



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UNBPLANALTINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS**

LUCAS MIGUEL PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES DE MACAÚBA E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS NA FASE JUVENIL**

PLANALTINA-DF

2017

LUCAS MIGUEL PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES DE MACAÚBA E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS NA FASE JUVENIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Licenciado do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação da Prof.^a. Dr.^a. Tatiana Barbosa Rosado.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Tatiana Barbosa Rosado

PLANALTINA-DF

2017

A Deus,

A toda minha família, em especial

aos meus pais Edinalva Miguel e Jurandir Rosa Pereira,

a meus irmãos,

e ao meu companheiro Diego Correa Silva.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por estar sempre ao meu lado e pelas bênçãos e graças derramadas sobre mim, e por mais uma etapa vencida.

À Universidade de Brasília, especialmente ao Campus Planaltina-DF.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Tatiana Rosado Barbosa, por ter sido minha orientadora, pelo apoio e principalmente pelo incentivo.

À Dra. Erina Vitório Rodrigues, pela ajuda nas análises estatísticas.

À Silvana Mara Franklin dos Santos, pela ajuda na interpretação de dados.

A todos os funcionários do NACE da EMBRAPA Cerrados, pela amizade e ajuda na condução do experimento que proporcionou a elaboração deste trabalho.

À todos os meus amigos, em especial Josiara Ribeiro da Silva, Kamila Marques da Silva, Thamís Fernandes Santana, Ana Carolina Mikitchuck, Cristiano Ferreira Leite, Olga Porto da Silva, Ronaldo Abadia, Agatha Sophia Batista, Ludmila Silva e Moisés Henrique O. S. Lima, pela amizade e todo apoio.

Agradeço aos membros da banca de defesa de tese, pela participação nesta importante conquista.

Um agradecimento especial a minha família e a minha esposa pela paciência, amor, amizade, colaboração e apoio.

Enfim, o meu reconhecimento e a minha gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram na realização deste trabalho.

RESUMO

A grande preocupação com o uso correto do ambiente fez com que fosse questionado o uso de combustíveis fósseis, pois o uso desses agride muito o ambiente. Uma das alternativas para amenizar os efeitos dos combustíveis fósseis é a produção de biodiesel derivado de óleo de plantas como a macaúba. A macaúba é uma palmeira arbórea perene, frutífera, nativa de florestas tropicais e é uma planta que produz grandes quantidades de óleo/hectare, o que faz com que ela possua grande potencial para exploração. No entanto essa espécie ainda não foi domesticada, não existindo ainda cultivares melhoradas. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de famílias de macaúba com base em caracteres fenotípicos e estimar parâmetros genéticos em genótipos potenciais para a produção de biodiesel. Para o estudo, foram avaliadas três características fenotípicas em 15 progênies de macaúba, em delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições e três plantas por parcela. Foram analisados os dados coletados a partir da produção dos anos agrícolas 2012, 2014 e 2015. As características analisadas foram: altura da planta (ALT), projeção da copa na linha (PCL) e projeção da copa entre linha (PCEL). Verificou-se variabilidade genética para os caracteres avaliados, sendo a família CPAC-03 a mais divergente em relação às demais.

Palavras-chave: Melhoramento genético; macaúba; biodiesel; parâmetros genéticos.

ABSTRACT

The great preoccupation with the correct use of the environment caused that the use of fossil fuels was questioned, because the use of these attacks much the environment. One of the alternatives to mitigate the effects of fossil fuels is the production of biodiesel derived from oil of plants such as Macaw Palm. The Macaw Palm is a perennial, fruit tree palm native to tropical forests, producing large amounts of oil / hectare, which makes it posses great exploration potential. However, this species has not yet been domesticated, and there are no improved cultivars. In this context, the objective of this work was to evaluate the initial development of Macaw Palm families based on phenotypic characters and to estimate genetic parameters in potential genotypes for biodiesel production. For the study, three phenotypic characteristics were evaluated in 15 macaw palm progenies (established following a random block design with 5 repetitions and 3 plants per plot - 5x5m spacing). Data were collected from the production of the agricultural years 2012, 2014 and 2015. The characteristics analyzed were: height of the plant (ALT), projection of the crown in the line (PCL) and projection of the crown between line

(PCEL). Genetic variability was verified for the evaluated characters, being the CPAC-03 family more divergent in relation to the others.

Keywords: Genetical enhancement; macaúba; biodiesel; genetic parameters

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1. Aspectos gerais da <i>Acrocomia aculeata</i>	8
2.2. Importância socioeconômica da <i>Acrocomia aculeata</i>	11
2.3. Melhoramento genético.....	12
2.3.1. Estimativas de parâmetros genéticos.....	12
2.3.2. Interação genótipo x ambiente	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4.1. Estatísticas descritiva	16
4.2. Análise de variância individual.....	17
4.3. Teste de comparação de médias	17
4.4. Estimativas de componentes de variância.....	18
4.5. Interação genótipo x ambiente (Análise conjunta).....	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6. REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

Ainda hoje, no mundo, utiliza-se combustível fóssil (gasolina, óleo diesel, gás natural, petróleo e carvão mineral) para movimentar motores de máquinas e até mesmo para a produção de energia elétrica. Com a queima desses combustíveis gera-se alto nível de poluição atmosférica, principalmente na emissão de dióxido de carbono. Outro problema recorrente desse combustível é que ele não é renovável e é de lenta formação (DIONYSIO e MEIRELLES, 2011). A grande preocupação com o uso correto do ambiente fez com que fosse questionado o uso de combustíveis fósseis, pois o uso desses geram poluição ambiental, seja desde o processo para obtê-los até o seu descarte.

