

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

MARCELO AUGUSTO MENDES ALCANTARA

**CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA EM SEMENTES DE UMA POPULAÇÃO
NATURAL DE *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.**

Ilha Solteira - SP
Agosto, 2016

MARCELO AUGUSTO MENDES ALCANTARA

**CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA EM SEMENTES DE UMA POPULAÇÃO
NATURAL DE *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia, Câmpus de Ilha
Solteira, Universidade Estadual Paulista "Julio
de Mesquita Filho", como parte das exigências
para obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes
Orientador

Ilha Solteira - SP
Agosto, 2016

Marco Antonio de Moraes Alcantara

Nadir Barbosa Mendes de Moraes Alcantara

Gabriela Mendes Alcantara

Minha Base, pilares da minha vida,

A vocês dedico esse trabalho, pois sem vocês eu nada seria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador de todas as coisas, Arquiteto da vida, que É, foi e sempre será, por me possibilitar estudar e descobrir suas maravilhas, buscar o conhecimento, e o desejo de me aprofundar e investigar cada vez mais sobre o fascinante mundo natural que existe ao nosso redor.

Agradeço todos os meus familiares, avós, tios e tias, primas e primos que direta ou indiretamente, me apoiaram ao longo de todo o curso, pela perseverança e doação de seu tempo para me auxiliar em quaisquer que fossem as dificuldades ou desafios, pelas dicas, orações e mensagens de apoio, por tudo isso serei eternamente grato.

Agradeço aos amigos que estiveram ao meu lado durante todos esses anos, mesmo entre crises e deserções, Douglas, Guilherme, João César, Kauã, Matheus, Marco Túlio e Vinicius pelas MILHARES de horas que o TERO nos proporcionou, sempre com assuntos, discussões calorosas e aquisição de conhecimentos, estreitando laços que com certeza, serão mantidos por toda a vida.

Agradeço aos amigos que a Igreja Presbiteriana do Brasil pôde me proporcionar, Celina, Evanildo, Eric, Fabiana, Felipe, Joel, Thais, Talles e Wilhernaiky que, mesmo após diversas separações, sempre se mantiveram comigo em pensamento e comunhão, pelas risadas, saídas, musicas, piadas e várias noites passadas em branco jogando um bom AGE.

Agradeço à “Experiência 09” minha turma, por me aguentar, e mesmo me distanciando, não perder o contato, a amizade e principalmente, pela honra em fechar com chave de ouro sendo o último a sair e apagar a luz (Risos).

Agradeço aos companheiros e amigos do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura, pela parceria, trabalhos, viagens e congressos, momentos de trabalho, aprendizado e lazer, onde com certeza, lembrarei de todos com carinho e afeto.

Agradeço ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes e Dr. Miguel Luiz Menezes Freitas, Orientadores que tive a honra de conhecer, ser orientado, aprender e me espelhar, como grandes modelos de carreira.

Agradeço a Selma Maria Bozzite de Moraes, Técnica do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura sem a qual jamais poderia realizar este trabalho e me iniciar no mundo científico.

Agradeço ao Celso, que juntamente com a CESP (Companhia Energética de São Paulo) me permitiram realizar este trabalho, auxiliando e coletando materiais para a viabilização deste estudo.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama (*in memoriam*), pela idealização e realização do projeto macaúba, alavancando estudos e o desenvolvimento científico sobre as populações da espécie na região do Pontal do Paranapanema – São Paulo.

Agradeço aos membros que compõem a banca examinadora deste trabalho, por aceitarem o convite, se deslocarem e contribuírem para a formação deste que escreve.

Agradeço a todos os docentes que contribuíram para a minha formação, onde cada um, em maior ou menor volume, foi responsável pela longa caminhada rumo ao diploma, aos coordenadores e discentes que juntos fazem do curso de Ciências Biológicas de Ilha Solteira um dos melhores do Brasil

Agradeço ao IF (Instituto Florestal) de São Paulo, pela oportunidade de ser bolsista CNPq durante a minha graduação, confirmando o meu desejo de permanecer no mundo científico pelo resto da minha vida.

Por fim, agradeço pela honra de fazer parte dessa família chamada UNESP.

*"Explicar a emoção de ser UNESPIANO, a um UNESPIANO, é totalmente desnecessário.
E a quem não é UNESPIANO. É simplesmente impossível!"*

(Acervo Memorial. Frase adaptada de Joelmir Beting).

RESUMO

Acrocomia aculeata é uma espécie de grande ocorrência no Cerrado brasileiro e está presente também em alguns outros biomas que o circundam, apresentando grande potencial de utilização de todos os componentes da planta (folhas, estipes e fruto). Também abrange um leque com inúmeras utilidades, podendo ser enquadrada em diversas áreas de estudo. Com base nesse contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar a variabilidade genética em sementes de uma população natural de *Acrocomia aculeata* por meio dos teores dos compostos de amido, carboidratos, lipídios e proteínas (albuminas, globulinas, glutelinas e prolaminas) e dos macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre). Foram utilizados frutos e sementes originados de plantas de *Acrocomia aculeata* coletadas de 30 árvores de polinização livre em uma população localizada em áreas de preservação ambiental da CESP no antigo canteiro de obras da UHE. Eng. Sergio Motta, na região do município de Rosana – SP no Pontal do Paranapanema. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal e do Instituto Agrônomo de Campinas. As análises estatísticas mostraram que para os teores de amido, a espécie apresentou média geral de $0,27 \text{ mg g}^{-1}$. Para os carboidratos: $10,24 \text{ mg g}^{-1}$. Os lipídios apresentam uma média geral com o valor de $20,23 \text{ mg g}^{-1}$. Os teores médios de proteínas encontrados foram: Albuminas, $16,39 \text{ mg g}^{-1}$, Glutelinas, $6,69 \text{ mg g}^{-1}$, Prolaminas, $21,81 \text{ mg g}^{-1}$ e globulinas com $41,82 \text{ mg g}^{-1}$. As análises dos teores de macronutrientes apresentaram valores de $23,6 \text{ g kg}^{-1}$ para o nitrogênio, para o cálcio $1,53 \text{ g kg}^{-1}$, fósforo $6,64 \text{ g kg}^{-1}$, o potássio $3,33 \text{ g kg}^{-1}$, o magnésio $1,80 \text{ g kg}^{-1}$ e o enxofre $1,69 \text{ g kg}^{-1}$. O coeficiente de variação experimental se manteve em valores adequados para as análises com o maior sendo 24,89% para o cálcio e o menor 0,89% para os lipídios, evidenciando boa precisão às estimativas. Os índices de herdabilidade e coeficiente de variação dos padrões gênicos se mostraram de elevado valor para todos os compostos analisados, comprovando a riqueza e variabilidade genética da população, viabilizando um possível programa de melhoramento e enriquecimento florestal da espécie.

Palavras-chave: Cerrado, compostos bioquímicos, Macauba, palmeira oleaginosa, população natural.

ABSTRACT

Acrocomia aculeata is a species of large occurrence in the Brazilian Cerrado and is also present in some other biomes that surround it, with great potential for use of all plant components (leaves, stems and fruit). It also covers a range with numerous utilities and can be framed in different areas of study. Within this context, the aim of this study was to characterize the genetic variability in seed a natural population of *Acrocomia aculeata* through the levels of starch compounds, carbohydrates, lipids and proteins (albumin, globulin, glutelin and prolamin) and macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur). They used fruit and seeds originating from *Acrocomia* plants *aculeata* collected 30 open pollinated trees in a population located in areas of environmental preservation of the CESP in the old site of HPP works. Eng. Sergio Motta in the municipality of Rosana region - SP in Pontal do Paranapanema. Laboratory tests were carried out in the Laboratory of Genetics of Populations and Forestry, Soil Analysis Laboratory and Tissue Plant and the Agronomic Institute of Campinas. Statistical analysis showed that for the starch content, the species showed overall average of 0.27 mg g⁻¹. For carbohydrates: 10.24 mg g⁻¹. Lipids have an overall average to the value of 20.23 mg g⁻¹. The average levels of proteins found were: Albumins, 16.39 g kg⁻¹, glutelin, 6.69 g kg⁻¹, Prolamins, 21.81 g kg⁻¹, and globulins with 41.82 g kg⁻¹. Analysis of the macronutrient content with values of 23.6 g kg⁻¹, for nitrogen, for calcium 1.53 g kg⁻¹, phosphorus 6.64 g kg⁻¹, potassium 3.33 g kg⁻¹, magnesium 1.80 g kg⁻¹, and sulfur 1.69 g kg⁻¹. The experimental coefficient of variation was maintained at appropriate values for the analyzes with the highest being 24.89 % for calcium and 0.89 % to lower lipids, indicating good precision the estimates. The indices of heritability and coefficient of variation of the gene patterns showed high value for all compounds analyzed, demonstrating the richness and genetic variability of the population, enabling a possible improvement program and forest enrichment of the species.

