidos frescos ou utilizados no preparo de sucos, geleias e sorvetes (Moura et al., 2011). Estudos recentes têm demonstrado que a elevada quantidade de antioxidantes naturais na polpa caracteriza o fruto de mangaba como um alimento funcional (Assumpção et al., 2014; Cardoso et al., 2014).

A produção de mudas de mangabeira é feita via sexuada, porém, as sementes perdem a viabilidade em longo prazo devido a presença de substâncias inibidoras na polpa do fruto e sua natureza recalcitrante (Soares et al., 2015). Aliado a isso, a ampla variação fenotípica, resultando em variabilidade genética das progênes (Ganga et al., 2009), e o desenvolvimento lento apresentado pelas mudas (Vieira et al., 2013) são consideradas como desvantagens aos plantios comerciais.

As técnicas de propagação vegetativa, e, dentre elas a estaquia, constituem uma alternativa na propagação comercial de fruteiras, estando sua escolha dependente da facilidade de enraizamento da espécie, qualidade do sistema radicular formado e do desenvolvimento das mudas no campo (Fachinello et al., 2005). Além de garantir a antecipação do período reprodutivo, há manutenção das características da planta-matriz nos descendentes, assegurando a formação de pomares homogêneos e a facilidade de manejo no cultivo (Sasso et al., 2010).

A estaquia consiste na formação de raízes adventícias em órgãos vegetativos, em resposta a concentração de auxina, com envolvimento dos processos de desdiferenciação, rediferenciação, alongamento e divisão celular (Hartmann et al., 2011). Contudo, as auxinas por si só não são totalmente eficazes a iniciação radicial, e as características genéticas, idade da planta matriz, armazenamento, sanidade, tipo da estaca e presença de cofatores estão envolvidos no enraizamento (Fachinello et al., 2005). Outros fatores, como a temperatura, luminosidade, umidade e a qualidade do substrato, também exercem influência no processo de desenvolvimento radicular da estaca (Xavier et al., 2013).

Entretanto, um dos maiores entraves à emissão de raízes, principalmente em estaca de material adulto, está na maturidade dos tecidos, uma vez que tecidos mais velhos costumam apresentar um aumento no conteúdo de inibidores e

diminuição dos cofatores de enraizamento (Hartmann et al., 2011). Neste caso, há necessidade de explorar a capacidade de enraizamento de material juvenil, e as evidências sugerem que estacas provenientes de brotações jovens têm mais facilidade de enraizamento, mesmo não caracterizando uma verdadeira condição de juvenilidade (Fachinello et al., 2005).

Este comportamento pode estar diretamente relacionado à estrutura anatômica do caule, tendo em vista que as raízes adventícias se originam no floema, raios vasculares, câmbio ou a partir dos calos produzidos na base das estacas (Hartmann et al., 2011). Ademais, algumas espécies de difícil enraizamento apresentam fibras esclerenquimáticas, que podem formar uma camada entre o córtex e o floema, cuja continuidade afeta negativamente a capacidade de enraizamento (Ono e Rodrigues, 1996).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho estudar o comportamento de tipos de estacas e concentrações de AIB no enraizamento de procedências de mangabeira do estado de Mato Grosso e verificar a existência de possíveis barreiras anatômicas no caule.

MATERIAL E MÉTODOS

Material Vegetal

Populações naturais de mangabeira foram amostradas nos municípios de Cáceres e Chapada dos Guimarães, abrangendo o Centro-Sul do estado de Mato Grosso (Tabela 1). Em cada localidade, as árvores foram encontradas por caminhamento e selecionadas pelo bom aspecto fitossanitário. Cada matriz recebeu uma placa de alumínio contendo um código de identificação. As coordenadas geográficas foram obtidas por meio de receptor *Global Positioning System* (GPS), com precisão aproximada de 4 m.

Tabela 1 Localização, coordenadas, altitude e número de árvores matrizes (N) amostradas por localidade no estado de Mato Grosso.