Uma das alternativas para amenizar os efeitos maléficos dos combustíveis fósseis é a produção de biodiesel na utilização de motores diesel como o de automóveis e de máquinas. Foschiera (2008) define biodiesel como um combustível biodegradável extraído de óleo vegetal que, ao contrário dos fósseis, são pouco poluentes e não são tóxicos. Este autor ainda afirma que a vantagem do biodiesel é que este pode ser fabricado a partir de qualquer óleo vegetal e utilizado nos motores atuais sem adaptações.

O Brasil possui grande potencial de produção para biodiesel com plantas oleaginosas por suas condições de solo e clima. O bioma Cerrado ocupa cerca de 23% do território brasileiro localizando-se, principalmente, no Brasil Central. Caracteriza-se pela alta diversidade biológica com 11.046 espécies de plantas vasculares (MENDONÇA et al., 2008), das quais cerca de 4.400 são endêmicas (MYERS et al., 2000). Neste bioma predominam os latossolos tanto em áreas sedimentares quanto em terrenos cristalinos e fitofisionomias que englobam formações florestais savânicas e campestres (RIBEIRO et al., 2008).

Existem diversas plantas oleaginosas que são utilizadas na produção de biodiesel, como por exemplo a soja, a macaúba (DURÃES, LAVIOLA e ALVES, 2011), o dendê e a mamona. Neste sentido, a macaúba apresenta alto potencial como matéria-prima para a produção de biodiesel, pois possui, em média, produção de 4.000 litros/hectare/ano, enquanto a mamona produz cerca de 1.000 litros/hectare/ano e a soja cerca de 500 litros/hectare/ano (NUCCI, 2007).

Vale ressaltar que a macaúba ainda está em processo de domesticação. Neste contexto, para o lançamento de cultivares melhoradas com garantia do potencial de produção é preciso avaliações da precisão de seleção em genótipos de macaúba potencialmente promissores com bases em dados fenotípicos. Devido à dificuldade na produção de biodiesel de macaúba há necessidade de estudos mais amplos possibilitando indicar qual é o genótipo de macaúba com maior potencial para a produção de biodiesel em escala comercial e competitiva.

O cultivo de macaúba é realizado por produtores de pequeno porte de forma extrativista desempenhando grande importância socioeconômica. Contudo, o rendimento e qualidade dos frutos continuam baixos devido principalmente a heterogeneidade das plantas de macaúba presente nesses cultivos. Para minimizar esses problemas, é necessário a implementação de programas de melhoramento genético para espécie. Nesse programa inicialmente é realizado a estimação dos parâmetros genéticos no banco de germoplasma visando buscar variabilidade genética (GOMES JUNIOR et al., 2014),

Em um programa de melhoramento é muito importante também avaliar o desempenho dos genótipos em diferentes ambientes para se obter genótipos mais produtivos e com características agrônomicas desejáveis (CONDÉ et. al., 2010). Com as variações ambientais, que podem estar presentes e variar de um ano para outro, o efeito da interação entre o genótipo e o ambiente é altamente significativo, sendo que entender essa interação é fundamental para a seleção de genótipos mais estáveis nos programas de melhoramento de plantas (BERTON, 2013).

Nesse contexto o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de populações de macaúba com base em caracteres fenotípicas e estimar parâmetros genéticos em populações de macaúba potenciais para a produção de biodiesel.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.Aspectos gerais da *Acrocomia aculeata*

A macaúba (Figura 1) é uma palmeira arbórea perene, frutífera, nativa de florestas tropicais e com ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o sul do México até ao sul do Brasil, Paraguai e Argentina (Morcote-Rios e Bernal, 2001). É conhecida também como cocobaboso.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006) a polpa fresca da macaúba apresenta 41,4% de umidade; 2,1% de proteínas; 40,7% de lipídeos; 1,8% de cinzas; 13,4% de fibra alimentar e 13,9% de carboidratos totais, oferecendo 404 kcal/100 gramas. Deste modo, tanto a polpa como a amêndoa, por serem ricas em lipídeos, tornam-se matérias-primas alternativas tanto para produção de biodiesel como para indústrias de alimentos, detergentes, sabões e cosméticos (AZEVEDO; COLOMBO e BERTON, 2012).



Figura 1. Planta *Acrocomia aculeata* (macaúba). Fonte própria.

A macaúba possui uma estirpe que pode variar de 10 a 15 m de altura, quando adulta, e 30 a 55 cm de diâmetro (ARBOLES, 2005; LORENZI et al., 2004). Possui inflorescência em espádice, variando entre 80 a 130 cm de comprimento. Seus frutos (Figura 2) são arredondados com epicarpo marrom quando maduro, mesocarpo de coloração amarela, endocarpo com tons escuros contendo de uma a três amêndoa e o endosperma com coloração branca (Figura 3) revestida de uma fina camada de tegumento (HENDERSON et al., 1995; SILVA, 1994; BONDAR, 1964).



