



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

WESLEY MACHADO

**AVALIAÇÃO DE FRUTOS E DESENVOLVIMENTO INICIAL
DE PLANTAS DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata* (Jacq.)
Lodd. ex Mart.)**

Londrina
2014

WESLEY MACHADO

**AVALIAÇÃO DE FRUTOS E DESENVOLVIMENTO INICIAL
DE PLANTAS DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata* (Jacq.)
Lodd. ex Mart.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para à obtenção do título de Mestre em Bioenergia.

Orientador(a): Prof. Dr. Maria de Fátima Guimarães

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M149a Machado, Wesley.
Avaliação de frutos e desenvolvimento inicial de plantas de macaúba
(*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) / Wesley Machado. – Londrina,
2014.
93 f. : il.

Orientador: Maria de Fátima Guimarães.
Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Plantas oleaginosas na produção de biodiesel – Teses. 2. Palmeira – Raízes –
Teses. 3. Cultivos agrícolas energéticos – Teses. 4. Biodiesel – Teses. 5. Macaúba –
Teses. I. Guimarães, Maria de Fátima. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro
de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. III. Universidade
Estadual de Maringá. IV. Universidade Estadual de Ponta Grossa. V. Universidade
Estadual do Centro-Oeste. VI. Universidade do Oeste do Paraná. VII. Universidade
Federal do Paraná. VIII. Título.

CDU 662.755

WESLEY MACHADO

**AVALIAÇÃO DE FRUTOS E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
PLANTAS DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex
Mart.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para à obtenção do título de Mestre em Bioenergia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Maria de Fátima
Guimarães
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Alex Carneiro Leal
Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR

Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenaghi Prete
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 28 de fevereiro de 2014.

DEDICO

Aos meus familiares e amigos que na busca do meu sucesso sempre estiveram ao meu lado apoiando e estendendo a mão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas realizações e oportunidades na minha vida.

Aos meus pais José Marcos e Marlene e o meu irmão Wendell que sempre estavam ao meu lado e me apoiaram nas minhas escolhas e conquistas. Só tenho palavras para descrever tamanha gratidão e dizer muito obrigado por tudo.

À minha orientadora Prof^a Maria de Fátima Guimarães que apesar de não me conhecer, concedeu-me a oportunidade de estar ao seu lado para a realização do meu trabalho e também pela amizade conquistada ao longo destes anos, obrigado por tudo.

À CAPES pela bolsa concedida.

À banca examinadora pela oportunidade e pela disposição em contribuir para o meu crescimento.

Ao Professor Osmar Rodrigues Brito pelos ensinamentos valiosos e pela amizade.

À Gracielle Teodora da Costa que me incentivou e fez do meu sonho uma realização, meus sinceros agradecimentos.

Aos professores da UEL, Amarildo, Lúcia, João Tavares, Maria Balbi, Carmen Guedes, Ivone, e Inês um grande agradecimento pelos conhecimentos e pela grande ajudana realização do meu trabalho.

Aos colaboradores do IAPAR de Londrina e Ibiporã, o meu obrigado pelo carinho e atenção.

Aos amigos que fiz ao longo destes dois anos, aos quais me fizeram rir, chorar, festejar, e olhar a vida com outros olhos e mostrar que tudo pode dar certo basta querer e ir atrás, pois um dia será reconhecido, o meu enorme agradecimento (Gabi, Sid, Rafael, Marcinha, Déborah, Jaqueline, Paulo da Rádio, Mário, Jean, Jenniffer e tantos outros).

Gostaria de agradecer também à algumas pessoas que contribuíram para o desenvolvimento do meu trabalho, principalmente aos estagiários amigos e

os técnicos, Felipe, Victor, Alex, João, Márcio, Leonardo, Marcelo, Davi, José, Geraldo, Massaro, muito obrigado por tudo.

Aos meus familiares de Contagem e Juiz de fora, mesmo estando longe sempre me passaram pensamentos positivos para continuar na busca do meu sonho.

Aos meus amigos de BH, obrigado por estarem ao meu lado, sem vocês seria mais difícil (Karine, Michelle, Amanda, Camila, Thiago e todos os quais não estão descritos aqui).

Aos meus afilhados Júlia, Thiago e Lucas obrigado por estarem comigo nesta jornada.

A HS Jardinagem pelo Terracottem® doado.

Quero agradecer a todos por tudo, mesmo que não estejam citados aqui, sempre serão lembrados com carinho.

E um agradecimento especial àqueles que estão ao lado de Deus olhando por mim, principalmente meu avô José Machado e meu eterno amigo João Paulo Drumond Rosa.

Muito Obrigado.

“Tudo o que empreende, prospera.”

Salmos, 1,4

MACHADO, Wesley. **Avaliação de frutos e desenvolvimento inicial de plantas de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.)**. 2014. 93 f. Dissertação de Mestrado em Bioenergia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira promissora para a produção de biodiesel e coprodutos. O estudo desta palmeira vem crescendo, principalmente em relação ao seu desenvolvimento e avaliação dos aspectos do fruto. Os objetivos deste trabalho foram: (A) avaliar a composição mineral e centesimal, a biometria, a germinação e a composição físico-química do óleo da amêndoa de frutos de dois ecotipos de macaúba; (B) avaliar o efeito do uso de um condicionador de solo no desenvolvimento de mudas de macaúba e nos atributos dos solos; (C) avaliar o desenvolvimento radicular da *Acrocomia aculeata* ecotipo *sclerocarpa* em dois solos. No artigo A foram comparados frutos de dois ecotipos de macaúba, *sclerocarpa* e *totali*, efetuando-se análise mineral (N, K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn), e, centesimal: matéria seca e mineral, cinzas, proteína bruta, lipídios, fibra, carboidratos e umidade; avaliou-se também massa do endocarpo, amêndoa, mesocarpo, epicarpo e fruto, diâmetro longitudinal do fruto e da amêndoa, espessura do endocarpo e volume do fruto. Utilizou-se o Progibb® (0; 50; 100 e 200 mg L⁻¹) nas temperaturas 25°C e 35°C para avaliar a germinação. Analisou-se o óleo da amêndoa quanto ao índice de acidez e iodo, saponificação e umidade. Foram avaliados no artigo B o uso do Terracottem® em dois solos (arenoso e argiloso) nas concentrações: testemunha, 3 kg m⁻³, 6 kg m⁻³, adubação química (sulfato de amônio=1,0; superfosfato simples=8,0 e cloreto de potássio=0,3 kg m⁻³) e a combinação entre ambos. Avaliou-se os teores de Ca, Mg, K, P, Cu, Fe, Zn, Mn na folha e solo, matéria orgânica e carbono da biomassa microbiana do solo além dos teores foliares de N, e, empregaram-se contrastes para a comparação de médias. Avaliou-se altura, número de folhas, diâmetro, índice de área foliar, massa seca da parte aérea e raiz. No artigo C avaliou-se o sistema radicular da macaúba através do programa Safira®, em um solo argiloso e um arenoso. As variáveis avaliadas foram volume, área, diâmetro e comprimento a cada 90 dias. Também foi aferida a parte aérea da planta a cada 30 dias, em altura, diâmetro e número de folhas, até 360 dias. O artigo A, as médias das avaliações minerais, centesimais, biométricas e do óleo da amêndoa do ecotipo *sclerocarpa* foram superiores aos da *totali*. As médias de germinação não foram altas, mas o uso do Progibb® foi eficiente na temperatura de 35°C para o ecotipo *totali*, o nível de sementes contaminadas e não germinadas foram elevados para ambos ecotipos. Para a maioria dos contrastes realizados no artigo B, não se observou diferenças significativas, mas nota-se um aumento nas médias dos tratamentos. A adubação química sobressaiu-se em algumas médias dos teores de nutrientes tanto no solo quanto na folha e nas avaliações fitotécnicas. No artigo C, o desenvolvimento do sistema radicular no solo argiloso foi superior ao arenoso, e a parte aérea sobressaiu-se no solo arenoso.