Localidade	N	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)
Cáceres	26	16° 14' 44"	57° 29' 20"	431
Chapada dos Guimarães	32	15° 06' 47"	55° 39' 35"	352
Total	58	-	-	-

O clima da região é o quente subúmido, classificado como tropical de savana (Aw), segundo Köppen. A temperatura média anual fica em torno de 22 a 24 °C, com máximas absolutas podendo ultrapassar os 40 °C e as mínimas absolutas atingindo valores próximos de zero. A precipitação pluviométrica oscila entre 1.200 e 1.800 mm anuais. A região apresenta solos arenosos, com ocorrência de pontos apresentando afloramento rochoso e vegetação de Cerrado sentido restrito.

Ramos caulinares foram coletados de 58 árvores adultas, com altura média de 3-5 m (Figura 1-A), em setembro/dezembro de 2014 e em fevereiro de 2015. Logo após, os ramos envoltos em papel umedecido e acondicionados em sacos plásticos foram transportados até o Laboratório de Sementes e Plantas Ornamentais da Universidade do Estado de Mato Grosso, em Cáceres-MT. A partir desses ramos foram preparadas estacas de dois tipos, sendo: estacas de brotações do ano, àquelas obtidas no caule e de consistência herbácea (Figura 1-B), e estacas da porção intermediária dos ramos, com consistência lenhosa (Figura 1-C). Na primeira coleta foram obtidas estacas da porção intermediária dos ramos, enquanto que na segunda apenas estacas de brotações do ano.

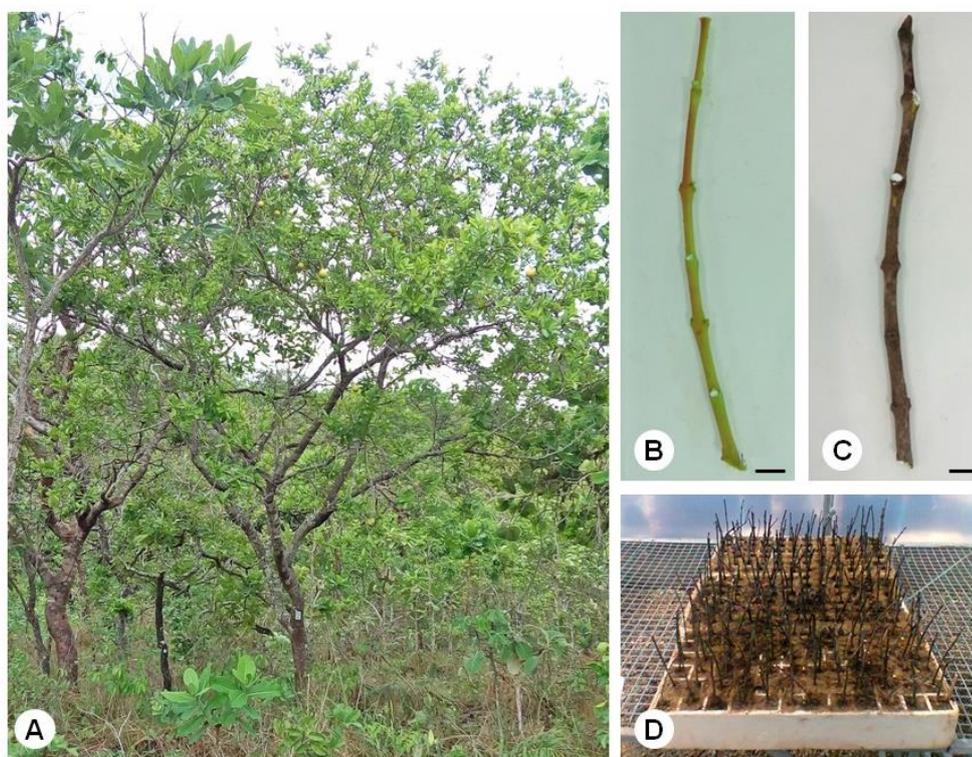


Figura 1 A-D Propagação vegetativa de mangabeira. A. Árvore matriz em seu hábitat natural. B. Estaca caulinar de brotação do ano. Barra = 1 cm. C. Estaca caulinar da porção intermediária do ramo. Barra = 1 cm. D. Bandejas em suspensão na casa de vegetação contendo as estacas caulinares no substrato areia lavada.