Figura 2. Frutos da macaúba. Fonte: <https://cpt.com.br>



Figura 3. Epicarpo, endocarpo e amêndoa oleaginosa de macaúba. Fonte: <http://cdiesel.com.br>

As plantas de macaúba são tolerantes aos períodos de seca e ocorrem em regiões onde as estações de seca e de chuva são bem definidas como é o caso do Brasil. O habitat dessas plantas é caracterizado por áreas de vegetação com alta incidência do sol (LORENZI, 1996) e essas características possibilitam ampla vantagem à macaúba para se estabelecerem no cerrado. A frutificação ocorre durante todo o ano, sendo que os frutos amadurecem entre os meses de setembro e janeiro. As sementes podem levar de um a dois anos para germinar em condições naturais, esse tempo pode ser diminuído para quatro a seis meses com técnicas como a escarificação. Além disso, as plantas apresentam crescimento lento (GRAY, 2005).

Segundo Aquino et al. (2008, apud RATTER et al., 2003), a macaúba tem ocorrido em 53 localidades e se estende nos estados brasileiros como Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Tocantins, sendo vastamente encontrada no bioma Cerrado e pouco no Pantanal (Figura 4).

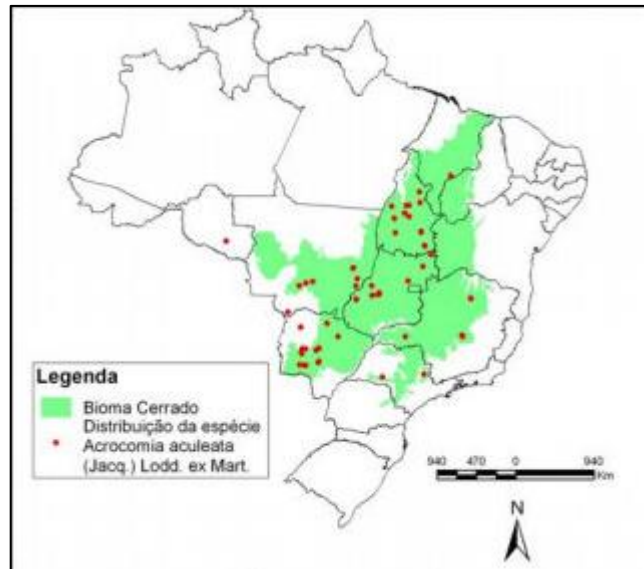


Figura 4. Distribuição espacial da *Acrocomia aculeata* em 53 localidades entre 376 levantamentos realizados no bioma Cerrado. Fonte: Ratter et al., 2003 apud Aquino et al., 2008.

Apesar da macaúba apresentar o segundo maior potencial entre as plantas oleaginosas (TEIXEIRA, 2005), ela ainda é cultivada de forma extrativista. Naturalmente as plantas de macaúba apresentam grande variabilidade genética, dificultando assim o uso em escala comercial devido a grande diferença de produção entre os indivíduos (MOTTA et al., 2002).

2.2.Importância socioeconômica da *Acrocomia aculeata*

No Brasil têm aumentado a produção de biodiesel, segundo ANP/ABIOVE (Ministério de Minas de Energia, 2017) a produção era de 2.672.760 m³ no ano de 2011 subindo para 3.810.863 m³ de biodiesel em 2016, no ano de 2017 até o mês de setembro já produziu 3.103.880 m³ de biodiesel. Com isso, tem se desenvolvido diversas pesquisas com plantas perenes para a produção de biodiesel, como é o caso da macaúba.

Com a propriedade oleaginosa de suas amêndoas, a macaúba vem chamando atenção devido ao seu enorme potencial da aplicação na área industrial e energética (MOTOIKE et al., 2013). Lorenzi (2006) cita ainda diferentes categorias de uso às distintas partes da macaúba, dentre elas está a da amêndoa como alimento, extração do óleo que é utilizado tanto como alimento quanto para combustível.

Devido as dificuldades de exploração dos combustíveis fósseis, os indicadores de problemas climáticos e escassez de água, a busca por alternativas que possam substituir os combustíveis fósseis (MANFIO, 2010) tem levado a diversas pesquisas na área de produção de biodiesel através de plantas oleaginosas.

No Brasil tem-se a consolidação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB - (Brasil, 2005) pela Lei nº 11.097 que introduz o biodiesel na matriz energética brasileira. Com isso biodiesel passou a apresentar diversas vantagens econômicas, dentre elas está a demanda de energia provenientes de biodiesel que gerem menor impacto no ambiente. O uso da macaúba para a produção de biodiesel apresenta esta importância econômica, além da importância social, onde a atividades na agricultura familiar de pequenos produtores gera emprego e renda.

Na figura 5 pode-se observar a produção média de óleo da macaúba comparada com algumas das principais oleaginosas cultivadas no Brasil.