Palavras-chave: Palmeira. Condicionador de solo. *Sclerocarpa*. *Totali*. Raiz.

MACHADO, Wesley. **Evaluation of fruits and initial development of plants of macaw palm (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.)**. 2014. 93 p. Dissertação de Mestrado– Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

The macaw palm (*Acrocomia aculeata*) is a promising palm for biodiesel and co-products. The study of this palm has been growing, especially in relation to its development and evaluation of aspects of the fruit. The objectives of this study were: (A) evaluate the mineral and chemical composition, biometrics, germination and physico-chemical composition of the oil of kernel fruits from two ecotypes of macaw; (B) evaluate the development of macaw palm in two soils, clayey and sandy, using a conditioner and its effect on some soil properties; (C) evaluating root development *Acrocomia aculeata sclerocarpa* ecotype in two soils. In article A, the fruits from two ecotypes of macaw *sclerocarpa* and *totali* were compared, making up mineral analysis (N, K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn), and proximate dry and mineral matter, ash, crude protein, lipids, fiber, carbohydrates and moisture, also evaluated the mass cored kernel mesocarp, epicarp and fruit, longitudinal diameter of the fruit and kernel, endocarp thickness and volume of the fruit. We used the PROGIBB® (0, 50, 100 and 200 mg L⁻¹) at 25°C and 35°C to assess the germination. We analyzed the kernel oil as the acid value and iodine, saponification and humidity. In Article B, using Terracottem® in two soils (sandy and clay) concentrations were evaluated in control (0.0 kg m⁻³), TC3 (3 kg m⁻³), TC6 (6 kg m⁻³), chemical fertilizer, AQ (ammonium sulfate=1.0, superphosphate=8.0 and potassium chloride=0.3 kg m⁻³) and the combination of TC6+AQ. O N (leaf), K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn (leaf and soil), OM and microbial biomass C were analyzed, and contrasts were employed to compare the means. We evaluated height, number of leaves, diameter, leaf area index, dry weight of shoot and root. In Article C evaluated the root system macaw palm by Safira® program in a clayey and sandy soil. The variables evaluated were volume, area, diameter and length every 90 days. Was also measured aerial part of the plant every 30 days, height, diameter and number of leaves, up to 360 days. Article A, the mean reviews mineral, proximate, biometric and kernel oil *sclerocarpa* ecotype were higher than *totali*. Germination did not obtain high average, but the use of PROGIBB® was effective at 35°C for *totali* ecotype, the level of contaminated seeds were germinated and not high for both ecotypes. For most contrast performed on the article, no significant differences were observed, but we note an increase in treatment means. The chemical fertilization excelled in some averages of the nutrient levels in the soil and in leaf and in phytotechnical reviews. In Article C, the development of the root system in clay soil was higher than sandy, now, the shoot has excelled in the sandy soil.

Key-words: Palm. Soil conditioner. *Sclerocarpa*. *Totali*. Root.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 5.1** – Altura, número de folhas (NF) e diâmetro do coleto para mudas de macaúba, durante um período de 360 dias, em um Latossolo Vermelho distroférico (arenoso). As barras representam o desvio padrão das médias.79
- Figura 5.2** – Altura, número de folhas (NF) e diâmetro do coleto para mudas de macaúba, durante um período de 360 dias, em um Latossolo Vermelho distroférico (arenoso). As barras representam o desvio padrão das médias.80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Composição de frutos de <i>Acrocomia</i> (g 100 g ⁻¹)	23
Tabela 2	–	Composições em ácidos graxos (%), de macaúba conforme o tecido analisado	23
Tabela 3	–	Rendimento de biodiesel de cada espécie (L ha ⁻¹)	24
Tabela 3.1	–	Composição mineral da amêndoa e polpa de dois ecotipos, <i>sclerocarpa</i> e <i>totali</i> , de macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)	35
Tabela 3.2	–	Médias de composição centesimal em % de dois ecotipos, <i>sclerocarpa</i> e <i>totali</i> , de macaúba	37
Tabela 3.3	–	Resultados médios de 20 frutos para dois ecotipos de macaúba, <i>sclerocarpa</i> (Minas Gerais) e <i>totali</i> (Paraná).....	40
Tabela 3.4	–	Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da <i>A. aculeata</i> ecotipo <i>sclerocarpa</i> na temperatura de 25°C	43
Tabela 3.5	–	Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da <i>A. aculeata</i> ecotipo <i>totali</i> na temperatura de 25°C	43
Tabela 3.6	–	Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da <i>A. aculeata</i> ecotipo <i>sclerocarpa</i> na temperatura de 35°C	45
Tabela 3.7	–	Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da <i>A. aculeata</i> ecotipo <i>totali</i> na temperatura de 35°C	45
Tabela 3.8	–	Características físico-químicas do óleo da amêndoa de dois ecotipos, <i>sclerocarpa</i> e <i>totali</i> , de macaúba	47
Tabela 4.1	–	Resultados das análises químicas e granulométricas inicial dos solos utilizados no experimento	53
Tabela 4.2	–	Descrição dos tratamentos testados nos dois solos avaliados	53
Tabela 4.3	–	Teores de nutrientes do condicionador de solo Terracottem® utilizado no experimento. (dados expressos em %).....	55
Tabela 4.4	–	Valores médios para teores de nutrientes e os valores de <i>p</i> dos contrastes não ortogonais para cálcio, magnésio, fósforo, potássio e matéria orgânica do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico	57

Tabela 4.5 – Valores médios para os teores de nutrientes e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cálcio, magnésio, fósforo, potássio, e matéria orgânica do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico	58
Tabela 4.6 – Valores médios dos teores de nutrientes e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês, densidade de partículas e biomassa microbiana de C do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico.....	60
Tabela 4.7 – Valores médios dos teores de nutrientes e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês, densidade de partículas e biomassa microbiana de C do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico	61
Tabela 4.8 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico	64
Tabela 4.9 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico.....	65
Tabela 4.10 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico	66