Estaquia

As estacas foram preparadas com 15 cm de comprimento e 0,6 cm de diâmetro, em média, eliminando-se todas as folhas, com corte reto no ápice e em bisel na base. Para manter a turgescência do tecido e reduzir a oxidação, durante o experimento, as estacas foram mantidas em um recipiente com água.

Os tratamentos consistiram de seis concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB): 0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 e 10.000 mg L⁻¹, preparado através da diluição em álcool etílico 98° GL e adição de água destilada na proporção de 50% (v/v). O tratamento foi realizado pelo método rápido, submergindo a base das estacas durante 5 segundos.

Para o enraizamento, foram utilizados, como recipiente, bandejas de poliestireno expandido de 72 células e 120 cm³ de capacidade por célula e, como substrato, areia lavada (Figura 1-D). O processo de enraizamento foi conduzido em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente, umidade relativa do ar acima de 80% e temperatura de 24±2 °C. Aos 60 dias, foram avaliadas as porcentagens de sobrevivência, de enraizamento, de presença de calos e de brotações.

A implantação do experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 6 x 2 (concentrações de AIB e duas procedências), com quatro repetições de dez estacas por unidade experimental, totalizando 480 estacas, para cada tipo de estaca, separadamente.

Análise anatômica

No momento da instalação dos experimentos foram coletadas amostras da base das estacas com aproximadamente cinco centímetros, em cada tipo de estaca. As amostras foram estocadas em etanol 70% até a confecção das lâminas, com os cortes anatômicos. Estes procedimentos foram realizados no Laboratório de Biologia Vegetal da UNEMAT, em Alta Floresta-MT.

O material foi seccionado a mão livre, com auxílio de lâmina de barbear. Os cortes foram clarificados em solução de hipoclorito de sódio a 2% diluído em água destilada, corados com azul de astra e fucsina básica (Johansen, 1940) e montados em lâminas semipermanentes com gelatina glicerizada. As lâminas foram analisadas e fotografadas em microscópio Leica DMLB, acoplado a câmera fotográfica Leica ICC50.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estaquia

Nos dois experimentos houve mortalidade geral das estacas, independente da concentração de AIB e da procedência dos propágulos. Devido a isso, não foi possível realizar a análise estatística dos experimentos de estaquia. Resultado similar ao encontrado neste trabalho foram obtidos por Ledermann et al. (1989) e Borges e Zica (1994), os quais também verificaram que a técnica de enraizamento de estacas caulinares não se consolidou para a propagação comercial da mangabeira.

Após a instalação dos experimentos, observou-se que somente as estacas da porção intermediária dos ramos emitiram brotações (Figura 2-A), mas que posteriormente caíram. Em seguida, essas estacas sofreram escurecimento progressivo do tecido, o que resultou na redução drástica da sua sobrevivência, percebida ainda no primeiro mês de cultivo (Figura 2-B), coincidindo com as estacas de brotações do ano. Após o 60º dia, todas as estacas apresentaram-se mortas. Houve o acúmulo de látex na base das estacas (Figura 2-C).