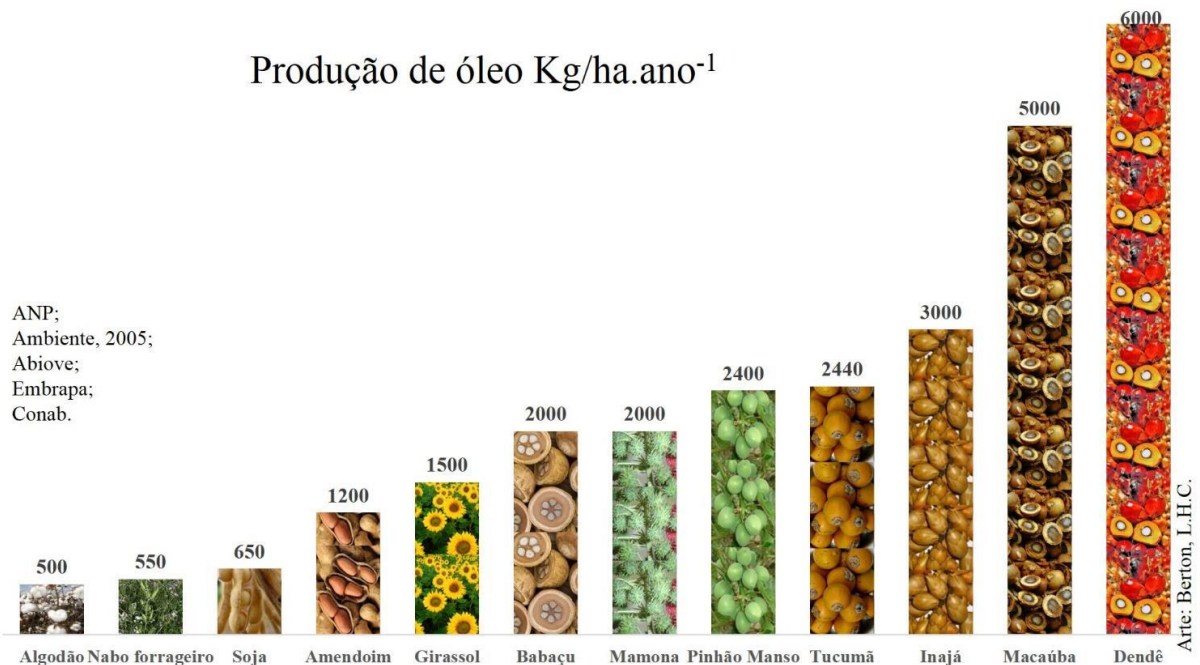


Figura 5: Comparação da produção de óleo de macaúba com a produção das principais oleaginosas destinadas a produção de biocombustíveis. Fonte: BERTON (2013).

2.3. Melhoramento genético

2.3.1. Estimativas de parâmetros genéticos

Nos testes de progênies são possíveis de serem estimados os parâmetros populacionais, como a herdabilidade e as variâncias genéticas que são obtidas pelos quadrados médios da análise de variância em seus componentes, com base em suas esperanças matemáticas (VENCOVSKY, 1978; CRUZ & REGAZZI, 2004). Outra estimativa é a variância fenotípica. A análise de variância (ANOVA) permite fazer estimativas das componentes, essas

componentes são deduzidas em função dos parentescos que relacionam os indivíduos de um determinado grupo (OLIVEIRA, s.d.).

O melhoramento genético é importante, pois ele permite a seleção do maior potencial características dos indivíduos possibilitando também a escolha do método mais indicado de melhoramento para a espécie (FEHR, 1987). As estimativas de parâmetros genéticos são essenciais para o conhecimento da estrutura genética da população, para a conhecer sobre a variabilidade genética da população e para fornecer subsídios para predizer os ganhos genéticos que podem ser adquiridos com a seleção de genótipos superiores. Estimativa como herdabilidade é essencial para o sucesso das estratégias de melhoramento de plantas.

Alguns estudos verificaram a existência de variabilidade genética em macaúba para as características morfológicas. Santos (2015) avaliou as características morfológicas altura da planta, projeção da copa na linha e projeção da copa entre linhas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, depois, foram estimados alguns parâmetros genéticos, dentre eles a herdabilidade. As estimativas de herdabilidade variaram entre 83,94%, 35,68% e 29,74% (para altura, para projeção da copa na linha e para projeção da copa entre linhas respectivamente), onde pode-se dizer que foram valores altos.

O estudo de Domiciano et al. (2015) avaliou as características morfológicas como altura da planta; comprimento da ráquis; largura das ráquis; e número de ráquis da macaúba. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, depois, foram estimados alguns parâmetros genéticos, dentre eles a herdabilidade. As estimativas de herdabilidade variaram entre 50, 24 e 71,9% (altura e comprimento da ráquis, respectivamente), onde pode-se dizer que foram valores altos.

2.3.2. Interação genótipo x ambiente

A interação genótipos x ambientes é a resposta diferencial dos genótipos às mudanças do ambiente que surgem ao longo do tempo. Allard & Bradshaw (1964) classificam a interação em previsíveis e imprevisíveis, devido as variações que o ambiente possa sofrer e contribuem para a interação. A variação previsível está relacionada com características permanentes (solo) e aquelas que funcionam sistematicamente (densidade de semeadura). Já a variação imprevisível está ligada às variações do clima, de temperatura e até patógenos.

Nos programas de melhoramentos de plantas avalia-se frequentemente em diferentes locais, anos e épocas de semeadura para se observar o desempenho relativo dos genótipos e sua

variação com o ambiente (ALLARD & BRADSHAW, 1964). De acordo com BERTON (2013) as análises de adaptabilidade e estabilidade são ferramentas que permitem identificar as cultivares com o desempenho mais estável e com maior potencial de respostas às variações ambientais.

Com as variações ambientais, que podem estar presentes e variar de um ano para outro, o efeito da interação entre o genótipo e o ambiente é altamente significativo, sendo essa interação fundamental para a seleção de genótipos mais estáveis nos programas de melhoramento de plantas (BERTON, 2013).