Tabela 4.11 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico	66
Tabela 4.12 – Médias de altura, número de folhas (NF), diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF) e matéria seca de raiz (MSR) de plantas de macaúba em função dos tratamentos testados em Latossolo Vermelho eutroférico (argiloso)	67
Tabela 4.13 – Médias de altura, número de folhas (NF), diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF) e matéria seca de raiz (MSR) de plantas de macaúba em função dos tratamentos testados em Latossolo Vermelho distroférico (arenoso).....	68
Tabela 4.14 – Valores médios para altura a cada 30 dias após a instalação do experimento para a macaúba em um Latossolo Vermelho eutroférico	68
Tabela 4.15 – Valores médios para altura a cada 30 dias após a instalação do experimento para a macaúba em um Latossolo Vermelho distroférico	68
Tabela 5.1 – Caracterização inicial dos solos utilizados no experimento.....	75
Tabela 5.2 – Desenvolvimento radicular da macaúba, em vasos, em um Latossolo Vermelho eutroférico	78
Tabela 5.3 – Desenvolvimento radicular da macaúba, em vasos, em um Latossolo Vermelho distroférico.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CETEC	Centro Tecnológico de Minas Gerais
EDTA	Ácido Etilenodiaminotetra acético sal dissódico
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
LVd	Latossolo Vermelho distroférico
LVef	Latossolo Vermelho eutroférico
SB	Soma de bases
SMP	Shoemaker, Mac lean e Pratt
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
TFSE	Terra fina seca em estufa
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	MACAÚBA	18
2.2	FRUTOS DA MACAÚBA.....	22
2.3	TERRACOTTEM.....	24
3	ARTIGO A: AVALIAÇÃO DOS FRUTOS DE DOIS ECOTIPOS (<i>totali e sclerocarpa</i>) DE MACAÚBA (<i>Acrocomia aculeata</i>)	28
3.1	RESUMO	28
3.2	ABSTRACT	29
3.3	INTRODUÇÃO.....	30
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.4.1	Análises Minerais.....	31
3.4.2	Análises Centesimais.....	32
3.4.3	Análises Biométricas.....	32
3.4.4	Teste de Germinação	33
3.4.5	Análise do Óleo da Amêndoa	34
3.4.6	Análise Estatística.....	34
3.5	RESULTADO E DISCUSSÃO	34
3.5.1	Composição Mineral	34
3.5.2	Composição Centesimal	36
3.5.3	Avaliação Biométrica	39
3.5.4	Avaliação da Germinação.....	41
3.5.5	Características Físico-Químicas do Óleo da Amêndoa	45
3.6	CONCLUSÃO	47
4	ARTIGO A: CONDICIONADOR DE SOLO E O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE MACAÚBA (<i>Acrocomia aculeata</i>)	49
4.1	RESUMO	49
4.2	ABSTRACT	50
4.3	INTRODUÇÃO.....	51

4	MATERIAL E MÉTODOS.....	52
4.4.1	Análises de Solos	53
4.4.2	Análises do Condicionador de Solo	54
4.4.3	Análises de Plantas	55
4.5	RESULTADO E DISCUSSÃO	56
4.5.1	Avaliação do Solo	56
4.5.2	Teores foliares de nutrientes.....	62
4.5.3	Avaliações Fitotécnicas	67
4.6	CONCLUSÃO	71
5	ARTIGO C: DESENVOLVIMENTO RADICULAR DE MACAÚBA (<i>Acrocomia aculeata</i>) EM DOIS SOLOS	72
5.1	RESUMO	72
5.2	ABSTRACT	73
5.3	INTRODUÇÃO.....	74
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	75
5.5	RESULTADO E DISCUSSÃO	76
5.6	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com a preservação ambiental, principalmente com as emissões de gases de efeito estufa e conseqüentemente a emissão de CO₂, tem motivado redefinir a estrutura da cadeia do petróleo buscando reduzir essas emissões. No Brasil, dados referentes a 2008, a produção de petróleo é de 96,3 milhões tep, sendo responsável pela emissão de 15,4 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera, e isso tende se agravar levando-se em conta o aumento do consumo de petróleo e de seus derivados (MENDES; FILHO, 2012).

Para que estas emissões diminuam, governos e entidades afins estão incentivando a inserção de novas fontes, ditas limpas, em suas matrizes energéticas e de combustíveis, sendo uma destas os biocombustíveis, principalmente os produzidos por plantas oleaginosas.

A Agência Nacional de Petróleo e Biocombustível (2012) cita que, no Brasil, são usados dois tipos de biocombustíveis o etanol e o biodiesel. O biodiesel hoje está inserido na cadeia do diesel com a obrigação de utilização de 5%, de acordo com a ANP (2012). A produção de biodiesel se dá por meio da transesterificação de óleos vegetais ou gordura de animais, sendo que a soja contempla quase todo o mercado de biodiesel do país com 82,2% (EPE, 2011). Assim, a utilização de plantas com alto teor de óleo, como dendê, pinhão manso, mamona, amendoim, dentre outras, ganham cada vez mais destaque no cenário agrícola. E, uma destas plantas com grande potencial para a produção de óleo para o biodiesel e para substituição da soja é a macaúba, pois além de produzir alto teor de óleo, não concorre com a alimentação humana.

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) é uma palmeira da família das Arecaceae (Palmae), planta nativa de florestas tropicais e das savanas. A frutificação ocorre o ano todo, e os frutos amadurecem de setembro a janeiro. O fruto possui epicarpo, a camada mais externa e quebradiça; mesocarpo carnoso, fibroso e rico em glicerídeos; endocarpo, com parede enegrecida e enrijecida; e, a amêndoa, oleaginosa e comestível (LORENZI, 1996). Sua ocorrência está concentrada em Minas Gerais, mas há relatos de macaúba desde o sul (norte e noroeste do Paraná) até o nordeste (Ceará) do Brasil, e também em alguns países da América do Sul e Central. Ocorrem três ecotipos distintos segundo as regiões,

totali, *sclerocarpa* e *intumescens*, com características diferentes, principalmente de frutos (MOTOIKE et al., 2013).

Atualmente a produção de óleo de macaúba está em torno de 1,8 t a 4,9 t ha⁻¹ podendo chegar a 6,2 t ha⁻¹. Essa projeção foi baseada em extrapolações feitas por Embrapa Agroenergia (2008), levando-se em conta apenas populações e não cultivos de larga escala. O potencial do fruto é enorme, pois se utiliza praticamente todo ele. Além do óleo para biodiesel e outros fins, o fruto possui algumas utilidades, a torta para alimentação animal e o carvão produzido a partir do endocarpo com alto poder calorífico.

Os estudos sobre a macaúba estão concentrados na extração e qualidade do óleo, existindo poucos trabalhos sobre seu desenvolvimento agrônômico e variedades existentes, ou seja: produção, desenvolvimento nos diferentes solos, tratos culturais, diferenças entre essas variedades, especialmente na composição de todo o fruto. Assim, esses estudos devem levar em consideração, principalmente os solos com seus parâmetros químicos, físicos e biológicos e o uso de fertilizantes, bem como condicionadores de solo que influenciam no desenvolvimento da planta e na qualidade e produção dessas plantas.