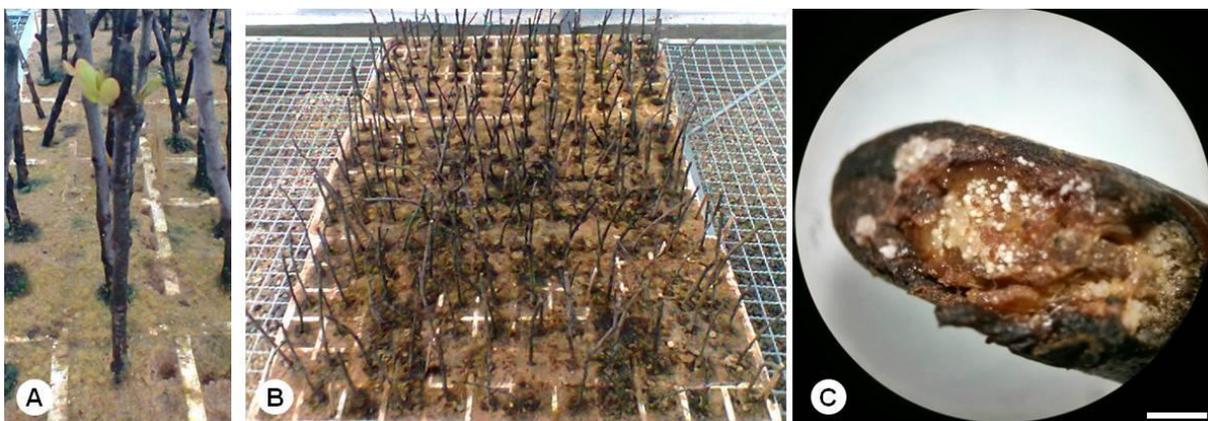


Figura 2 A-C Estacas caulinares de mangabeira. A. Detalhe de uma estaca da porção intermediária com emissão de folhas no 30º dia de estaqueamento. B. Estacas mortas no 60º dia de estaqueamento. C. Detalhe da base de uma estaca evidenciando o acúmulo de látex. Barra: 2 mm.

Em espécies consideradas de difícil enraizamento, que apresentam pouca ou nenhuma resposta aos estímulos fornecidos (Xavier et al., 2013), o tempo de permanência no leito de enraizamento pode levar a uma condição fisiológica estressante. Como consequência e frequentemente, a mortalidade da estaca pode

estar associada à desidratação do tecido (Hartmann et al., 2011) e a falta de capacidade das células para receber incitação hormonal (Trewavas e Cleland, 1983). Esses fatores têm sido apontados na estaquia de outras espécies nativas, como *Laurus nobilis* (Fochesato et al., 2006), *Camellia sinensis* (Lima et al., 2011) e *Euplassa inaequalis* (Oliveira e Ribeiro, 2013).

A retirada das folhas também pode estar associada à mortalidade das estacas, pois segundo Hartmann et al. (2011) são fontes de auxinas, cofatores e fotoassimilados que proporcionam melhores taxas de enraizamento. Conforme Fochesato et al. (2006), na estaquia de *L. nobilis*, mantendo zero, 2 ou 4 folhas, as estacas na ausência de folhas apresentaram 100% de mortalidade, enquanto que estacas com 2 e 4 folhas a mortalidade foi de 16,7% e 11,5%, respectivamente. Os autores atribuíram ao esgotamento das reservas, por ocasião da brotação, e a ausência de hormônios produzidos nas folhas, a mortalidade das estacas sem folhas.

A influência negativa da retirada de folhas em estacas caulinares foi constatada por outros autores, com diferentes espécies, como Bordin et al. (2005), em estacas semilenhosas de porta-enxerto de *Vitis* spp., e Betanin e Nienow (2010), em estacas lenhosas de *Erythrina falcata*. Santoro et al. (2010) ao compararem tipos de estacas herbáceas de *Psidium guajava*, verificaram que para estacas sem folhas o enraizamento foi nulo, e que as demais, com folhas, apresentaram enraizamento variando entre 73,7 e 75%.

Outro fator que pode estar relacionado à mortalidade das estacas de mangabeira é a presença do látex. Este comportamento foi relatado por Pimenta et al. (2005), afirmando que a composição química do látex e a obstrução física, dificultando a absorção do regulador vegetal, podem ser as causas da mortalidade de estacas caulinares de *Sapium glandulatum*. Nascimento (2011), realizando a estaquia de brotações caulinares de *Hevea brasiliensis* também verificou a ocorrência de necrose na base das estacas três semanas após, com morte das estacas após cinco semanas, possivelmente pela presença de alguma substância presente no látex com ação inibitória.

No presente trabalho, a secreção in vivo das estacas foi observada imediatamente após o seccionamento, apresentando coloração branca leitosa de aspecto viscoso. Durante a permanência das estacas em água (etapa de confecção)

observou-se a lixiviação do látex, porém, o tempo reduzido pode não ter contribuído para a remoção completa, resultando no seu acúmulo na base das mesmas.

Análise anatômica

Analisando as secções transversais da base das estacas (Figura 3), observa-se a organização interna dos tecidos em sistema de revestimento, região cortical, cilindro vascular e região medular. As diferenças anatômicas entre os dois tipos de estacas revelam o grau de desenvolvimento e a maturidade dos tecidos.