A adaptabilidade interfere na interação G x A, pois segundo Gallais (1992) refere-se a uma condição, indicando a capacidade de o genótipo apresentar alto rendimento em relação a um determinado ambiente ou determinadas condições para o qual está adaptado. Estudos de adaptabilidade e estabilidade fornecem informações sobre o desempenho de cultivares, de forma a recomendar as cultivares mais adaptadas a ambientes específicos (BONATO, 1978; BOLDT, 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Em março de 2011 foi implantado no campo experimental da Embrapa Cerrados na cidade de Planaltina, Distrito Federal, Brasil (latitude: 15° 35'30"S; longitude: 47° 42'30"W; altitude: 1030 metros) o banco ativo de germoplasma de *Acrocomia aculeata* com 15 acessos (assumidas famílias de meio irmãos), coletadas em diferentes regiões brasileiras (Tabela 1). Foi um estudo quantitativo com análise de dados obtidos a partir de 15 famílias de meios-irmãos de macaúba, com 5 indivíduos por família (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com cinco repetições e três plantas por parcela (Figura 6).

BLOCO I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BLOCO II	8	14	10	9	15	3	12	5	11	1	4	7	13	2	6
BLOCO III	5	8	3	11	6	2	9	15	13	14	4	10	12	7	1
BLOCO IV	6	12	14	9	5	11	3	7	15	10	13	2	1	4	8
BLOCO V	12	9	5	13	8	4	14	11	3	7	2	6	15	1	10

Figura 6: Croqui da implementação do experimento.

Para o estudo foram considerados os anos agrícolas de 2012, 2014 e 2015. As características fenotípicas analisadas foram: altura da planta (ALT), projeção da copa na linha (PCL) e projeção da copa entre linhas (PCEL).

Tabela 1. Relação das famílias de *Acrocomia aculeata* avaliadas com suas respectivas origens.

Família	Acrônimo	Origem
1	CPAC- 01	Buriti vermelho
2	CPAC- 02	Formosa Fazenda Recanto
3	CPAC- 03	Formosa BR 020
4	CPAC- 04	Carmo do Paranaíba
5	CPAC- 05	Comunidade Sossego
6	CPAC- 06	Matutina
7	CPAC- 07	Lagoa Formosa
8	CPAC- 08	Tiros
9	RP002	Rio Paranaíba-MG
10	RP003	Rio Paranaíba-MG
11	RP004	Rio Paranaíba-MG
12	Acesso 280	São Roque de Minas-MG
13	Acesso 283	Barroso-MG
14	EPAMIG 1	Itabira-MG
15	EPAMIG 2	Itabira-MG

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de variabilidade genética entre as progênes pelo teste F. Um teste F exato para um termo é aquele no qual o valor esperado da média quadrada do numerador difere do valor esperado da média quadrada do denominador somente pelo componente de variância ou fator fixo de interesse.

Foi feita a estatística descritiva dos caracteres analisando suas médias ano longo dos três ambientes (2012, 2014 e 2015). Posteriormente foram estimados os parâmetros genéticos, componente quadrático da interação genótipo x ambiente (σ^2_{ga}); variância residual (σ); herdabilidade (h^2); correlação interclasse (r); coeficiente de variação genético (CVg); e razão CVg/CVe.

Foi utilizado o agrupamento Scott-Knott para o teste de comparação de médias. Todas as análises serão realizadas com o auxílio do software estatístico Genes (CRUZ, 2013).

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Estatísticas descritiva

A altura (ALT), avaliada nas plantas no ano de 2012, foi em média 1,4 m (0,1 a 2,0 m), a projeção da copa na linha (PCL) e na entre linha (PCEL) foram 1,5 m (0,1 m a 2,1 m) e 1,5 m (1,0 m a 2,1 m), respectivamente. Já no ano de 2014 essas médias foram de 3,7 m (1,3 m a 5,1m), 4,3 m (1,1 m a 5,3 m) e 4,2 m (1,1 m a 5,2 m), respectivamente. No ano de 2015 as médias foram 4,8 m tanto para a altura quanto para a projeção da copa na linha e na entre linha (Tabela 2). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Santos (2015), onde ela verificou a média para altura sendo 3,24 m para projeção da copa na linha sendo 3,46 m e para projeção da copa na entre linha sendo 3,45 m.

Tabela 2. Estatísticas descritiva para altura da planta (ALT); projeção da copa na linha (PCL); projeção da copa entre linhas (PCEL).

Estatística	Altura	PCL	PCEL
	2012		
Mínimo	0,907	0,897	1,000
Média	1,401	1,514	1,557
Máximo	1,993	2,063	2,150
Mediana	1,410	1,510	1,567
Desvio padrão	0,232	0,257	0,250
Erro padrão	0,027	0,030	0,029
Variância	0,054	0,066	0,063
2014			
Mínimo	1,350	1,150	1,127
Média	3,704	4,271	4,168
Máximo	5,070	5,333	5,167
Mediana	3,783	4,450	4,260
Desvio padrão	0,689	0,772	0,714
Erro padrão	0,080	0,089	0,082
Variância	0,474	0,596	0,510
2015			
Mínimo	2,450	3,160	3,210
Média	4,809	4,767	4,796
Máximo	7,000	5,613	5,883
Mediana	4,653	4,813	4,770
Desvio padrão	1,018	0,494	0,489
Erro padrão	0,118	0,057	0,056
Variância	1,037	0,244	0,239