O uso de fertilizantes formulados e condicionadores concentram nutrientes e/ou algum produto adicional, que promovem um desenvolvimento adequado da planta disponibilizando elementos químicos. O Terracottem® pode ser considerado um destes fertilizantes que contem estes produtos. Segundo o fabricante, este composto é uma mistura de 23 substâncias de diferentes grupos: polímeros hidroabsorventes que liberam água aos poucos, macro e micronutrientes, estimuladores de crescimento que promovem o aumento da biomassa e por último lava vulcânica que é um veículo que distribui homogeneamente todos os componentes (TERRACOTTEM, 1997). O fabricante recomenda o produto para aumentar a produção de frutos e para melhorar a qualidade do óleo.

Contudo, por ser uma cultura ainda pouco conhecida agronomicamente, deve-se incentivar pesquisas que possam elucidar as questões básicas de produção da planta, com preocupação ambiental, econômica e social, para que possa atender o mercado das diferentes regiões, e fazer da macaúba uma fonte viável para produção de óleo e outros coprodutos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MACAÚBA

A palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart) vem se destacando atualmente no cenário brasileiro como uma fonte primária para a produção de biodiesel. A macaúba é comumente chamada de macaúva, coco de catarro, bocaiúva, bocaiuvera, coco de espinho, coco baboso, macaíba, entre outros nomes regionais (LORENZI et al., 1996). O nome *Acrocomia* deriva do grego que significa coroa de folhas, sendo que a denominação macaúba deriva do nome indígena “mbocayá” que designa fruto que se quebra estalando (NOVAES, 1952).

Pertence a família Arecaceae (Palmae) e sua taxonomia está descrita abaixo de acordo com a categorização em Angiosperm Phylogeny Group II 2003 (LORENZI; NEGRELLE, 2006)

Angiospermae

Monocotyledonae

Commelinidae

Arecales Bromhead (1840)

Areceae Schultz-Schultzenstei (1832) nom. cons.

Acrocomia Mart 1824

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart

A *Acrocomia* é uma palmeira nativa das florestas tropicais e savanas, com três variedades ou ecotipos descritos: *totali*, *sclerocarpa* e *intumescens*, diferindo entre si, pelo tamanho do fruto e formato do estipe, sendo a *totali* praticamente lisa com espinhos na inserção da folha; a *intumescens* também chamada de barriguda e a *sclerocarpa* com formato de escamas ao longo do estipe (MANFIO, 2010). Seu estipe pode atingir entre 10 a 15 metros de altura. O estipe e folhas são cobertas de espinhos com cerca de 10 cm de comprimento. No estipe, a região do nó apresenta espinhos. As bases foliares são persistentes e as folhas são dispostas em várias direções, são verdes, a copa tem aspecto plumoso, são pinadas variando de 4 a 5 metros podendo chegar a 9 metros de comprimento e com aproximadamente 130 folíolos. A produção de folhas novas e a senescência das folhas velhas ocorre o ano todo em qualquer estação o que garante um crescimento contínuo (LORENZI, 1992).

Sua inflorescência é em forma de espádice, de cor amarelada, com 50 a 80 cm de comprimento, pendente e com a proteção de uma espata recoberta de acúleos, e para a produção da inflorescência é necessário que a planta tenha no mínimo 1,5 m de altura entre o solo e a inserção da inflorescência (SCARIOT, 1987). As flores femininas nascem na base da inflorescência e as masculinas na parte superior, são flores de coloração amarelo-claro, unissexuais.

A propagação da macaúba antes era exclusivamente por sementes, ou nem se tinha material germinado, devido ao seu baixo poder germinativo e também as características próprias das sementes das palmeiras, pois necessitam da quebra de dormência para germinarem (MEERAW, 1991). As sementes eram germinadas através do cultivo *in vitro*, até que Motoike et al. (2007) alcançou a superação da dormência das sementes (INPI 014070005335), elevando a germinação em 80% em 28 dias o que antes era feito em um ano e com apenas 3% de germinação. No cultivo *in vitro*, Tabai (1992), relatou que era necessário trabalhar com este tipo de propagação pela via da embriogênese somática, mas que era necessário mais estudos sobre tal assunto.

As plantas germinadas são conduzidas em viveiros com sombrite de 50%, sendo que, para que sejam transportadas as sementes germinadas devem seguir um padrão: lígula intumescida com primórdio plumular não visível; lígula intumescida com primórdio plumular visível e lígula visível, e irrigadas por microaspersão (BICALHO et al., 2011). Durante dois meses, ficam na fase de pré-viveiro em tubetes com substrato comercial, macro e micronutrientes. Souza et al. (2010) utilizaram diferentes substratos e relataram que não houve diferença entre alguns substratos e que as reservas das sementes são suficientes para manter a planta durante os dois meses. Após a fase de pré-viveiro as plantas são conduzidas para um viveiro e são transplantadas para sacolas de polietileno, utilizando como substrato areia, terra e matéria orgânica, onde ficam durante 6 – 8 meses com um total de 97% de sobrevivência (MOTOIKE et al., 2007).

Em relação a solos e adubações, trabalhos demonstram que a preferência da macaúba é por solos férteis e bem drenados (MOTTA et al., 2002). Segundo Leite et al. (2010) a macaúba não afeta os atributos químicos ou biológicos e que mantêm os teores de nutrientes em níveis considerados bons, isto para áreas de cerrado no estado do Maranhão, e que um consórcio de pastagem e macaúba aumentou o teor de fertilidade e os estoques de matéria orgânica.

As recomendações feitas no boletim técnico da empresa Acrotech®, mostram as adubações realizadas no substrato, onde se usa calcário dolomítico, superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio, além de adubação de cobertura que se inicia após 60 dias do transplante para o viveiro usando uréia, cloreto de potássio e sulfato de magnésio (MOTOIKE et al., 2010). Barleto (2011) descreve que a disponibilidade de nutrientes no solo não é um fator determinante, mas que os diferentes níveis nutricionais respondem possivelmente a fatores internos da semente.

Scariot, Lleras e Hay. (1995) demonstraram que a macaúba possui uma ampla distribuição geográfica na América tropical e subtropical, ou seja, do sul do México e Antilhas até o sul do Brasil, passando por Paraguai e Argentina (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995). Autores ainda relatam grandes concentrações da palmeira no Paraguai, Argentina, Bolívia, sul do Brasil, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais (MARKLEY, 1956; WONDECK; JUSTO, 1988) e Ceará (SCARIOT; LLERAS; HAY, 1995).

Teles et al. (2011) verificaram a ocorrência desta espécie de palmeira no estado de Goiás, nas regiões que compreende o centro e o sul do estado e foram detectados que a permanência das plantas se deu em altitudes entre 600 a 800 m, com temperaturas mínimas de 20,5°C e máxima de 29,7°C e um elevado índice de precipitação de 1300 a 1700 mm. Também foi observado que em solos poucos intemperizados, ricos em minerais obteve-se um maior número de plantas.

Lorenzi et al. (2011) buscaram avaliar a prospecção da cadeia de todos os produtos da macaúba no estado de Minas Gerais, avaliando o cenário produtivo, como áreas de extrativismo, sendo que estas áreas não são plantios comerciais e que correspondem apenas a locais de alta incidência natural de plantas. Motta et al. (2002) relataram que a *Acrocomia aculeata* acompanha áreas onde a fertilidade do solo possui características adequadas e com vegetação primitiva associada a pastagens naturais, com boa precipitação e uma temperatura média anual de 15°C a 31°C.