Keywords: Cerrado, biochemical compounds, Macauba, oil palm, natural population.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Estimativa de parâmetros genéticos para os teores de lipídios, carboidratos, amido e proteínas (albumina, globulina, glutelina e prolamina) em sementes de progênies de uma população natural de <i>Acrocomia aculeata</i>	34
Tabela 2	- Estimativas de parâmetros genéticos para os teores de macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em sementes de uma população natural de <i>Acrocomia aculeata</i>	37

LISTA DE IMAGENS

Figura 1	- Imagem satélite da localização das populações de <i>Acrocomia aculeata</i> presentes nas áreas de preservação da CESP no antigo canteiro de obras da UHE. Eng. Sergio Motta, Companhia Energética de São Paulo. (-22° 30.343', -52° 57.014') (pontos de coleta)	23
Figura 2	- População de <i>Acrocomia aculeata</i> em área de preservação ambiental da CESP no antigo canteiro de obras da UHE. Eng. Sergio Motta, na região do município de Rosana – SP (pontos de coleta)	24
Figura 3	- Frutos colhidos e separados por progênies em sacos plásticos, devidamente rotulados no Laboratório de genética de populações e silvicultura (FEIS/UNESP)	25
Figura 4	- Extração da amêndoa com auxílio de martelo e base solida para impacto no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura (FEIS/UNESP)	26
Figura 5	- Amostras prontas para teste de umidade, mantidas em estufa a $\pm 105^{\circ}\text{C}$ por 24 horas no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura (FEIS/UNESP)	27
Figura 6	- Determinação de Amido em banho-maria no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura (FEIS/UNESP)	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Considerações gerais sobre a espécie	15
3.2. Aspectos gerais sobre sementes de espécies palmáceas nativas.....	16
3.3. Importância e utilização da espécie	17
3.4. Composição morfológica dos frutos	19
3.5. Composição química de sementes	20
3.6. Aspectos sobre variabilidade genética e preservação da espécie.	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. MATERIAL	22
4.2. MÉTODOS	25
4.2.1. Obtenção das amêndoas.....	26
4.2.2. Análise física de sementes	27
4.2.3. Análise bioquímica de sementes.....	28
4.2.3.1. Obtenção e determinação de amido	28
4.2.3.2. Obtenção e determinação de carboidratos	29
4.2.3.3. Obtenção e determinação de lipídios.....	29
4.2.3.4. Obtenção e determinação de macronutrientes	29
4.2.3.5. Obtenção e determinação de proteínas	30
4.2.4. Estimativas de parâmetros genéticos e índice de seleção	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÕES	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APENDICE.....	44

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por sua vasta diversidade e por sua grande população vegetal, onde grande parte das espécies que a compõe pode ser caracterizada como espécies de grande importância econômica e ambiental (CICONINI *et al.*, 2012).

O Bioma Cerrado localiza-se principalmente no Planalto Central do Brasil. Ocupa 24% do território nacional, pouco mais de dois milhões de quilômetros quadrados. Segundo estudos atuais, restam 61,2% desse total, em áreas distribuídas no Planalto Central e no Nordeste, estando a maior parte na região Meio-Norte, nos estados do Maranhão e do Piauí. Existem áreas de Cerrado também em Rondônia, Roraima, Amapá, Pará, bem como em São Paulo (EMBRAPA, 2007).

É a segunda maior formação vegetal brasileira depois da Amazônia, e savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade. Além disso, o Bioma Cerrado é favorecido pela presença de diferentes paisagens e de três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul. Concentra nada menos que um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundiais (EMBRAPA, 2007).

Com ampla distribuição em todo o território nacional a palmeira *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Conhecida popularmente como macaúba ou bocaiuva é um grande exemplo de espécie cujo potencial ainda é pouco explorado. No Cerrado, é notável a presença da palmeira que pode ser identificada com facilidade em quase todo o ambiente, como fruto de sua abrangência, a macaúba também é encontrada em biomas como o Pantanal, Mata Atlântica e Amazônia (LORENZI, 2006).

A partir da crescente demanda por políticas sustentáveis, combustíveis de origem renovável e principalmente conservação de espécies nativas dos biomas nacionais, a macaúba torna-se uma importante fonte de estudos, visando sanar lacunas no conhecimento da flora local Brasileira, também possibilitando alternativas para a produção de óleos combustíveis como o biodiesel, ou ainda como fonte nutricional para humanos e animais, sendo esta uma importante fonte de renda e de inclusão socioambiental.

Mota *et al.* (2009), ressaltou que o incentivo a agricultura familiar, delimitação do tamanho das propriedades, formação de cooperativas e a criação de uma rede nacional de milhares de micro-usinas integradas a partir de cooperativas de pequenos e médios produtores

rurais são medidas necessárias para se viabilizar e expandir a fronteira dos biocombustíveis, a macaúba vem nesse sentido, como uma espécie aliada ao pequeno produtor, já que pode ser facilmente encontrada em pequenas populações, e sua constante produção de frutos incrementar a renda destas famílias.

2. OBJETIVOS

Tendo em vista tais informações e considerações sobre esta importante espécie do Cerrado Brasileiro, o objetivo deste estudo foi caracterizar a variabilidade genética em sementes de uma população natural de *Acrocomia aculeata* por meio dos teores dos compostos de amido, carboidratos, lipídios e proteínas (albuminas, globulinas, glutelinas e prolaminas) e dos macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre).

Encontrar os caracteres de sementes mais indicados para uma possível seleção e melhoramento dentro dessa população localizada em áreas de preservação ambiental da CESP (Companhia Energética de São Paulo) no antigo canteiro de obras da UHE (Usina Hidroelétrica). Eng. Sergio Motta, na região do Pontal do Paranapanema, município de Rosana – São Paulo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Considerações gerais sobre a espécie

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart., da Família Arecaceae (Palmae) é uma palmeira nativa das florestas tropicais, são encontradas em abundância nas regiões Centro-oeste, sudeste até o estado do Pará em cerradões e matas semidecíduas. Possuem caule simples e sempre cilíndrico, geralmente atingem 10 a 15 metros de altura e 20 a 30 centímetros de diâmetro. Tem folhas pinadas com uma copa de 20 a 40 folhas por planta (LORENZI, 2010).

A espécie possui diversos nomes populares dependendo da região, podendo ser chamada de macaúba, macaúva, bocaiuva, coco-de-espinho, macaíba, entre outros (LORENZI, 2010).

Segundo Teles *et al.* (2011) a macaúba se desenvolve em solos com saturação de bases acima de 50% e altos níveis de potássio, e que suas populações ocorrem em áreas com precipitação total anual de 1.300-1.700 mm e temperatura média do ar anual entre 21,5°C e 22,5°C.

Teles *et al.* (2011) também afirmaram que a espécie foi identificada, predominantemente, em solos com médio a alto nível de fertilidade. Populações de macaúbas também foram observadas, predominantemente, em solos do tipo cambissolo e neossolo e de textura média ou franco argilo-arenosa, nas porções declive convexo, tálus e declive côncavo da topossequência.

Manfio *et al.* (2011) indicaram que, sendo a macaúba uma espécie perene, não domesticada, de longo ciclo de produção e devido ao elevado custo das expedições de coletas, conhecer o número de repetições (frutos) auxilia na programação das expedições de coletas, no sentido de otimizar o tempo e espaço necessários para coleta e transporte de materiais genéticos promissores que possam ser incorporados aos programas de melhoramento.