4.2. Análise de variância individual

Na análise de variância individual verificou-se que para a altura das plantas foi significativa a nível de $\alpha = 0,05$ nos anos de 2012 e 2015 e ano de 2014 a nível de $\alpha = 0,01$, significando que houve variabilidade entre as progênies para esse caráter. Para a projeção da copa na linha não foi significativa nos anos de 2012 e 2014 e significativo no ano de 2015 a nível $\alpha = 0,01$, ocorrendo variabilidade somente em 2015. Para a projeção da copa na entre linha foi significativo nos anos 2012 e 2015 a nível de $\alpha = 0,01$, enquanto que no ano de 2014 não foi significativo, possibilitando inferir que não houve variabilidade genética para este caráter em 2014. Para entender essa variação ao longo dos anos é necessário ser realizado um estudo sobre a interação genótipos x ambiente (GxA).

Tabela 3. Análise dos quadrados médios para grau de liberdade (GL); altura da planta (ALT); projeção da copa na linha (PCL); projeção da copa entre linhas(PCEL).

Fonte de Variação	QUADRADOS MÉDIOS			
	2012			
	GL	ALT	PCL	PCEL
Blocos	4	0,04	0,12	0,75
Tratamento	14	0,11**	0,08 ^{ns}	11,87**
Resíduo	56	0,04	0,06	0,05
Média		1,4	1,51	1,56
CV (%)		14,28	16,18	13,99
2014				
Blocos	4	0,81	1,01	1,4
Tratamento	14	0,76*	0,38 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Resíduo	56	0,38	0,62	0,51
Média		3,7	4,27	4,17
CV (%)		16,59	18,46	17,06
2015				
Blocos	4	0,98	0,31	0,22
Tratamento	14	3,63**	0,47**	0,46**
Resíduo	56	0,39	0,18	0,18
Média		4,81	4,77	4,8
CV (%)		13,04	8,99	8,95

*significativo a 5%. **significativo a 1%; ^{ns}: não significativo pelo teste F.

4.3. Teste de comparação de médias

Em 2012, observou-se que não há diferenças entre os tratamentos CPAC – 01, CPAC – 02, CPAC – 03, CPAC – 04, CPAC – 05, CPAC – 07, RP002, RP003 e RP004, podendo ser recomendados para estimar parâmetros genéticos, sendo que nos tratamentos CPAC – 06, CPAC – 08, Acesso 280, Acesso 283, EPAMIG1 e EPAMIG 2, foi obtido valor inferior aos demais tratamentos.

Nos dados obtidos em 2014 observou-se que os tratamentos analisados não se diferenciaram entre si no teste de média Scott-Knott.

No entanto, com as análises em 2015, verificou-se resultados diferentes dos anos anteriores. O único tratamento que obteve relevância foi o CPAC – 03, no qual se sobressaiu, tanto em 2015, quanto nos demais anos, demonstrando que foi o tratamento mais indicado para esta pesquisa.

Tabela 4. Teste de comparação de médias Scott-Knott de 15 famílias de macaúba.

Genótipos	2012		2014		2015	
	Média		Média		Média	
CPAC – 01	1,452	a	3,884	A	5,588	b
CPAC – 02	1,464	a	3,982	A	5,708	b
CPAC – 03	1,590	a	4,712	a	6,642	a
CPAC – 04	1,574	a	3,782	a	4,854	c
CPAC – 05	1,612	a	3,272	a	4,460	c
CPAC – 06	1,290	b	3,900	a	5,530	b
CPAC – 07	1,460	a	4,112	a	5,884	b
CPAC – 08	1,316	b	3,158	a	3,854	c
RP002	1,552	a	3,482	a	4,280	c
RP003	1,444	a	3,376	a	3,906	c
RP004	1,416	a	3,440	a	4,132	c
Acesso 280	1,256	b	3,744	a	4,504	c
Acesso 283	1,148	b	3,688	a	4,254	c
EPAMIG 1	1,170	b	3,592	a	4,014	c
EPAMIG 2	1,278	b	3,428	a	4,530	c

4.4. Estimativas de componentes de variância

As estimativas de parâmetros genéticos são apresentadas na tabela 5. A herdabilidade variou entre 50,6% e 89,2% para altura, entre 21,6% e 60,7% para a projeção da copa na linha e 59,8% e 60,1% para projeção da copa entre linha. Verifica-se que a estimativa da herdabilidade foi alta para altura, sempre acima de 50,0%, isso se repete para a projeção da

copa na entre linha com uma variação menor. A projeção da copa na linha chegou a 21,6% sendo um valor baixo. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Santos (2015) onde a herdabilidade foi 83,9% para altura e 35,7% para a projeção da copa na linha.

Estima-se que para a variância fenotípica da altura teve a proporção maior na variância genotípica em relação à variância ambiental (Tabela 5), ou seja, o ambiente influenciou menos. Para a projeção da copa na linha a proporção maior foi a variância ambiental nos anos 2012 e 2014, no ano de 2015 houve uma inversão. O mesmo ocorreu para a projeção da copa na entre linha. Nota-se que para a projeção da copa na linha e na entre linha houve uma maior influência do ambiente, tanto que no ano de 2014 não houve variabilidade genética.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) e parâmetros genéticos associados às características morfológicas de interesse de Macaúba. Altura da planta (ALT); projeção da copa na linha (PCL); projeção da copa entre linhas (PCEL).