Aquino et al. (2008) estudando a incidência da macaúba no bioma Cerrado, relataram que sua distribuição foi levantada em apenas 53 localidades das 376 e citam que esta distribuição se deve em decorrência da associação com

fisionomias mais fechadas como o Cerrado denso e o Cerradão. Estes estudos apontam o desenvolvimento da macaúba no País.

Aos poucos, estudos em relação à economia, mercado e desenvolvimento dos produtos e coprodutos da macaúba vão se aprimorando para que possam atender a demanda. Em Minas Gerais, Lorenzi et al. (2011) coletaram dados sobre o valor de venda dos produtos que a macaúba pode oferecer ao produtor rural, e constataram que o óleo da amêndoa possui um valor de R\$ 10,00 /L, óleo de polpa R\$ 5,00 /L, além disso se pode extrair o endocarpo, torta de polpa, torta de amêndoa, sabão amarelo, sabão de óleo de amêndoa, detergente, sabão em pasta. Entretanto, Lorenzi et al. (2011) estimaram-se que a partir do 11º ano há um lucro líquido de R\$ 2.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ e uma produção de 25,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ de óleo com um investimento inicial de R\$ 3.700,00 ha⁻¹.

Estudos agrônomicos em relação à produção da macaúba, principalmente no que diz respeito a solos, adubação, propagação, tratos culturais entre outros aspectos estão sendo pesquisados de forma que possam atender as necessidades das plantas e as exigências do mercado. O dendê (*Elaeis guineensis*) por exemplo, é uma excelente cultura para a extração do óleo que é realizada por meio de métodos mecânicos, da simples prensagem ou do esmagamento dos fruto. Os cachos vazios, ricos em potássio, podem ser usados em adubação orgânica de lavouras de subsistência. Da polpa, sobra uma fibra que pode servir para alimentar as caldeiras à vapor ou aproveitada ainda como adubo. Com as sementes, depois de retirado o óleo de palmiste, é feita a torta de palmiste, que tem teor de proteína de 15%, podendo ser utilizada na alimentação animal. A casca, com alto poder calorífico, pode ser comercializada e empregada como combustível, no revestimento de estradas ou como matéria-prima em usinas de carvão. Entretanto, o dendê possui características semelhantes à macaúba, tendo apenas uma maior quantidade de óleo em sua composição. Porém a macaúba pode ser instalada numa maior quantidade de plantas por hectare, num total de 400 plantas, e pode-se fazer o cultivo de outras plantas nas suas entre-linhas devido ao seu crescimento e desenvolvimento que não fecha toda a linha de plantio (PIMENTEL et al., 2011; VIANA et al., 2011).

2.2 FRUTOS DA MACAÚBA

Os frutos possuem uma aparência globosa, ligeiramente achatados, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm, sendo que o epicarpo rompe-se facilmente quando maduro e variando de cor do castanho-amarelado ao castanho-escuro. Seu mesocarpo é carnoso fibroso com 5-6 mm de espessura, mucilaginoso, com sabor adocicado, rico em glicerídeos, de coloração amarelo esbranquiçado. Fortemente aderido ao mesocarpo, o endocarpo possui uma parede enrijecida e enegrecida, que recobre a amêndoa, esta por sua vez é oleaginosa, comestível, envolta com uma camada fina de tegumento, sendo que cada fruto geralmente possui uma semente. (BONDAR, 1964; HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995; LORENZI et al., 1996; LORENZI; NEGRELLE, 2006; LORENZI, 2006).

A frutificação ocorre durante todo ano, porém os frutos amadurecem no período entre setembro e janeiro no bioma Cerrado, e a sua floração se inicia com o término do período seco (SCARIOT; LLERAS; HAY, 1991; 1995). Em condições naturais, as sementes podem germinar entre um a dois anos. Se submetidas a processos germinativos como escarificação e temperatura controlada, podem germinar num período de 4 a 6 meses ou até menos (MOTOIKE et al., 2007, INPI 014070005335). A germinação da *A. aculeata* ocorre depois da quebra da dormência, pois a principal forma de propagação se dá através de sementes. Geralmente as sementes da família Arecaceae possuem mananos que fornecem uma dureza típica na parede celular dificultando a germinação (BICALHO, 2011).

Praticamente todo o fruto da macaúba é aproveitado para vários fins como: para alimentação, sorvetes, licores, óleo de cozinha, hidratante e principalmente na geração de biodiesel; a semente é usada como alimento, extração de óleo utilizando-se em cosmético e biodiesel (LORENZI, 2006), produção de carvão de alta densidade (endocarpo) além da grande importância ecológica da espécie.

Alguns autores relatam a composição dos frutos de macaúba, mas como existe uma amplitude de ocorrência e três variedades da espécie (MANFIO et al., 2011), ocorrendo uma faixa grande de variação, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Composição de frutos de *Acrocomia* (g 100 g⁻¹).

Variável	Faixa	Média	Desvio
Peso do fruto (g)	21,2 – 44,0	30,1	5,8
Casca	18,8 – 33,2	26,1	3,6
Polpa	12,1 – 42,9	46,3	5,5
Endocarpo	33,2 – 64,9	46,3	5,5
Amêndoa	4,5 – 11,0	7,4	1,7
Óleo da polpa	30,0 – 77,7	65,6	9,0
Óleo da amêndoa	35,4 – 69,4	47,9	5,6
Umidade	33,0 – 36,5	34,73	1,4

Fonte: CETEC, 1983; Adaptado por Amaral, 2007

Szpiz et al. (1989) relatam que a *Acrocomia* fornece economicamente dois tipos de óleo, o da polpa, a parte amarelada e fibrosa, também chamada de mesocarpo e o óleo da amêndoa. Na tabela 2 são apresentados as composições químicas dos ácidos graxos dos óleos de macaúba.

Tabela 2 – Composições em ácidos graxos (%), de macaúba conforme o tecido analisado.

Ácidos Graxos	Composição em Ácidos Graxos livres (%)		
	Macaúba (Frutos)		
	Casca	Polpa	Amêndoa
Ácido Caprílico	-	-	6,2
Ácido Cáprico	-	-	5,3
Ácido Láurico	-	-	43,6
Ácido Mirístico	-	-	8,5
Ácido Palmítico	24,6	18,7	5,3
Ácido Palmitoleico	6,2	4,0	-
Ácido Esteárico	5,1	2,8	2,4
Ácido Oléico	51,5	53,4	25,5
Ácido Linoleico	11,3	17,7	3,3
Ácido Linolênico	1,3	1,5	-
Ácidos Saturados	29,7	21,5	71,2
Ácidos Insaturados	70,3	78,5	28,8

Fonte: Adaptado de Cetec (1983)

Atualmente a macaúba ocupa o segundo lugar em potencial de produção de óleo, comparado com outras culturas, sendo apenas superado pelo

dendê. Segundo Astúrias (2004) observa-se na tabela 3 o potencial da macaúba para a produção de biodiesel, baseado na produtividade.