As estacas de brotações do ano (Figura 3-A), com estrutura primária, apresentam epiderme constituída por uma única camada de células. No córtex observam-se células de paredes delgadas e aproximadamente isodiamétricas. Um anel descontínuo de fibras gelatinosas, caracterizadas por apresentar a camada parietal interna não lignificada, envolve o sistema vascular (Figura 3-C). Os floemas externo e interno, ainda pouco perceptíveis, são identificados pela posição topográfica que ocupam no tecido. O xilema primário é distinguido em protoxilema e metaxilema, com o câmbio vascular ativo. A medula bastante ampla consiste de células parenquimáticas de paredes delgadas e contem cristais de oxalato de cálcio, que também estão presentes no córtex. Idioblastos ocorrem na região cortical, floemática e medular.

Nas estacas da porção intermediária dos ramos (Figura 3-B), o súber substitui a epiderme, em decorrência do crescimento secundário e expansão circunferencial do caule. Neste estágio, o córtex apresenta-se reduzido, formado por células de formatos e tamanhos variados, e arranjo de fibras. O anel descontínuo de fibras gelatinosas apresenta maior número de estratos com células de parede lignificadas e lúmen reduzido (Figura 3-D). O floema externo constitui-se de elementos crivados e células parenquimáticas, formando um anel contínuo junto ao xilema secundário. Por sua vez, este se encontra totalmente lignificado, constituído por elementos de vasos maiores dispostos em fileiras e, entre eles, numerosas fibras, separadas por raios parenquimáticos. O floema interno está disposto em cordões lado a lado, com composição similar ao externo. A região medular parenquimática é reduzida. A distribuição dos idioblastos segue o padrão observado para o caule em estrutura primária.