Parâmetros genéticos	2012		
	ALT	PCL	PCEL
Variância fenotípica	0,0227	0,0153	0,0237
Variância ambiental	0,008	0,012	0,0095
Variância genotípica	0,0147	0,0033	0,0143
h^2	64,8	21,6	60,1
r	26,8828	5,2174	23,1517
CVg	8,6568	3,7958	7,6762
CVg/CVe	0,6064	0,2346	0,5489
	2014		
Variância fenotípica	0,1528	0,0757	0,0547
Variância ambiental	0,0755	0,1244	0,1011
Variância genotípica	0,0773	0	0
h^2	50,6	0	0
r	17,0012	0	0
CVg	7,5068	0	0
CVg/CVe	0,4526	0	0
	2015		
Variância fenotípica	0,7251	0,0936	0,0915
Variância ambiental	0,0786	0,0368	0,0368
Variância genotípica	0,6464	0,0569	0,0547
h^2	89,2	60,7	59,8
r	62,1807	23,6285	22,8992
CVg	16,7176	5,0024	4,8764
CVg/CVe	1,2822	0,5562	0,545

h^2 = herdabilidade; r = correlação intraclasses; CVg = coeficiente de variação genético; CVe = coeficiente de variação experimental; CVg/CVe = razão.

A razão CVg/CVe foi maior que 1 somente para altura, com isto pode-se estimar que o ganho será alto, para projeção da copa na linha variou entre 0,2 e 0,5 e projeção da copa na entre linha manteve 0,5, com exceção do ano de 2014 em que foi 0,0. Verifica-se que o melhoramento da macaúba para as características morfológicas é possível de ser feito por meio da seleção de genótipos promissores. O caráter altura expressou maior variação genética progênes, isso significa que obteve o maior potencial para seleção.

A altura apresentou maior grau de variabilidade entre os caracteres, em 2014 apresentou a menor variabilidade e mais homogêneo e em 2015 a maior variabilidade e mais heterogêneo. Não houve variabilidade na projeção da copa na linha em 2014 e em 2015 teve a maior variabilidade e maior heterogeneidade. Para projeção da copa na entre linha em 2015 não houve variabilidade houve maior homogeneidade. Em 2012 em relação a copa entre linha houve maior variabilidade e maior heterogeneidade.

A correlação intraclasse (r) foi estimada em 0,62 para altura, 0,23 para PCL e 0,23 para PCEL. Quanto menor o r , maior a interferência da interação GxA na população (LAVIOLA et al., 2014), sendo assim os caracteres PCL e PCEL sofrerão maior interferência da interação GxA do que o caráter altura. O coeficiente de correlação intraclasse significa a tendência de manutenção da dominação fenotípica dos acessos, nos diferentes ambientes avaliados, sendo assim, quanto menor o coeficiente de correlação intraclasse, maior a interferência da interação genótipo x ambiente na população (LAVIOLA et al., 2014), como foi o caso apresentado.

4.5. Interação genótipo x ambiente (Análise conjunta)

Na análise de variância conjunta para altura, observaram-se diferenças significativas na interação genótipos x ambientes, indicando mudança no desempenho dos genótipos de macaúba nos diversos ambientes avaliados (Tabela 6). Assim, estudos mais detalhados sobre a interação GxA são necessários para que não interfira negativamente na seleção de plantas. Os caracteres PCL e PCEL não são significativos, logo os desempenhos independe do efeito do ambiente.

Tabela 6. Análise de variância conjunta da altura (ALT), projeção da copa na linha (PCL) e da projeção da copa na entre linha (PCEL).

Fonte de Variação	Quadrados Médios					
	GL	ALT	GL	PCL	GL	PCEL
Blocos	4	0,99	4	1,07	4	1,11
Genótipo	14	2,73*	14	0,37ns	14	0,25ns

Ambiente	2	226,70**	2	230,40**	2	221,44**
GxA	24	1,03**	21	0,37ns	21	0,40ns
Resíduo	56	0,40	56	0,50	56	0,43
Média		3,30		3,52		3,51
CV(%)		19,05		20,20		18,47

*significativo a 5%. **significativo a 1%; ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado o desenvolvimento para caractere altura, que apresentou maior variabilidade para a população de macaúba que pode ser explorada para melhoramento genético da espécie. Esse caractere foi o que mais contribuiu para dissimilaridade das famílias avaliadas.

As famílias avaliadas agrupam-se em três grupos distintos, sendo que a família CPAC-03 não se agrupou com as demais, podendo ser considerada a mais divergente, com base na análise combinada de características.

5.6. REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. **Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding**. Crop Science, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

AQUINO, Fabiana de Gois et al. **Distribuição Geográfica de espécies *Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Caryocar Brasiliense Cambess no Bioma Cerrado**. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. Brasília, 2008, p. 4 - 6.

ARBOLES del area del canal de Panama *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. Disponível em: <<http://www.ctfs.si.edu/webatlas/spanish/acropa>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2016.

AZEVEDO, J. A.; COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C.. **MACAÚBA: Palmeira Nativa Como Opção Bioenergética**. Pesquisa & Tecnologia, vol. 9, n. 2. São Paulo. 2012.