Tabela 3 – Rendimento de biodiesel de cada espécie (L ha⁻¹.dia⁻¹).

Espécie	Litros	Ciclo (dias)
Soja (<i>Glycine Max</i>)	420	120
Arroz (<i>Oriza sativa</i>)	770	120
Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	890	120
Amendoim (<i>Arachis hipogaea</i>)	990	120
Mamona (<i>Ricinus communis</i>)	1320	240
Pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i>)	1590	365
Abacate (<i>Persea americana</i>)	2460	365
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	2510	365
Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)	4200	365
Dendê (<i>Elaeis guineensis</i>)	5550	365

Fonte: Adaptado de ASTÚRIAS (2004)

Devido a sua ampla ocorrência, a macaúba pode ser uma fonte alternativa de produção de óleo e coprodutos, juntamente com programas sociais governamentais, na busca de uma alternativa de renda, alimentação, aumento da produção de biodiesel, e conseqüentemente na diminuição da degradação ambiental.

2.3 TERRACOTTEM

Tentando diminuir o processo de desertificação na região de Sohél, África, o Dr. Willem Van Cotthem e sua equipe, da Universidade de Ghent na Bélgica, buscaram fontes que poderiam diminuir tal processo e que pudessem aumentar o crescimento e o aparecimento de plantas nativas. Tais fontes pesquisadas foram os polímeros hidroabsorventes, mas relataram que se juntassem com fertilizantes e estimuladores de crescimento poderiam obter valores que atendessem as expectativas, de forma que teriam um composto de condicionamento de solo. (TERRACOTTEM, 1997).

De acordo com as características químicas do condicionador de solo Terracottem®, a tendência é que o atributo químico do solo aumente gradativamente com o passar do tempo com o uso dos hidroabsorventes e que esses produtos

umentem o pH. Entretanto não se sabe ao certo qual seria a quantidade de unidades de pH que o produto poderia alcançar. Contudo o aumento de pH pode ser considerado devido à alta disponibilidade de água no solo. Segundo as informações do fabricante o Terracottem® possui 23 elementos em sua composição, que são liberados para o solo e disponíveis para a planta. Contudo esses elementos ficam dispostos no solo por até 10 anos (TERRACOTTEM, 1997).

Segundo Bulíř (2005) o Terracottem® é uma mistura de polímeros hidroabsorventes sintéticos e naturais em torno de 39,5%, fertilizantes minerais e orgânicos com 10,5%, entre esses podemos citar N- 5,9%, P₂O₅- 0,9%, K₂O- 3,9% e microelementos como B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, ativadores de crescimento de raiz 0,25% e rocha vulcânica com 49,75%. Bulíř (2005) em seu trabalho com *Fraxinus excelsior* L. constatou um crescimento positivo no diâmetro desta planta a partir do 2º ano do trabalho e que para esta espécie o tratamento com Terracottem® não demonstrou resultado significativo e que uma dose eficiente depende do caráter do solo.

Os polímeros hidroabsorventes formam géis que adsorvem água, mantendo-a durante um longo período de tempo de modo disponível para a planta. Os fertilizantes minerais do condicionador de solo entram rapidamente na solução do solo, e suas partes são mantidas nos géis formados. Por sua vez, estes fertilizantes são de liberação lenta, que permite um transporte de longo prazo de nutrientes para os polímeros, proporcionando os elementos necessários para as raízes e a adição de elementos que faltam ou estão em pequena quantidade no solo. A contribuição dos fertilizantes orgânicos para o desenvolvimento da pedoflora e pedofauna, são fatores positivos no condicionamento do solo. Os estimuladores desenvolvem um fator importante na produção de reguladores de crescimento, resultando em um desenvolvimento rápido de raízes. Portanto, em um curto período de tempo, parte do volume do solo é ocupado pelo sistema radicular (VAN COTTHEM et al., 1991).

Quando se usa um condicionador de solo, pode se dizer que, melhora a estabilidade estrutural, que é explicado pela ação de agentes de ligação que unem as partículas do solo (TISDALL; OADES, 1982), a partir disto, os condicionadores de solo associados com a mucilagem das raízes ou os agentes agregantes através da atividade microbiológica, ajudam na melhoria e na retenção de água no solo (TROUT; SOJKA; LENTS, 1995; LENTS; SOJKA; CARTER, 1996; BEN-HUR; KEREN, 1997; SOJKA; SURAPANENI, 2000).

Entre os condicionadores de solo, os hidrogéis e polímeros sintéticos - , chamados assim pela sua capacidade em absorver água - permitem estabelecer plantas em zonas áridas e semi-áridas, cuja água é um dos principais fatores limitantes para a produção agrícola (EL SAYED; KIRKWOOD; GRAHAM, 1991; JOHNSON; PIPER, 1997; AKTER et al., 2004).

Henderson e Hensley (1986) afirmam que, quando há adição de condicionadores ao solo ou no substrato, ocorre a contribuição no processo germinativo das sementes, desenvolvimento de raízes, crescimento de plantas, diminuição das perdas de água por percolação através da irrigação, melhora a aeração e reduz as perdas dos nutrientes pelo processo de lixiviação no solo.

Danneels e Van Cotthem (1994) observaram em plantas de pimentão, feijão e milho, ganhos significativos na biomassa e um aumento na eficiência na utilização da água, quando foram cultivadas em uma mistura de areia e doses crescentes do condicionador. Bernardi, Lucena Tavares e Angelune Shmitz (2005) utilizaram um polímero hidroabsorvente e testaram diferentes frequências de irrigação na produção do meloeiro, e verificaram que a faixa de 5 a 6 g kg⁻¹ de solo é a dose ideal do polímero e que esta concentração possibilitou um intervalo de um dia entre as irrigações.

Balena (1999), trabalhando com um latossolo vermelho escuro e areia marinha, verificou que quando adicionou concentrações crescentes do Terracottem®, houve um aumento progressivo na capacidade de armazenamento de água em ambos substratos. Daneels (1993) constatou que aplicando 6 kg m⁻³ do polímero condicionador Terracottem® aumentou em duas vezes a biomassa foliar nas culturas olerícolas, enunciando efeitos positivos na produção de alface, cenoura e pimentão verde.

Avaliando o efeito deste condicionador em substratos de sementeiras e viveiros hortícolas, Rodriguez e Garcia (1998) observaram nas espécies de tomate, pimentão e melão, que o uso do Terracottem® resultou em um maior desenvolvimento da planta, expresso pelo comprimento e diâmetro de colo da plântula não promovendo estiolamento, conteúdo de biomassa total e foliar significativamente superior, folhas mais compactas e densas, com maior resistência ao estresse de transplante, exceto para o meloeiro. Em experimentos com melancia, Rodriguez e Garcia (1997) constataram superioridade nas plantas cultivadas em

substratos que receberam o polímero condicionador nos parâmetros relacionados à qualidade da planta, eficiência no uso da água e eficiência fotossintética.