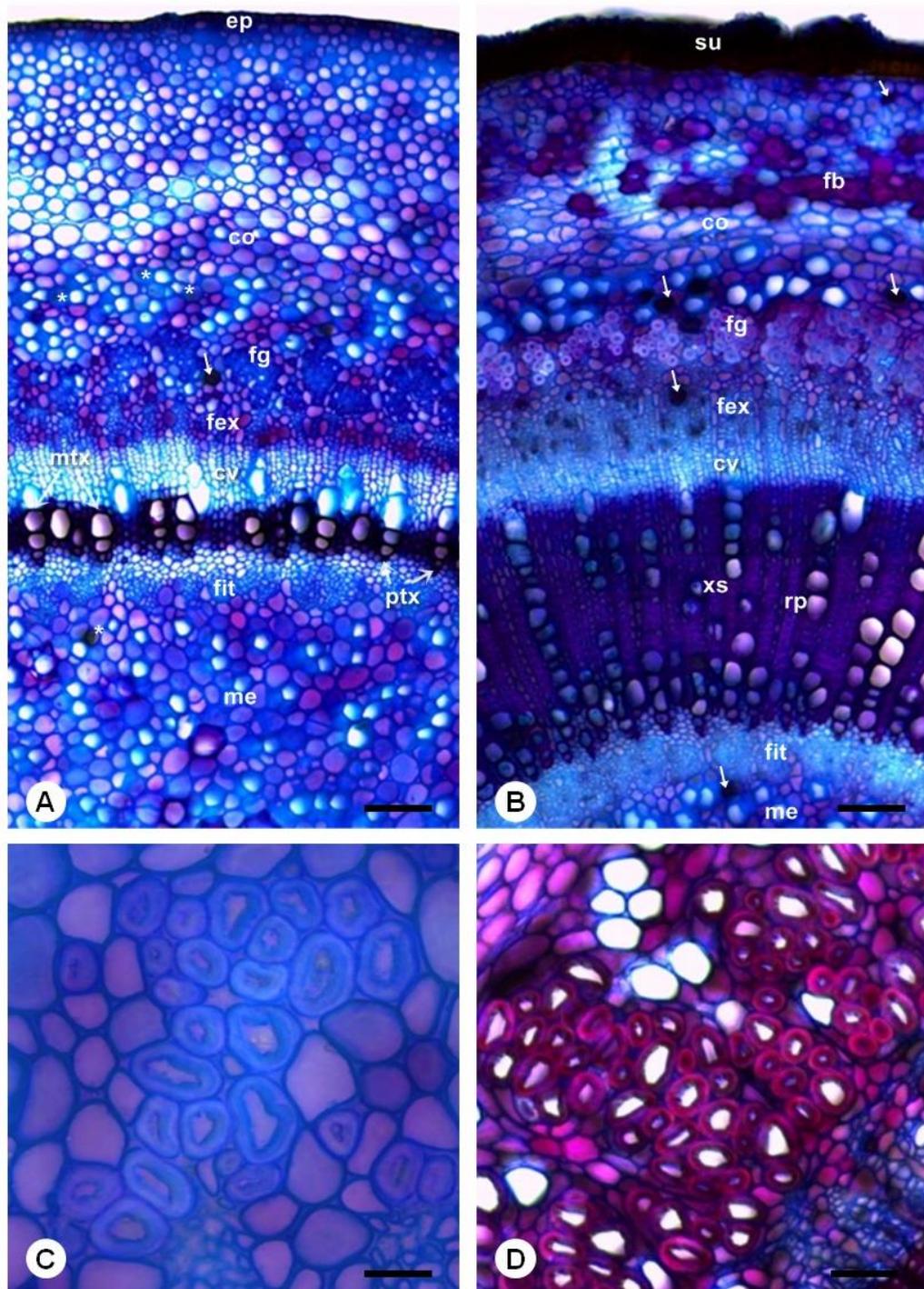


Figura 3 A-D Secções transversais da base das estacas caulinares de mangabeira. A. Organização geral da estaca de brotação do ano (→ idioblastos; *cristais de oxalato de cálcio). Barra: 100 μ m. B. Organização geral da estaca da porção intermediária do ramo (→ idioblastos). Barra: 100 μ m. C. Detalhe das fibras gelatinosas sem lignificação. Barra: 20 μ m. D. Detalhe das fibras gelatinosas totalmente lignificadas. Barra: 30 μ m.

Abreviações: anel de fibras gelatinosas (fg); câmbio vascular (cv); córtex (co); epiderme (ep); fibras (fb); floema externo (fex); floema interno (fit); metaxilema (mx); medula (me); protoxilema (ptx); raio parenquimático (rp); súber (su) e xilema secundário (xs).

As Apocináceas, em crescimento secundário, caracterizam-se pela periderme formada a partir da instalação superficial do felogênio no caule, que empurra o súber em direção à periferia, e a feloderme em direção ao córtex (Metcalf e Chalk, 1950). Segundo Simon et al. (2009), a presença de periderme funciona como mecanismo de proteção ao fogo, típico do bioma Cerrado. Outras características anatômicas de ocorrência universal na família são o floema interno e fibras gelatinosas, quase invariavelmente não lignificadas (Metcalf e Chalk, 1950), considerados como caracteres xeromorfos, auxiliando a planta na sua sobrevivência aos ambientes com déficit hídrico (Paviani, 1978; Cutler et al., 2011). Idioblastos encontrados em forma de cristais no córtex e parênquima medular podem ser úteis na defesa contra herbivoria e na osmorregulação da planta (Nakata, 2003).

De modo geral, o anel de fibras gelatinosas, o floema externo e interno e o câmbio vascular ativo são estruturas anatômicas que não representam obstáculos para a emergência radicular. Hartmann et al. (2011) relataram que as raízes adventícias podem ter origem no floema, nos raios vasculares ou no câmbio. Mayer et al. (2008) verificaram que as raízes adventícias de *Calliandra brevipes* e *C. tweedii* são formadas nas células da região externa do floema junto ao periciclo ou da região interna do floema secundário próximo ao câmbio. Em estacas de *Tibouchina sellowiana* a origem das raízes adventícias são as células do câmbio vascular e estão conectadas ao xilema (Bortolini et al., 2008), assim como em *Maytenus muelleri* (Lima et al., 2011). Raízes adventícias de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus camaldulensis* têm origem direta a partir do floema ou do câmbio vascular (Bryant e Trueman, 2015).

As observações anatômicas não revelaram a presença de uma barreira mecânica à emissão de raízes adventícias, pois segundo Ono e Rodrigues (1996), a capacidade de enraizamento de algumas espécies está inversamente relacionada com a continuidade do anel esclerenquimático. Observações semelhantes foram registradas para *Piptocarpha angustifolia* (Ferriani et al., 2008) e *E. inaequalis* (Oliveira e Ribeiro, 2013), em que a presença de fibras descontínuas na região cortical não estão associadas com a dificuldade de enraizamento, as quais também apresentaram mortalidade das estacas.