3.2. Aspectos gerais sobre sementes de espécies palmáceas nativas

A cavidade dos frutos das palmeiras é preenchida geralmente por uma única semente, dura e densa. A forma é variada, arredondada, ovalada, cônica, as vezes alongada. Consiste principalmente no endosperma ou albúmen duro, que é uma massa de tecido nutritivo no qual está embutido o embrião pequeno e mole (LORENZI, 2010).

O endosperma é revelado em qualquer semente de palmeira por um corte transversal. Quando o corte o revela sólido, com superfície uniforme, o endosperma é *homogêneo*. Quando a superfície é irregular, com divisões ou crescimentos e dobras que penetram no endosperma, este é considerado *ruminado*, isto é, como se tivesse sido mascado. As rumações são linhas marrons, cunhas ou laminas de tecido originário do revestimento da semente, as quais formam desenho irregular pelo crescimento ou pelas dobras que invadem o endosperma novo, semilíquido ou gelatinoso na semente em formação. Os desenhos revelados

em corte pelo endosperma ruminado, em alguns gêneros e espécies de palmeiras são muito típicos e permitem sua identificação. No geral, as espécies que possuem sementes grandes tem endosperma homogêneo e as que tem pequenas, ruminado (LORENZI, 2010).

3.3. Importância e utilização da espécie

Em meio as suas diversas utilizações, destaca-se a alimentação, que pode se expressar pelo consumo da fibra dos frutos ou da amêndoa (SARMENTO, VILLELA, 2010), a construção civil também se faz presente em sua utilização, onde o estipe (caule ou tronco da planta) pode ser matéria-prima em casas ou postes de transmissão ou as fibras do fruto podem ser usados junto ao cimento (VALE, 2007). O artesanato também representa uma forte utilização da espécie, tendo em mente que suas grandes folhas não só servem de cobertura para construções, mas que também são transformadas em cestos e utensílios por populações indígenas ou ribeirinhas (LORENZI, 2006).

Para Silva *et al.* (2008a), a comercialização do carvão como um coproduto do processamento da macaúba pode ser uma boa alternativa para ampliar as receitas. Outro fator que pode estimular a utilização do carvão proveniente da carbonização do seu endocarpo é a questão ambiental já que a necessidade de se explorar a natureza de forma sustentável vem estimulando a busca por fontes alternativas, que minimizem a exploração de matas nativas.

De acordo com Chuba *et al.* (2010) *Acrocomia aculeata* também pode ser utilizada na produção de óleo, já Andrade *et al.* (2006) afirmaram que devido ao novo contexto mundial, a busca por plantas oleaginosas com potencial para uma alta produtividade por hectare plantado por ano deve ser objeto de investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Entre as inúmeras espécies com potencial para produção de biocombustível, as palmáceas apresentam inúmeras vantagens do ponto de vista adaptativo que envolvem exigências climáticas, trato cultural e aproveitamento integral da planta.

Acrocomia aculeata que vem apresentando alto potencial de aproveitamento, favorecendo a diversificação do uso, tem seu principal foco de estudo voltado para os frutos, os quais refletem muito bem o porquê do título de frutos oleaginosos, com elevada capacidade calorífica da casca, alto conteúdo de ácidos graxos na polpa e na amêndoa, propiciando

perspectivas de uso na geração de biocombustível. Sua utilização já vem sendo pesquisada obtendo resultados satisfatórios.

Amaral (2007) também ressalta que a produção de biocombustíveis tem assumido papel importante internacionalmente, face a perspectiva de esgotamento das reservas mundiais de petróleo. E que, para este fim, iniciativas tem sido tomadas em nível internacional, para a obtenção e uso de óleo combustível baseado em fontes vegetais onde *Acrocomia aculeata* tem papel fundamental.

Também para Silva *et al.* (2008a), o potencial produtivo da *Acrocomia aculeata*, quando comparado à soja, e mesmo à palma, mostra que esta palmácea apresenta grande potencial para produção de óleo, bem como geração de energia (carvão do endocarpo e torta da polpa) e ração animal (torta da amêndoa e mesmo torta da polpa tratada).

Além de espécie com alto interesse econômico devido a sua potencial utilização para produção de biodiesel a espécie também pode ser considerada com um indicador ambiental de solos bem drenados, como citaram Kurihara *et al.* (2005). Ainda, sua presença também pode indicar o nível de fertilidade dos substratos onde se desenvolvem (MOTTA *et al.* 2002).

Para Lima *et al.* (2008), *Acrocomia aculeata* tem potencial de produzir energia e alimentos em solos degradados, cujas extensões na superfície do Cerrado são consideráveis. Entretanto, os sistemas de produção adotados não são os convencionais, e por utilizarem-se do conhecimento do povo nativo, predominantemente excluído da posse da terra e principalmente da tecnologia, requer do Brasil integração de competências tecnológicas para tornar a espécie competitiva.

Mooz *et al.* (2012) ao pesquisarem as características físico-químicas da *Acrocomia aculeata* concluíram que essa espécie possui padrões desejáveis para a elaboração de produtos agroindustriais onde o alto rendimento da polpa destaca-se quanto ao aproveitamento tecnológico como matéria prima para a agroindústria de alimentos.

Silva *et al.* (2008a) acreditaram que com o preço dos grãos em alta, a indústria de ração animal espera um aumento dos preços deste insumo. Neste contexto, a torta da macaúba se insere como uma vantagem competitiva comparada as outras tortas já que seu preço não sofre influência direta com a variação de preço dos grãos, como ocorre com tortas provenientes de outras oleaginosas (soja, amendoim, algodão).

O conhecimento dos teores de nutrientes em vários órgãos do vegetal permite inferir sobre as exigências metabólicas desenvolvidas em cada compartimento, fornecendo base para o entendimento dessas variações e suas implicações nas respostas dos vegetais no ecossistema (MENDES, 1996)

Leitão, Silva (2004), afirmaram que diversas espécies vegetais podem desenvolver mecanismos eficientes de manutenção do metabolismo, para garantir sua sobrevivência em ambientes adversos, tais como o Cerrado em certas épocas do ano. A translocação de minerais é uma forma de diminuir a perda de nutrientes pelas plantas e permitir a manutenção das atividades metabólicas, principalmente em períodos sujeitos ao estresse nutricional.

Quintana *et al.* (2013), por sua vez, destacaram a importância da contribuição de palmeiras macaúba para disponibilização e ciclagem de nutrientes e proteção do solo, principalmente, em áreas mais susceptíveis à degradação, como as mais próximas aos cursos d'água no Cerrado.

3.4. Composição morfológica dos frutos

Os frutos das palmeiras são muito variáveis no tipo, cor, tamanho e forma, a ponto de alguns serem dificilmente associados a esta família. Popularmente são chamados de “cocos” e devido ao tamanho menor, “coquinhos” (LORENZI, 2010).

Os frutos típicos são formados por três camadas mais ou menos definidas. A externa ou casca é o epicarpo ou exocarpo, liso, espinescente ou escamoso; a do meio, popularmente denominada de “polpa” é o mesocarpo, que pode ser de natureza fibrosa ou não, seca, carnosa ou fibroso-suculenta; a interna, que protege a semente é o endocarpo, que pode ser fino, membranoso, celulósico, espesso ou muito duro, de textura classificada como pétrea ou óssea (LORENZI, 2010).

A maioria dos frutos é tida como drupa, mas alguns também podem ser considerados como baga. Os frutos no geral são de forma globosa, ovalada, cônica ou alongada, como tamanho muito variável (LORENZI, 2010).

3.5. Composição química de sementes

O conhecimento da composição química de frutos e sementes é fundamental para alimentação ou outras aplicações. Mas muitas pesquisas têm se preocupado com cereais, leguminosas, sementes e frutas que são as maiores fontes de nutrientes para alimentação humana (CANUTO, 2005)

Entretanto a constituição química de sementes e frutos de espécies arbóreas não é bem conhecida, especialmente aquelas utilizadas por extração. Estas espécies são muitas vezes importantes para a sobrevivência à fauna, como em habitats de floresta tropical. Além disso, muitas têm uso medicinal pelas populações locais (ABDALA *et al*, 2002).