BARBOSA, M.Z. **Óleos vegetais para alimentos ou para biodiesel?** Análise e indicadores do agronegócio, São Paulo, v.6, n. 6, p.1-6, 2011.

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

BERTON, L.H.C. **Avaliação de Populações Naturais, Estimativas de Parâmetros Genéticos e Seleção de Genótipos Elite de Macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. 2013. B547a. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrômico, Campinas, SP, 2013.

BOLDT, A. S. Diversidade genética, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja no Mato Grosso. 2001. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

BONATO, E. R. Estabilidade fenotípica da produção de grãos de dez cultivares de soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) nas condições do Rio Grande do Sul. 1978. 75 . Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicabana, SP, 1978.

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

BRASIL. Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005. **Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira**. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/>>. Acesso em 20 de janeiro de 2017.

CONDÉ, A. B. T.; COELHO, M. A. de O.; YAMANAKA, C. H.; CORTE, Hércules Renato. **Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos de Trigo Sob Cultivo de Sequeiro em Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Tropical**, Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2010

CRUZ, C. D. **GENES**: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Acta Sci., Agron, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180786212013000300001&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 junho de 2015.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, O. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV- Imprensa Universitária, 2004. 480p.

DIONYSIO, R. B.; MEIRELLES; F. V. P. **Combustíveis**: A química que move o mundo. Sala de Leitura, Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

DURÃES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; ALVES, A. A. **Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop**: the Brazilian perspective. Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, v.6, 2011.

DOMICIANO, G. P.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B.G.; CONCEICAO, L. D. H. C. S. **Parâmetros Genéticos e Diversidade em Progênies de Macaúba com Base em Características Morfológicas e Fisiológicas**. Ciência Rural (UFSM. Impresso), 2015.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development - theory and technique**. 2. ed. New York Macmillan Publishing Co., 1987, 536 p.

FOSCHIERA, Irineu Pedro. O Programa Nacional De Produção E Uso De Biodiesel: Impactos E Perspectivas. Defesa de monografia. Porto Alegre, RS. 2008.

GALLAIS, A. **Adaptation et Adaptabilité en Amélioration Des Plantes**. Le Sélectionneur Français, v42, p 55-57, 1992.

GRAY, M. **Palm and Cycad Societies of Australia**. Anais eletrônicos... Disponível em: <http://www.pacsoa.org.au/w/index.php?title=Acrocomia_aculeata>. Acesso em 20 de março de 2017.

GOMES JUNIOR, R. A.; GURGEL, F. de L.; PEIXOTO, L. de A.; BHERING, L. L.; DA CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; PINA, A. J. de A.; VEIGA, A. S. **Evaluation of interspecific hybrids of palm oil reveals great genetic variability and potential selection gain**. Industrial Crops and Products (Print), v. 52, p. 512-518, 2014.

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

LAVIOLA, B. G.; SILVA, S. D. A. E.; JUHASZ, A. C. P.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, R. J. P.; ALBRECHT, J. C.; ALVES, A. A.; ROSADO, T. B. **Desempenho agrônomico e ganho genético pela seleção de pinhão-mansão em três regiões do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira (1977. Impressa), v. 49, p. 356-363, 2014.

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

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

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; MEDEIROS, J.T.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras no Brasil, nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996.

MANFIO, C. E. **Análise Genética no Melhoramento da Macaúba**. Viçosa, MG, 2010.

MENDONÇA, R. C., FELFILI, J. M., WALTER, B. M. T., SILVA JÚNIOR, M. C., REZENDE, A. V., FILGUEIRA, J. S., NOGUEIRA, P. E. & FAGG, C. W. **Flora vascular do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P. & RIBEIRO, J.F. (Eds.) Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia. p. 421-1279. 2008.

MINISTÉRIO de Minas e Energia. Boletim Mensal dos Biocombustíveis, nº 104 outubro/2016. Brasília. 2017.

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

MOTOIKE, S.Y.; CARVALHO, M.; PIMENTEL, L.D. et al. **A cultura da macaúba**: implantação e manejo de cultivos racionais. Viçosa: Editora UFV, 2013. 61p.

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

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B. & KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, 403: 853-858. 2000.

NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genéticas de populações de macaúba**. Dissertação Mestrado. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas – SP. 2007.

OLIVEIRA, Paulo Guilherme Leandro de. **Modelo da variação contínua**. Repositório da Universidade de Évora, Portugal.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Cerrado Ecologia e Flora: as Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado**, Embrapa Cerrados – Brasília, DF. 1279p, v.2. 2008.

SANTOS, Lorena da Conceição. **Estudo da Diversidade Genética da Famílias Segregantes de Macaúba (*Acrocomia Aculeata*)**. Universidade de Brasília Campus Planaltina, Planaltina-DF. 2015.

SILVA, J. C. **Macaúba: fonte de matéria prima para os setores alimentício, energético e industrial**. Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 41p., 1994.

SILVA, A. R. **Métodos de agrupamento: avaliação e aplicação ao estudo de divergência genética em acessos de alho**. 2012. 67p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

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

TEXEIRA, L.C. **Potencialidades de oleaginosas para a produção de biodiesel**. Informe Agropecuário 26: 18-27, 2005.

VENCOVSKY, R. **Herança quantitativa**. In: PATERNIANI, E. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba: Marprint, Esalq, p. 122-195, 1978.