Deste modo, sugere-se que novos estudos sejam realizados para a mangabeira, utilizando estacas caulinares com folhas, visando a redução dos efeitos provocados pela desidratação das estacas, e o maior aproveitamento dos

fotoassimilados e das auxinas que são produzidos no tecido foliar. Considerando que o caule não apresenta barreiras físicas ao enraizamento, o uso de estacas provenientes dos ramos e de brotações do ano de árvores adultas podem ser averiguados.

CONCLUSÃO

A estaquia de brotações do ano e dos ramos provenientes de árvores adultas de mangabeira do estado de Mato Grosso não se mostrou viável, mesmo com a utilização de AIB.

A presença do anel descontínuo de fibras gelatinosas não atua como barreira anatômica à emergência radicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUMPÇÃO, C. F.; BACHIEGA, P.; MORZELLE, M. C.; NELSON, D. L.; NDIAYE, E. A.; RÍOS, A. O.; SOUZA, E. C. Characterization, antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits. **Ciência Rural**. 44: 1297-1303, 2014.

BETANIN, L.; NIENOW, A. A. Propagação vegetativa da corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caulinar e foliar. **Semina: Ciências Agrárias**. 31: 871-880, 2010.

BORDIN, I.; HIDLAGO, P. C.; BÜRKLE, R.; ROBERTO, S. R. Efeito da presença da folha no enraizamento de estacas semilenhosas de porta-enxertos de videira. **Ciência Rural**. 35: 215-218, 2005.

BORGES, J. D.; ZICA, L. F. Efeito de fito-hormônios de enraizamento em estacas de mangabeira. In: XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, BA. 1994. **Resumos...** Salvador: SBF, 1994. p.777-778.

BORTOLINI, M. F.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; CARPANEZZI, A. A.; DESCHAMPS, C.; OLIVEIRA, M. C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.: enraizamento, anatomia e análises bioquímicas nas quatro estações do ano. **Ciência Florestal**. 18: 159-171, 2008.

BRYANT, P. H.; TRUEMAN, S. J. Stem anatomy and adventitious root formation in cuttings of *Angophora*, *Corymbia* and *Eucalyptus*. **Forests**. 6: 1227-1238, 2015.

CARDOSO, L. M.; REIS, B. L.; OLIVEIRA, D. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. **Fruits**. 69: 89-99, 2014.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. W. **Anatomia vegetal: uma abordagem aplicada**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 304p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (eds.). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.69-109.

FERRIANI, A. P.; MAYER, J. L. S.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; KOEHLER, H. S.; DESCHAMPS, C.; CARPANEZZI, A. A.; OLIVEIRA, M. C. Estaquia e anatomia de vassourão-branco. **Scientia Agraria**. 9: 159-166, 2008.

FOCHESATO, M. L.; MARTINS, F. T.; SOUZA, P. V. D.; SCHWARZ, F. S.; BARROS, I. B. I. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. 8: 72-77, 2006.

GANGA, R. M. D.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Parâmetros genéticos em progênies de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Scientia Forestalis**. 37: 395-404, 2009.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. R.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2011. 915p.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: MacGraw-Hill Book Company, 1940. 523p.

LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J. E. F.; GONZAGA NETO, L. Propagação vegetativa da mangabeira (*Hancornia speciosa* Muell.) através de estaquia, em câmara de nebulização. In: X Congresso Brasileiro de Fruticultura, Fortaleza, CE. 1989. **Anais...** Fortaleza: SBF, 1989. p.356-359.

LIMA, D. M.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indol butírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. 13: 422-438, 2011.

LIMA, J. D.; LIMA, A. P. S.; BOLFARINI, A. C. B.; SILVA, S. H. Enraizamento de estacas de *Camellia sinensis* L. em função da época de coleta dos ramos, genótipos e ácido indolbutírico. **Ciência Rural**. 41: 230-235, 2011.