Os carboidratos, além de constituir a forma mais comum de reserva nutritiva (amido) e de energia, ainda formam o tecido de sustentação (celulose) e cedem esqueletos carbônicos para muitos, se não todos os compostos orgânicos da planta. Os lipídios presentes nas sementes geralmente se apresentam sob a forma de glicerídios de ácidos graxos e destacam-se como os mais importantes, sendo suscetíveis à degradação oxidativa, por meio de reações enzimáticas e não enzimáticas. A maior parte da reserva nitrogenada das sementes é formada por proteínas, que são restritas às subestruturas celulares conhecidos como corpos protéicos. As proteínas armazenadas representam fontes de alimentos para o crescimento da plântula. (TOLEDO & MARCOS-FILHO, 1977; LIBERAL & COELHO, 1980; BRACCINI *et al.*, 1996; citado por CANUTO, 2005.)

Hiane *et al.* (2006) citaram que as amêndoas de *Acrocomia aculeata*, extraídas das sementes, possuem um alto teor de lipídios, proteínas e fibras além de mostrarem um alto índice de Cálcio, Fósforo e Manganês em comparação com outros tipos de amêndoas de frutos como caju ou coco.

Silva *et al.* (2008b), consideram que estudos acerca das características de frutos do cerrado em sua forma geral, são escassos na literatura, sendo assim necessárias mais pesquisas que determinem a composição em macronutrientes, vitaminas e minerais, a biodisponibilidade destes nutrientes e a utilização dos frutos no processamento de alimentos com elevado valor agregado.

Canuto (2005) cita que para Malavolta *et al.*, (1997), uma planta bem nutrida reúne condições de produzir maior quantidade de sementes bem formadas. Na fase reprodutiva há uma maior exigência nutricional, normalmente de nitrogênio e fósforo que são descolados

para a formação e o desenvolvimento de novos órgãos e também para a formação de material de reserva que ali serão armazenados.

Os teores de nutrientes são maiores nas partes mais ativas metabolicamente das plantas, como folhas e brotações, devido aos seus ativos envolvimento em reações enzimáticas e compostos bioquímicos de transferência de energia e transporte eletrônico; as menores concentrações de micronutrientes são encontradas na madeira. Contudo, para a maioria dos nutrientes, é na madeira que se encontram os maiores conteúdos desses nutrientes, simplesmente à sua maior massa seca (GONÇALVES *et al.*, 2000).

Os macros e micronutrientes desempenham três grandes tipos de função na vida da planta: fazem parte da estrutura, entram nas moléculas de enzimas e coenzimas e funcionam como ativadores enzimáticos (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

A composição química de sementes exhibe, de maneira geral, os mesmos compostos encontrados em outras partes da planta, sendo que o ambiente onde crescem as plantas, a adubação e muitos outros fatores são capazes de alterar sua constituição, aumentando ou diminuindo a quantidade de certos componentes (LIBERAL, COELHO, 1980).

3.6. Aspectos sobre variabilidade genética e preservação da espécie.

A variabilidade genética é importante na medida em que permite às populações adaptarem a um ambiente em transformação. Indivíduos com certos alelos ou combinações de alelos podem ter exatamente as características necessárias para sobreviver e reproduzir em situações novas (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Mantovani & Pereira (1998) após analisarem imagens aéreas demonstram a intensa antropização já ocorrida na Região dos Cerrados, com cerca de um terço da área já fortemente antropizada, e dizem que tais dados são preocupantes uma vez que se passam os anos e nenhuma medida efetiva de preservação dos remanescentes é tomada, ressaltando assim a importância de estudos com o objetivo de criar bancos de germoplasma para preservação e manutenção das espécies alvo de tais impactos provocados pelo Homem.

A concentração de esforços na conservação genética de essências arbóreas deve ser determinada pela magnitude relativa de variação genética existente entre e dentro de

populações, de modo a preservar o máximo da variabilidade das populações naturais (DIAS & KAGEYAMA, 1991).

Segundo Araújo (1996) a diversidade e a variabilidade genética de espécies vegetais permitem o estabelecimento de estratégias de conservação e manejo das populações naturais de plantas, bem como o estabelecimento de programas de domesticação e melhoramento genético das espécies de interesse econômico.

De Queiroz (2009) ressalta a importância dos estudos genéticos sobre espécies nativas já que se verifica que o processo de degradação ambiental desencadeado pelo modelo agroexportador da soja, em conjunto com a pecuária, exerce uma grande pressão sobre a diversidade biológica do cerrado, colocando em risco a sobrevivência de diversas espécies de sua flora e fauna, já que boa parcela desta biodiversidade é endêmica e dependente da regularidade dos regimes naturais para a sua existência.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

Foram utilizados frutos e sementes originados de plantas de *Acrocomia aculeata* coletadas de 30 árvores de polinização livre em uma população localizada em áreas de preservação ambiental da CESP (Companhia Energética de São Paulo) no antigo canteiro de obras da UHE (Usina Hidroelétrica). Eng. Sergio Motta, na região do município de Rosana – SP no Pontal do Paranapanema, (Figuras 1, 2 e 3). As árvores matrizes desta população foram georreferenciadas. Os frutos foram separados por matrizes e armazenados inicialmente em sacos plásticos para transporte e posteriormente em sacos de papel para absorção da umidade, proteção contra a luz e possíveis patógenos.



Figura 1: Imagem satélite da localização das populações de *Acrocomia aculeata* presentes nas áreas de preservação da CESP no antigo canteiro de obras da UHE. Eng. Sergio Motta, Companhia Energética de São Paulo. (-22° 30.343', -52° 57.014') (pontos de coleta).



Figura 2: População de *Acrocomia aculeata* em área de preservação ambiental da CESP no antigo canteiro de obras da UHE. Eng. Sergio Motta, na região do município de Rosana – SP (pontos de coleta)



Figura 3: Frutos colhidos e separados por progênes em sacos plásticos, devidamente rotulados no Laboratório de genética de populações e silvicultura (FEISUNESP).

4.2. MÉTODOS

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura – LGPS, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE) localizado no *Campus 2* da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEISUNESP). Foram realizadas análises de umidade, carboidratos, amido e proteínas no local. O presente estudo também realizou análises de macronutrientes em parceria com o Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal do mesmo departamento e *campus* e análise de Lipídios em parceria com a Companhia Energética de São Paulo (CESP) e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) onde foram realizadas as análises químicas, e os dados enviados para posterior análise estatística.

4.2.1. Obtenção das amêndoas

A obtenção das sementes (castanhas) dos frutos de *A. aculeata* para o estudo foi feita por meio de método manual com auxílio de um martelo e uma base sólida para apoio, sustentação e absorção de impacto (Figura 4). O resultante foi separado por progênie e armazenado em geladeira para melhor preservação de suas essências e propriedades, acomodados em sacos plásticos lacrados para evitar contaminação.

Em seguida as sementes foram trituradas usando um mixer (ANTHONISEN *et al.*, 2006) e realocadas em seus devidos recipientes de preservação (sacos plásticos com lacre). As amostras não utilizadas foram armazenadas e mantidas em câmara seca até posterior ou possível necessidade de utilização.



Figura 4: Extração da amêndoa com auxílio de martelo e base solida para impacto no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura (FEIS/UNESP).

4.2.2. Análise física de sementes

A análise física das sementes levou em consideração os caracteres físicos: Grau de umidade das sementes (GUM) para obtenção de massa seca de sementes e utilização dos dados óbitos na correção dos cálculos para média dos compostos bioquímicos analisados.

Para o grau de umidade as sementes foram trituradas com a ajuda de um triturador e foram usadas latas em formato cilíndrico para determinar o grau de umidade, a tara das repetições analisadas foi obtida com a pesagem da lata sem amostra e a partir daí foram realizadas pesagens com as sementes, após 24 horas acomodadas em estufa com temperatura média de 105° graus Célsius, foram realizadas 2 repetições por amostra (Figura 5).