Desta forma, com o uso dos condicionadores ocorre uma melhoria na zona dos sistemas radiculares, e pode ser uma alternativa de recuperação de ambientes, além de trazer a tona a discussão sobre a questão ambiental e os processos de desertificação. Considerando o fato de que os condicionadores de solo são relativamente novos e caros, deve-se antes testá-los em nossas condições e verificar seus efeitos declarados pelo fabricante e sua eficiência antes de sua aplicação geral.

3 ARTIGO A: AVALIAÇÃO DOS FRUTOS DE DOIS ECOTIPOS (*totali* E *sclerocarpa*) DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*)

3.1 RESUMO

Os frutos da macaúba (*A. aculeata*) apresentam um grande potencial para a produção de óleo, superado apenas pelo dendê (*Elaeis guineensis*). O uso do óleo para a utilização em biodiesel está em fase de estudos, mas também pode ser utilizado na alimentação humana e animal sendo uma excelente fonte nutricional. Na natureza, existem vários ecotipos de macaúba que necessitam de avaliações para verificação de seu potencial. Neste trabalho objetivou-se avaliar a composição mineral e centesimal, a biometria, a germinação e a composição físico-química do óleo da amêndoa de frutos de dois ecotipos de macaúba. As análises minerais constaram da avaliação de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, ZN, e Mn. As análises centesimais de: umidade, matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, lipídios, matéria mineral, cinzas e carboidratos. A biometria constou de: massa do endocarpo, amêndoa, mesocarpo, epicarpo e do fruto, diâmetro longitudinal do fruto e da amêndoa, espessura do endocarpo e volume do fruto. Utilizou-se o Progibb® (0; 50; 100 e 200 mg L⁻¹) nas temperaturas 25°C e 35°C para avaliar a germinação. Analisou-se o óleo da amêndoa quanto ao índice de acidez e iodo, saponificação e umidade. Para as avaliações minerais, centesimais, biométricas e do óleo da amêndoa, as médias do ecotipo *sclerocarpa* foram superiores aos da *totali*. Nas avaliações biométricas, as porcentagens de cada parte do fruto do ecotipo *totali* obtiveram maiores valores em comparação com a *sclerocarpa*, mesmo tendo suas médias inferiores. O lote de sementes não apresentou médias altas, mas o uso do Progibb® foi eficiente na temperatura de 35°C para o ecotipo *totali*, o nível de sementes contaminadas e não germinadas foram elevados para os dois ecotipos avaliados.

3.2 ABSTRACT

The fruits of macaw palm (*A. aculeata*) show great potential for the production of oil, surpassed only by oil palm (*Elaeis guineensis*). The use of the fruit for the production of oil for use in biodiesel is under study, but can also be used in food and feed is an excellent nutritional source. In nature, there are several ecotypes macaw palm needing reviews for verification of their potential. This work aimed to evaluate the mineral and chemical composition, biometrics, germination and physic-chemical composition of the oil of almond fruits from two ecotypes of macaw palm. Mineral analyzes consisted of the evaluation of N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, and Mn. The proximate analyzes: moisture, dry matter, crude protein, crude fiber, lipids, ash, ash and carbohydrates. The biometrics: the endocarp mass almond mesocarp, epicarp and fruit longitudinal diameter of the fruit and almond, endocarp thickness and volume of the fruit. We used the PROGIBB® (0, 50, 100 and 200 mg L⁻¹) at 25 °C and 35 °C to assess the germination. We analyzed the almond oil as the acid value and iodine, saponification and humidity. For mineral, proximate, biometric and almond oil reviews, means of *sclerocarpa* ecotype were higher than *totali*. In biometric evaluations, the percentages of each part of the fruit of the *totali* ecotype had higher values compared to *sclerocarpa*, even though their lower averages. Germination did not obtain high average, but the use of PROGIBB® was effective at 35 °C for *totali* ecotype, the levels of contaminated seeds were germinated and not high for the two ecotypes evaluated.

3.3 INTRODUÇÃO

No Brasil existem inúmeras espécies de plantas nativas com grande potencial para a produção de óleo. Neste contexto, se destaca a palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.). Esta planta ocorre naturalmente em todo o território brasileiro, com maior concentração no bioma Cerrado (BONDAR, 1964; MOTTA et al., 2002). Seu fruto possui elevado teor de óleo e os coprodutos do processamento podem ser utilizados como energia ou na alimentação animal, similarmente ao dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) (CLEMENT; LLERAS PÉREZ; LEEUWEN, 2005).

A qualidade e o rendimento dos materiais vegetais passíveis de serem utilizados como fonte energética podem ser avaliados pela sua composição química, centesimal e biométrica (SANJINEZ-ARGANDOÑA; CHUBA, 2011). Estes indicadores podem ser empregados no direcionamento dos produtos e coprodutos do processamento de acordo com seu melhor uso (energético, alimentício, etc). A polpa da macaúba pode ser utilizada na fabricação de alimento e fortificantes e seu óleo, além do uso na fabricação de biodiesel, também possui ação anti-inflamatória. A amêndoa tem potencial de uso na alimentação humana e animal e o óleo tem inúmeras aplicações industriais, como bioquerosene, na fabricação de sabões e cosméticos, dentre outros (SILVA, 2009).

Entretanto, os materiais silvestres de macaúba apresentam grande variabilidade e precisam ser avaliados quanto ao seu potencial energético e germinativo. Logo, a avaliação de frutos de diferentes regiões é fundamental para garantir a obtenção de óleo e coprodutos de melhor qualidade (MANFIO et al., 2011). A biometria do fruto juntamente com suas características físico-químicas fornecem informações para detectar a variabilidade genética de populações de uma mesma espécie e suas relações com fatores ambientais. O estudo centesimal é importante para evidenciar os rendimentos do produto em questão e estimar seu potencial de uso energético ou como fonte de alimento.

A germinação das sementes da macaúba ainda é baixa no meio natural e a quebra de dormência da maioria das palmeiras permite elevadas taxas germinativas quando comparadas com o ambiente natural (MEEROW, 1991). Mas, recentemente, uma técnica desenvolvida pela UFV (MOTOIKE et al., 2007) diminui o tempo e aumenta a taxa de germinação que antes era de 3 a 5%, passando para 80

a 90%. A combinação de quebra de dormência, assepsia, temperatura adequada e reguladores de crescimento são os pontos fundamentais dessa técnica para o sucesso do processo de germinação. Contudo, mais estudos precisam ser desenvolvidos, principalmente na redução de custos e uso de produtos mais acessíveis para os produtores.

O objetivo do trabalho foi avaliar a composição mineral e centesimal, a biometria, a germinação e a composição físico-química do óleo da amêndoa de frutos de dois ecotipos de macaúba.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de Nutrição Vegetal, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Estadual de Londrina (UEL). Os frutos foram coletados em dois locais, Contagem-MG (*A. aculeata* ecotipo *sclerocarpa*) e Umuarama-PR (*A. aculeata* ecotipo *totali*).

3.4.1 Análises Minerais

As análises minerais foram realizadas seguindo a metodologia descrita por Myazawa et al. (2009). Os tecidos vegetais de polpa e amêndoa foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 60°C até peso constante, triturados em liquidificador, passados em peneira de 20 mesh, e armazenados em frascos de vidro com tampa até o preparo das análises.