MAYER, J. L. S.; CARDOSO, N. A.; CUQUEL, F.; BONA, C. Formação de raízes em estacas de duas espécies de *Calliandra* (Leguminosae - Mimosoideae). **Rogriguésia**. 59: 487-495, 2008.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, 1950. 1500p.

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; VENKOVSKY, R.; NAVES, R. V.; AGUIAR, A. V.; MOURA, M. F. Genetic structure of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) populations in the Cerrado Region of Central Brazil. **Bioscience Journal**. 27: 473-481, 2011.

NAKATA, P. A. Advances in our understanding of calcium oxalate crystal formation and function in plant. **Plant Science**. 164: 901-909, 2003.

NASCIMENTO, M. N. **Enzimas envolvidas na hidrólise de sacarose em folhas e casca e enraizamento de brotações caulinares de seringueira**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2011. 104p. (Tese – Doutorado em Agronomia).

OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRA, J. F. Enraizamento de estacas de *Euphlesia inaequalis* (Pohl) Engl. de mata de galeria em diferentes estações do ano. **Bioscience Journal**. 29: 991-999, 2013.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: Funep, 1996. 83p.

PAVIANI, T. I. Anatomia vegetal e Cerrado. **Ciência e Cultura**. 30: 1076-1086, 1978.

PIMENTA, A. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; OLIVEIRA, B. H.; CARPANEZZI, A. A.; KOEHLER, H. S. Interações entre reguladores vegetais, épocas do ano e tipos de substrato no enraizamento de estacas caulinares de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. (Pau-de-leite). **Boletim de Pesquisas Florestais**. 50: 53-67, 2005.

SANTORO, P. H.; MIKAMI, A. Y.; SOUZA, S. G. H.; ROBERTO, S. R. Influência de folhas e lesões na base de estacas herbáceas no enraizamento de goiabeira da seleção 8501-9. **Semina: Ciências Agrárias**. 31: 289-294, 2010.

SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; DANNER, M. A. Propagação de jabuticabeira por estaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 32: 577-583, 2010.

SIMON, M. F.; GREYER, R.; QUEIROZ, L. P.; SKEMA, A. PENNINGTON, R. T.; HUGHES, C. E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. 106: 20359-20364, 2009.

SOARES, A. N. R.; MELO, M. F. V.; VITÓRIA, M. F.; SILVA, A. V. C. Physiological quality of mangaba seeds submitted to drying. **African Journal of Agricultural Research**. 10: 4806-4813, 2015.

TREWAVAS, A.J.; CLELAND, R.E. Is plant development regulated by changes and the concentration of growth substances or by changes in the sensitivity to growth substances? **Trends in Biochemical Sciences**. 8: 354-357, 1983.

VIEIRA, M. C.; SOUZA, E. R. B.; BELO, A. P. M.; CAMILO, Y. M. V. Desenvolvimento de mudas de mangabeira provenientes de frutos de diferentes localidades do Estado de Goiás. **Revista de Ciências Agrárias**. 36: 363-371, 2013.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. S. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2ª ed. rev. e ampl. Viçosa: Editora UFV, 2013. 279p.

8. CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos que compõe esse trabalho, conclui-se que:

A maioria das árvores matrizes que compõe as duas populações estudadas no Cerrado da região Centro-Sul de Mato Grosso possuem frutos adequados para o consumo in natura e/ou para industrialização, podem ser explorados pelos programas de melhoramento genético e cultivos comerciais.

O uso de marcadores moleculares ISSR é eficiente para detectar polimorfismo genético e são indicados para realização de futuros estudos de diversidade genética e estrutura populacional da mangabeira.

A combinação dos dados morfológicos e moleculares auxilia na identificação das árvores matrizes mais divergentes e com as melhores características físicas e físico-químicas dos frutos.

A população da região de Chapada dos Guimarães-MT apresenta a maior porção da sua diversidade genética dentro dos grupos, necessitando que várias árvores de muitas subpopulações sejam conservadas para garantir a preservação da variabilidade remanescente.

Acerca da propagação vegetativa via estaquia, a mangabeira é uma espécie de difícil enraizamento, com ausência de barreiras anatômicas que possam impedir a emergência dos primórdios radiculares. É indicado que novos estudos sejam realizados afim de averiguar se a presença de folhas nas estacas é um fator importante na capacidade de enraizamento adventício.