Figura 5: Amostras prontas para teste de umidade, mantidas em estufa a $\pm 105^{\circ}\text{C}$ por 24 horas no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura (FEISUNESP).

4.2.3. Análise bioquímica de sementes

Os caracteres bioquímicos de sementes, foram obtidos em mg g^{-1} de sementes, referindo-se aos conteúdos de amido, carboidratos, lipídios, macronutrientes e proteínas, (albuminas, globulinas, glutelinas e prolaminas). As árvores-matrizes foram divididas em 30 progênies e essas, em 4 repetições para cada progênie,

4.2.3.1. Obtenção e determinação de amido

A determinação do amido (Figura 6). Foi feita a partir de procedimento padrão, em que as amostras foram colocadas em banho maria a 37°C durante 15 minutos sob agitação constante. A leitura foi realizada em absorbância no espectrofotômetro a 505 nm, em curva fixa.

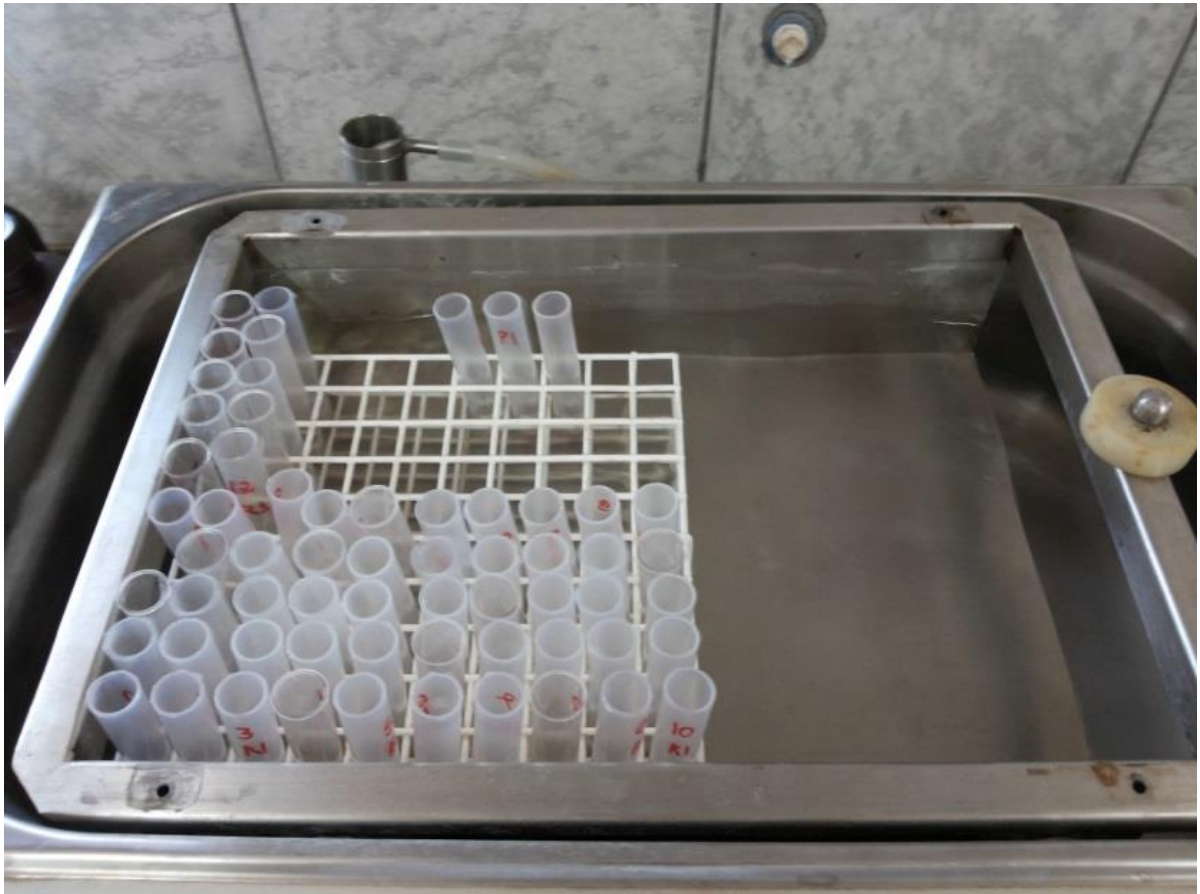


Figura 6: Determinação de Amido em banho-maria no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura (FEISUNESP).

4.2.3.2. Obtenção e determinação de carboidratos

A extração dos carboidratos foi realizada seguindo o procedimento padrão pesando-se 0,5 gramas de sementes. Adicionaram-se 10 ml de Etanol 80% e homogeneizou o material em um triturador de sementes, o material foi centrifugado a 5000 RCF por 10 minutos a 20°C em uma centrífuga refrigerada. A determinação do conteúdo de carboidratos foi realizada pelo método do fenol-sulfúrico de acordo com o método de Dubois *et al.* (1956), utilizando-se uma curva padrão de glicose, sendo as leituras efetuadas em espectrofotômetro a 490 nm.

4.2.3.3. Obtenção e determinação de lipídios

A extração de lipídios foi realizada utilizando o método Soxhlet, com base em procedimentos adaptados das normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (PREGNOLATO, PREGNOLATO, 1985). O preparo inicial da amostra para essa análise consistiu, primeiramente, na remoção das cascas das sementes, deixando-se apenas o endosperma, com posterior secagem para diminuir a porcentagem de umidade (NADARAJAPILLAI, WIJEWANTHA, 1967). Em seguida as amostras foram pesadas, identificadas e seguindo os métodos de Soxhlet conforme dito anteriormente, tiveram o lipídeo extraído, tal procedimento ocorreu nos laboratórios da CESP (Companhia Energética de São Paulo) no município de Rosana, pontal do Paranapanema.

4.2.3.4. Obtenção e determinação de macronutrientes

A avaliação do estado nutricional (teores dos macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S) das sementes das árvores matrizes de *Acrocomia aculeata* foi realizada a partir da metodologia proposta por Malavolta (1997), sendo feita a digestão sulfúrica da amostra (avaliação do N) e digestão nítrico-perclórica (avaliação de P, K, Ca, Mg e S) como retratado pela figura 10. As determinações analíticas foram obtidas pelo método semimicro-Kjeldahl (BREMMER, 1960) (N), calorimetria do metavanadato (P) turbidimetria do sulfato de bário (S), fotometria de chama de emissão (K) e quelatometria do EDTA (Ca e Mg). Os teores dos macronutrientes foram determinados em quatro repetições para as 30 árvores matrizes, com uma observação por parcela.

4.2.3.5. Obtenção e determinação de proteínas

As proteínas de reserva (Figura 12), tais como albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas foram extraídas de acordo com a sua solubilidade pelo método descrito por Sturgis *et al.* (1952), modificado por Garcia-Agustin & Primo-Millo (1989). Alíquotas de cada extrato foram utilizadas nas determinações de proteínas, segundo o método de Lowry *et al.* (1951) de acordo com a sua solubilidade, ou seja, albumina (água), globulina (NaCl), glutelina (NaOH) e prolamina (álcool etílico) e com adaptações, utilizando-se de albumina de soro bovino como padrão. As leituras foram feitas no espectrofotômetro a 660 nm.

4.2.4. Estimativas de parâmetros genéticos e índice de seleção

Os caracteres bioquímicos foram determinados a partir da análise de variância em blocos casualizados, com as 30 famílias (árvores-matrizes) em 4 repetições para cada progênie, tal procedimento foi utilizado para os teores de amido, carboidratos, lipídios, macronutrientes e proteínas.

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas com base no procedimento - REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2007b), seguindo o procedimento proposto por Resende (2002 e 2007a): $y = Xr + Zg + \varepsilon$ em que: y é o vetor de dados; r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), e ε é o vetor de erros (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (Modelo 96).

Foi utilizado o Índice com Base em Soma de Postos (ou *Ranks*), proposto por Mulamba, Mock (1978) descrito por Cruz, Regazzi (2001) e Cruz (2001): $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$; em que: I : valor do índice para determinado indivíduo ou família; r_j : classificação (ou *rank*) de um indivíduo em relação a j-ésima variável; n: número de variáveis consideradas no índice. As estimativas deste índice tiveram por base os programas GENES (CRUZ, 2001) e SELEGEN - REML/BLUP (RESENDE, 2007b).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises estatísticas mostraram que para os teores de amido, a espécie uma média geral de 0,27 mg/g⁻¹ (Tabela 1). O índice LRT analisado foi de 146,8 para os teores de amido apresentando significância a 99% de probabilidade indicando que houve expressão da variabilidade genética entre as árvores matrizes. O coeficiente de variação residual foi de 11,39%, indicando um nível bom de confiabilidade aos dados, a acurácia obteve alta porcentagem com 98,33%, e a herdabilidade média do genótipo foi de 96,69%.

Os teores de carboidrato analisados na população natural de *Acrocomia aculeata* (Tabela 1) apresentaram uma média geral de 10,24 mg g⁻¹. O índice LRT analisado para carboidratos (210,24) apresentou significância a 99% de probabilidade indicando que houve expressão da variabilidade genética entre as árvores matrizes coletadas no experimento. O coeficiente de variação residual foi de 8,09% indicando um nível bom de confiabilidade aos dados proporcionando que este caracter possa ser um indicador para um eventual programa de melhoramento ancorado aos dados de acurácia obtidos (98,51%) e herdabilidade da média do genótipo de 99,25%.

Para os teores de lipídios, a população de *Acrocomia aculeata*, apresentou uma média geral com o valor de 20,23 mg g⁻¹ (tabela 1), O coeficiente de variação relativa foi de 26,5%, o da acurácia, 98,57%, e da herdabilidade média do genótipo de 99,28%, o que, assim como os dados obtidos para carboidratos indicam este caráter como um ponto de partida para um futuro programa de melhoramento, já que o coeficiente de variação relativa é a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, a acurácia em valores elevados por sua vez, indica correlação entre o valor genético verdadeiro do indivíduo e o índice fenotípico utilizado para estimá-lo. O teor de lipídio também expressou variabilidade genética entre as árvores matrizes do experimento o que justifica de primeira instância a instalação de um programa de melhoramento com base na seleção deste caráter que é muito favorável para a obtenção de consideráveis ganhos na seleção.

Além da variabilidade genética, pode-se ressaltar o alto valor de óleo apresentado pelas progênes, comprovando a alta capacidade da espécie como oleaginosa e uma possível fonte de produção, tanto para o uso substancial, como para a produção em larga escala, fato descrito por Fortes, Baugh (1999) que a partir de pirólise dos óleos geraram grande número de

compostos tais como hidrocarbonetos, aldeídos e ácidos carboxílicos, ressaltando assim a sua riqueza e reprodutividade da metodologia para fins energéticos.

Amaral *et al* (2011) também relataram que a análise da composição dos óleos da amêndoa e da polpa da macaúba confirma que a polpa é mais rica em óleos de cadeia longa, predominando o ácido oléico. Porém, a amêndoa é rica em ácido láurico, justificando seu uso como fonte importante para a indústria de cosméticos, demonstrando assim a viabilidade da exploração da macaúba como espécie energética e para fins farmacêuticos e industriais, devido a sua riqueza em ácido láurico na amêndoa.

Machado (2016), também relatou que população estudada mostra uma ampla variabilidade genética para os teores de óleo e produção de frutos demonstrando o potencial de utilização dos materiais existente em programas de melhoramento e conservação genética dessa população no Pontal do Paranapanema.

Para os teores de proteínas, Silva *et al.* (2008b) em suas pesquisas afirmaram que a torta de macaúba é uma torta rica em proteína e por isso é muito valorizada como ingrediente para compor a ração animal. É um concentrado rico em Ômega 3 e Ômega 6, indicado para alimentação de aves, destacando-se por aumentar a produção e tamanho dos ovos.

Silva *et al.* (2008b) concluem assim que a torta da amêndoa se destaca pelo alto valor proteico, podendo ser recomendada para alimentação. As tortas da casca e da polpa se mostraram pobres em proteínas, mas muito ricas em fibras, podendo ser utilizadas na fertilização do solo, bem como insumo calorífico nas caldeiras e fundições.

Tais inferências vêm de encontro com os valores encontrados nas análises feitas no presente estudo, onde para os teores de albumina, foi encontrado uma média de 16,39 mg g⁻¹, para a globulina, 41,82 mg g⁻¹, as gluteninas foram as proteínas com menor valor encontrado, com média de 6,69 mg g⁻¹, finalmente, as prolaminas obtiveram valor de 21,81 mg g⁻¹.

A herdabilidade média do genótipo se manteve elevada entre 0,98 e 0,99 ou 98% e 99% para todos os compostos que constituem as proteínas presentes na semente, assim como a acurácia, demonstrando que os valores fazem parte de uma herança genética ampla, embasando possíveis projetos de melhoramento para a espécie com base nestes compostos. Os coeficientes de variação, se mantiveram em bons níveis, demonstrando assim variabilidade genética e boa viabilidade das amostras e experimentações.

Os dados obtidos para amido, carboidratos, lipídios e proteínas fornecem indícios da capacidade da planta de compor a lista de espécies produtoras de óleo, e também porque não produtos alimentícios, as características obtidas pelos coeficientes de variação genotípica e acurácia, por exemplo, justificam a riqueza da espécie no âmbito genético, podendo então ser promissora no enriquecimento florestal.

A partir destas análises é possível inferir que a população de *A. aculeata* presente no Pontal do Paranapanema, possui uma importante variabilidade genética já que em sua maioria, os caracteres analisados apresentaram grande variação entre as matrizes, o que possibilita o investimento em programas de melhoramento genético e posiciona a macaúba como uma importante espécie da flora brasileira, com diversas utilizações sendo econômicas, ambientais ou alimentícias.

Tabela 1: Estimativa de parâmetros genéticos para os teores de amido, carboidratos, lipídios e proteínas (albumina, globulina, glutelina e prolamina) em sementes de progênies de uma população natural de *Acrocomia aculeata*, provenientes de uma população natural do Pontal do Paranapanema, no município de Rosana – São Paulo.

Parâmetro	Amido (mg g ⁻¹)	Carboidratos (mg g ⁻¹)	Lipídios (mg g ⁻¹)	Albumina (mg g ⁻¹)	Globulina (mg g ⁻¹)	Glutenina (mg g ⁻¹)	Prolamina (mg g ⁻¹)
$\hat{\sigma}_g^2$	0,0074	11,3755	22,9503	10,8611	119,6508	2,9312	26,4574
$\hat{\sigma}_e^2$	0,0010	0,6880	0,0326	0,6178	7,9507	0,0819	1,7836
$\hat{\sigma}_f^2$	0,0084	12,0635	22,9857	11,4789	127,6016	3,0131	28,2410
$\hat{h}_g^2$	0,87 ± 0,24	0,94 ± 0,25	0,99 ± 0,36	0,94 ± 0,25	0,93 ± 0,25	0,97 ± 0,25	0,93 ± 0,39
$\hat{h}_m^2$	0,96	0,98	0,99	0,98	0,98	0,99	0,98
r_{aa}	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
CV_g (%)	30,82	32,93	23,68	20,10	26,15	25,57	23,57
CV_e (%)	11,39	8,09	0,89	4,79	6,74	4,27	6,12
CV_r	2,70	4,06	26,50	4,19	3,87	5,98	3,85
$\hat{m}$	0,27	10,24	20,23	16,40	41,82	6,69	21,81
LRT (χ^2)	146,8*	210,24*	170,06*	215,21*	202,67*	274,02*	76,43*

*significativo a 99 % de probabilidade a 1 grau de liberdade. $\hat{\sigma}_g^2$ variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica individual; $\hat{h}_g^2$ herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média do genótipo, assumindo ausência de perda de parcelas; r_{aa} acurácia da seleção de genótipos, assumindo ausência de perda de parcelas; CV_g coeficiente de variação genotípica; CV_e coeficiente de variação residual; CV_r coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$ média geral; χ^2 qui-quadrado da deviance; LRT: Teste da razão de verossimilhança.

Após análise dos teores de macronutrientes presentes em sementes de *Acrocomia aculeata*, conforme a Tabela 2, foram encontrados os teores médios de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S). O nitrogênio foi o macronutriente de maior presença na semente, com valor médio de 23,6 g kg⁻¹, em contraposição ao cálcio que foi determinado em apenas 1,53 g kg⁻¹, para o fósforo, o valor foi de 6,64 g kg⁻¹, o potássio 3,33 g kg⁻¹, o magnésio 1,80 g kg⁻¹ e o enxofre 1,69 g kg⁻¹.

O coeficiente de variação relativa (CVr) foi de 1,10% para o cálcio, sendo este o menor dentre os demais macronutrientes e de 6,89 para o potássio, que obteve o maior valor e demonstrou ser então uma variável consistente para um programa de melhoramento. O coeficiente de variação genotípica (CVg) ficou entre 11% e 26,61% para os macronutrientes analisados sendo o nitrogênio o de menor variação com 11% e o cálcio o maior com 26,61%. Tais valores demonstram a riqueza gênica da espécie e a grande variação genotípica que pode ocorrer em suas populações.

A herdabilidade média do genótipo ($\hat{h}_m^2$) apresentou valores satisfatórios e próximos ao esperado para a riqueza gênica encontrada na espécie. O potássio mais uma vez apresentou o maior valor dentre todos os compostos, para a variável citada obteve o valor de 0,99 indicando que o mesmo tem sua expressividade garantida essencialmente pelas variações genotípicas. O cálcio por sua vez apresentou valor de 0,82 que embora seja menor também indica forte expressão genotípica.

Os padrões gênicos determinados para a acurácia (r_{aa}) apontaram para valores significantes sendo estimados entre 0,91 a 0,99, atribuídos para o cálcio e o potássio respectivamente, os demais macronutrientes apresentaram valores próximos, sendo 0,94 para o nitrogênio, 0,99 para o fósforo, 0,96 para o magnésio e 0,98 para o enxofre. Tais valores indicam um potencial promissor para a espécie no âmbito do melhoramento vegetal para fins comerciais ou ambientais já que indica que os compostos citados ainda podem ser otimizados se manejados de acordo com este fim. O potássio mais uma vez demonstrou ser o macronutriente de maior viabilidade gênica para fins de melhoramento.

Silva *et al.* (2008a) ao analisarem diversos frutos do cerrado, inferiram que densidade energética da maioria dos frutos foi baixa, à exceção dos frutos com quantidade considerável de macronutrientes, dentre algumas, *Acrocomia aculeata*. Também inferiu que o fruto com

maior concentração de cálcio foi de *Acrocomia aculeata*, e que os frutos do cerrado analisados podem contribuir em proporções consideráveis com a ingestão dietética recomendada, sendo fontes alternativas de nutrientes.

As análises presentes neste trabalho vem de encontro às citadas por Silva *et al.* (2008b) comprovando assim que a *Acrocomia aculeata* pode ser uma importante fonte de nutrientes para diversas utilizações, dentre elas a nutrição animal, humana ou mesmo para adubação do solo, revelando seu papel diversificado na natureza.

A análise dos macronutrientes evidenciou o potencial nutricional da população de *Acrocomia aculeata*, presente no Pontal, demonstrando também ser uma importante vertente para um futuro programa de melhoramento visando trazer a esta espécie uma riqueza ainda maior do que ela já possui. Também evidenciou outras possíveis utilizações da espécie além da sua função ambiental podendo ser utilizada como fonte de nutrientes tanto para nós seres humanos quanto para animais de produção em larga escala, levando-a assim a funções socioeconômicas além das já descritas neste trabalho.

Também no âmbito ambiental a riqueza gênica da população se faz presente, já que as análises indicam uma forte relação e associação genotípica entre seus caracteres, sendo então estes responsáveis pelo sucesso que a planta possui em colonizar e se sobressair á adversidade do ambiente em que se encontra, e promover forte concorrência com outras espécies por novas áreas, um fato que pôde ser facilmente notado na área em estudo onde *A. aculeata* se fez abundantemente presente em toda a paisagem, dominando assim o local e se mostrando assim uma grande competidora.

A importância de demais estudos sobre a população do Pontal se faz essencial para a criação de um portfólio de informações a respeito da espécie e otimização de suas utilizações. A macaúba hoje demonstra estar definitivamente no cenário nacional e mundial de espécies com futuro promissor à espera de mais pesquisas ao seu respeito.

Estes estudos em aliança a outros já realizados podem servir de base para futuras pesquisas sobre o comportamento, produção e parâmetros gênicos da espécie, promovendo mais conhecimento e divulgando uma importante fonte de riqueza que se faz presente em todo o Cerrado brasileiro.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos para os teores de macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em sementes de uma população natural de *Acrocomia aculeata*

Estimativas	Nitrogênio (N) (g kg ⁻¹)	Fósforo (P) (g kg ⁻¹)	Potássio (K) (g kg ⁻¹)	Calcio (Ca) (g kg ⁻¹)	Magnésio (Mg) (g kg ⁻¹)	Enxofre (S) (g kg ⁻¹)
$\hat{\sigma}_g^2$	6,7543	0,8828	0,6051	0,1662	0,0708	0,0555
$\hat{\sigma}_e^2$	3,2074	0,0488	0,0127	0,1365	0,0217	0,0067
$\hat{\sigma}_f^2$	9,9618	0,9317	0,6178	0,3028	0,0926	0,0623
$\hat{h}_g^2$	0,67 ± 0,21	0,94 ± 0,25	0,97 ± 0,25	0,54 ± 0,19	0,76 ± 0,22	0,89 ± 0,24
$\hat{h}_m^2$	0,89	0,98	0,99	0,82	0,92	0,97
r_{aa}	0,94	0,99	0,99	0,91	0,96	0,98
CV_{gi} (%)	11,00	14,13	23,31	26,61	14,77	13,90
CV_e (%)	7,58	3,32	3,38	24,12	8,18	4,84
CV_r	1,45	4,24	6,89	1,10	1,80	2,86
$\hat{m}$	23,60	6,64	3,33	1,53	1,80	1,69
LRT (χ^2)	64,58*	209,9*	287,69*	39,63*	88,26*	150,22*

*significativo a 99 % de probabilidade a 1 grau de liberdade. $\hat{\sigma}_g^2$ variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica individual; Herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais ($\hat{h}_g^2$), herdabilidade média de genótipo ($\hat{h}_m^2$), acurácia ($\hat{r}_{aa}$), coeficiente de variação genotípica ($CV_{gi}\%$), coeficiente de variação experimental ($CV_e\%$), coeficiente de variação relativa (CV_r), média geral ($\hat{m}$) * χ^2 qui-quadrado da deviance; LRT: Teste da razão de verossimilhança.

6. CONCLUSÕES

A população de *Acrocomia aculeata* apresenta variabilidade genética em suas sementes para todos os compostos bioquímicos analisados, que são: amido, carboidratos, lipídios e proteínas (albuminas, globulinas, glutelinas e prolaminas), também apresentou variabilidade para os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) o que indica que a população presente no Pontal do Paranapanema pode subsidiar sua utilização em um programa de melhoramento, tanto para fins econômicos, quanto para fins ambientais, ampliando-se assim a gama de conhecimento e desenvolvendo-se tecnologias para utilização e fomento da espécie em áreas degradadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, L.; MORAES, M.L.T.; RECHIA, C.G.V.; GIORGINI, J.F.; SÁ, M.E.; POLIZELI, M.L.T.M. Biochemical traits useful for the determination of genetic variation in a natural population of *Myracrodrum urundeuva*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.909-916, 2002.

AMARAL, F.P. **físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd Estudo das características. ex Mart]**. Dissertação, Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu. Botucatu, 2007, 66p.

AMARAL F. P.; BROETTO F.; BATISTELLA C. B.; JORGE S. M. A. Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amendoas de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata*] (Jacq) [Lodd. ex Mart] coletada na região de Botucatu, SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 26, n.1, 2011, p.12-20,.

ANDRADE, M.H.C.; VIEIRA, A.S.; AGUIAR, H.F.; CHAVES, J.F.N.; NEVES, R.M.P.S.; MIRANDA, T.L.S.; SALUM, A. Óleo do fruto da palmeira macaúba - parte i: uma aplicação potencial para indústrias de alimentos, fármacos e cosméticos IN: I TECNIQ SEMINÁRIO

SOBRE TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA QUÍMICA, **anais 3º seminário ALBIQUIM de tecnologia**. Rio de Janeiro, 2006, 11p.

ANTHONISEN D. G., SCHIRMER, M., SILVA S. D. A. E.; FREIRE E. C. **Teor de óleo em sementes de mamona de variedades introduzidas na zona sul do Rio Grande do Sul**. In: II Congresso Brasileiro de Mamona, 2006, Sergipe. Resumos... Sergipe, 2006.

ARAÚJO, A. M. Tamanho populacional e tamanho amostral: a minimização dos riscos. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 4, p. 1-5, 1996.

BREMMER J. N. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge 55, pp 11-33. doi:10.1017/S0021859600021572, 1960.

CANUTO D. S O. **Variação genética entre e dentro de populações Naturais de *Dipteryx alata* vog. Por caracteres fisiológicos e Bioquímicos de sementes**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. 2005, 88p.

CHUBA, C.A.M.; ARGANDONA, E.J.S.; HOMEM, G.R.; TOMMASELLI, M.A.G **Modelo de viabilização da produção do consórcio: macaúba (*Acrocomia aculeata*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)** XXX Encontro Nacional de Energia e Produção ENEGEP São Carlos, SP, Brasil, 2010, 11p.

CICONINI, G.; FAVARO, S.P.; ROSCOE, R. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2012 105p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística: versão Windows**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648.p

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed.rev. Viçosa, Editora UFV, 2001. 390p.

DIAS, L.A.S.; KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em espécies arbóreas e consequências para o melhoramento florestal. **Agrotrópica**, Itabuna, v.3, n.3, p.119-127, 1991.

DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A., SMITH, F. **Colorimetric method for determination of sugar and related substances**. Anais. Chem. v.28, 1956, p.350-356.

EMBRAPA. **Agencia de informação Embrapa: Bioma cerrado**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/Abertura.html>> Brasil, Ministério da agricultura, Pecuaria e Abastecimento. 2007.

FORTES I. C. P., BAUGH P. J. Study of Analytical On-line Pyrolysis of Oils from Macauba Fruit (*Acrocomia sclerocarpa* M) via GC/MS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, vol. 10, n.6, 1999, p.469-477.

GARCIA-AGUSTIN P., PRIMO-MILLO E. Ultrastructural and biochemical changes in cotyledon reserve tissues during germination of citrus seeds. **Journal of Experimental Botany, Oxford**, v.40, p.383-90, 1989.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A G.; GAVA, J.L. Reflexo do cultivo mínimo e intenso do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 1-57, 2000.

HIANE, P.A.; BALDASSO, P.A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M.L.R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva **Ciência e Tecnologia**, Campinas, v.26., n.3. p.683-689, 2006.

KURIHARA, D.L.; ENCINAS, J.I.; PAULA, J.E. Levantamento da arborização do campus da universidade de Brasília. **Cerne**, ano 11, nº2, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil, 2005.

LEITÃO, A.C.; SILVA, O.A. Variação sazonal de macronutrientes em uma espécie arbórea de cerrado, na Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro Vol. 55, No. 84, 2004.

LIBERAL, O.H.T.; COELHO, R.C. **Manual do laboratório de análise de sementes**. Niterói: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, 1980. 95p.

LIMA, M.M.; PEDROZO, E.A.; JUNQUEIRA, N.T.V. Análise diagnóstica da filière de biodiesel da macaúba, no Cerrado brasileiro. IN: 9º Simpósio nacional sobre o cerrado, 2º simpósio internacional sobre savanas tropicais, Brasília, 2008.

LORENZI, G.M.A.C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. - **Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006, 172.p.

LORENZI, **Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)** Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA Nova Odessa – SP Brasil 2010.

LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal of Biology and Chemical**, United States, v.193, p.265-275, 1951.

MACHADO C. **Manejo e conservação genética, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. no Pontal do Paranapanema**. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. 2016, 67p

MALAVOLTA, E.; CITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M. D.; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V. D.; SATO, A. Y. Repeatability in biometric characteristics of macaw palm fruit **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.1, p.70-76, 2011.

MANTOVANI, J. E.; PEREIRA, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de Cerrado através de dados TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 1998.

MENDES, J.A. **Distribuição espacial, fenologia e compartimentação de três espécies de *Qualea* (Vochysiaceae) na Reserva Biológica de Mogi-Guaçu - SP**. Tese de Doutorado. Rio Claro, Instituto de Biociências, UNESP, 1996, 201p.

MOOZ, E.D.; CASTELUCCI, A.C.L.; SPOTO, M.H.F. Potencial tecnológico e alimentício de frutos de macaúba *Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, Campo Mourão, v.3, n.2, p.86-89, 2012.

MOTA J.C.; ALMEIDA M.M.; ALENCAR V.C.; CURI W.F. Impactos e benefícios ambientais, econômicos e sociais dos biocombustíveis: uma visão global. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 220-242, set /dez 2009

MOTTA, P.E.F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GOMES, J.B.V. Ocorrência da macaúba em minas gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37 nº7 p. 1023-1031, 2002.

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

NADARAJAPILLAI N., WIJEWANTHA R. T. **Productivity potentials of rubber seed**. Rubber Research Bulletin of Ceylon, Dartonfield, v.2, p.8-17, 1967.

PREGNOLATO W., PREGNOLATO N. P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. v.1, 3 ed. São Paulo: Secretaria Estadual e Saúde, 1985. 533p.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001, 328p.

QUEIROZ, F. A. Impactos de sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do Cerrado. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 1, p. 193-209, 2009.

QUINTANA, L. G., CARVALHO, A. M., COSER, T. R., SOUZA, A. M., MALAQUIAS, J. V., & FERREIRA, E. A. B. **Liberção de nutrientes durante a decomposição de resíduos vegetais de macaúba em áreas com variações de lençol freático**. 8º Congresso internacional de bioenergia São Paulo. 2013.

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

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestal, 2007a. 561 p.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN- REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b.

SARMENTO M. B., VILLELA F. A. Sementes de espécies florestais nativas do sul do Brasil. **Informativo Abrates**, Londrina, v.20, n.1,2 p.39 - 44, 2010.

SILVA, M.R.; LACERDA, D.B.C.L.; SANTOS, G.G.; MARTINS, D.M.O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1790-1793, 2008b

SILVA, N.D., SILVA JÚNIOR, A.G.; PEREZ, R.; ÁVILA, M.B.R. Avaliação da produção agrícola da macaúba. **Bioenergia**, Universidade Federal de Viçosa, 2008a

STURGIS, F. E.; MIEARS, R. J.; WALKER, R. K. Protein in rice as influenced by variety and fertilizer levels. **Louisiana Experimental Station Technical Bulletin**, Louisiana, p.1-466, 1952.

TELES, H. D. F.; PIRES, L. L.; GARCIA, J.; ROSA, J. Q. S.; FARIAS, J. G.; & NAVES, R. V. Ambientes de ocorrência natural de macaúba. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 595-601, 2011

VALE, A.C. **Estudo Laboratorial da Viabilidade do Uso de Fibras de Coco em Misturas Asfálticas do Tipo SMA**. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007 125p.

APENDICE

<u>PROGENIE</u>	<u>GPS</u>
1	303832-7506319
2	303860-7506313
3	303905-7506313
4	303784-7506318
5	303769-7506319
6	303691-7506303
7	303652-7506306
8	303584-7506304
9	303534-7506298
10	303498-7506294
11	303453-7506271
12	303360-7506294
13	303270-7506307
14	300630-7512062
15	300606-7512081
16	300592-7512108
17	300581-7512139
18	300575-7512164
19	300516-7512193
20	300478-7512189

21	300791-7511371
22	300639-7511943
23	300651-7511890
24	300672-7511814
25	300697-7511720
26	300718-7511621
27	300741-7511535
28	300838-7511203
29	300870-7511087
30	300953-7510793