Foram transferidas 500 mg da amostra, em triplicata, para tubo digestor, em seguida adicionou-se 7ml de ácido nitroperclórico, colocando em bloco digestor até a formação de vapor branco. Após este procedimento, completou-se o volume até 50 ml com água deionizada para a realização das análises de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn. Para P utilizou-se espectrofotometria com azul-de-molibdênio a 660 nm. O K foi analisado por fotometria de chama, e Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, e Mn pela espectrofotometria de absorção atômica.

Para análise de N, 100 mg da amostra foram colocadas em tubo digestor, e adicionado 1g da mistura de sais de $K_2SO_4 + CuSO_4$ e 3 ml de H_2SO_4 98% além de 1 ml de H_2O_2 30%, então foram colocadas em bloco digestor até 350°C até

o aparecimento de coloração esverdeada viscosa. Em triplicata, as amostras foram levadas para o destilador (Kjeldahl) e tituladas com H_2SO_4 0,05 mol.

3.4.2 Análises Centesimais

As análises centesimais foram realizadas no Laboratório de Análises de Nutrição Animal, CCA, UEL, em duplicatas e em base seca (utilizando-se 50 g de amostra fresca), seguindo a metodologia descrita por Nogueira (2005). A matéria seca definitiva foi determinada pela diferença de pesagens entre a amostra seca ao ar (ASA) (diferença entre amostra fresca e seca em estufa 65°C) e a amostra seca em estufa a 105°C (ASE), e o resultado dividido por 100. Para a determinação de cinzas, 2 g da amostra seca em estufa a 105°C foi calcinada em forno do tipo mufla, e o resultado obtido por diferença entre a massa do cadinho vazio e o cadinho com a amostra antes e depois da calcinação. A determinação de proteína bruta foi realizada em amostra de 0,1 g da matéria seca e pelo método de Kjeldahl de destilação e titulação do N e o valor encontrado foi multiplicado pelo fator 6,25. Para análise do extrato etéreo foi utilizado o éter de petróleo usando o extrator Soxhlet, onde 5 g da amostra foram colocadas no extrator e determinada a massa do óleo após o procedimento, por diferença de massa entre o balão vazio e com o extrato. Para a determinação de fibra utilizou-se uma amostra de 1 g da amostra onde se realizou digestão ácida e básica por 30 min, depois da digestão calculou-se o teor de fibra pela diferença de pesagem da amostra antes e depois do processo. A matéria mineral foi igual ao que sobrou da fibra após passar pela mufla. A determinação de carboidratos foi obtida pela seguinte equação $100 \text{ g} - (\text{umidade} + \text{proteína} + \text{cinza} + \text{extrato etéreo})$, em g.

3.4.3 Análises Biométricas

Para determinação dos parâmetros biométricos utilizou-se 20 frutos de cada ecotipo, avaliando-se: massa (g) e espessura (cm) do endocarpo; massa (g) e diâmetro (cm) da amêndoa; massa (g), diâmetro (cm) e volume (ml) do fruto; massa (g) do epicarpo e do mesocarpo. O diâmetro externo longitudinal dos frutos (DLF) e das amêndoas (DLA) foi obtido com o auxílio de um paquímetro manual (Vernier Caliper). As massas foram medidas individualmente em uma balança

analítica de precisão (Marte AY220), enquanto a massa do mesocarpo (MM) foi calculada através da diferença da massa do fruto (MF) pelo somatório das demais massas - amêndoa (MA), endocarpo (MD) e epicarpo (MP). O volume total (VT) foi determinado em proveta graduada, e o valor foi obtido pela diferença do volume inicial e final. A espessura do endocarpo (EE) foi medida na parte média, com o auxílio de um paquímetro manual.

3.4.4 Teste de Germinação

O teste de germinação foi realizado no Laboratório de Sementes, CCA, UEL, utilizando-se como base a patente desenvolvida por Motoike et al. (2007) (PI0703180-7), modificada conforme descrito a seguir. As sementes foram desinfestadas: inicialmente com álcool etílico absoluto P.A. durante 10 minutos (uma vez); e, posteriormente, com hipoclorito de sódio 2,5% por 15 minutos (por cinco vezes), com agitação constante em agitador orbital do tipo horizontal. Após cada desinfestação realizou-se três lavagens com água destilada. Para a embebição das sementes utilizou-se peróxido de hidrogênio nas concentrações 0,03; 0,1; 0,17; 0,24; 0,31 e 0,3% substituída diariamente, progressivamente, totalizando 6 dias. Depois deste procedimento realizou-se nova desinfestação com peróxido de hidrogênio 3% por 10 minutos e três lavagens com hipoclorito de sódio 2,5%, e após, as sementes foram enxaguadas por 3 vezes com água destilada.

Procedeu-se, então, com o auxílio de uma lupa estereoscópica e uma lâmina de bisturi, a retirada da região do opérculo da amêndoa, expondo parte do embrião. Após esta exposição imergiu-se as sementes em Progibb® em diferentes concentrações (0; 50; 100; 200 mg L⁻¹), por 48 horas, na temperatura de 27°C. Ao fim das 48 horas as sementes foram levadas para câmara de germinação mantendo-a com 90% de umidade, e em duas temperaturas (25 e 35°C) durante 28 dias. Para cada tratamento, foram utilizados quatro repetições com 20 sementes para cada ecotipo. Então, procedeu-se a contagem das sementes germinadas, contaminadas e não germinadas.

3.4.5 Análises do Óleo da Amêndoa

A análise do óleo da amêndoa foi realizada no Laboratório de Ressonância Paramagnética Eletrônica, Centro de Ciências Exatas (CCE), UEL. O óleo foi obtido por extração mecânica utilizando-se uma prensa hidráulica (modelo NowaK 12t bancada). Utilizou-se 8 g de óleo, em duplicata, para cada parâmetro avaliado: **acidez**, onde a amostra de óleo foi dissolvida em um solvente (combinação entre água deionizada, propan – 2 – ol e tolueno) e titulou-se potenciométricamente com hidróxido de potássio alcoólico (ASTM D664 - 11a) utilizando-se eletrodo de vidro; **índice de iodo**, o conteúdo de óleo foi titulado com tiosulfato de sódio (ASTM D5554 - 95); **saponificação**, onde o excesso de álcali formado foi titulado com ácido padrão (ácido clorídrico 0,5 mol l⁻¹) e calculado o número de saponificação (ASTM D94 - 07); **umidade**, determinada através da titulação de Karl Fischer e da estequiometria da reação entre água e iodo (ASTM 6304 - 07).

3.4.6 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5%, utilizando o programa Sisvar® (FERREIRA, 2008). Determinou-se o percentual de sementes germinadas e comparou as médias através da meta-análise de várias proporções a 5% de probabilidade, empregando o programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007).

3.5 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.5.1 Composição Mineral

A composição mineral da amêndoa e da polpa de dois ecotipos de macaúba está descrito na tabela 3.1. Verificaram-se diferenças significativas para todos os nutrientes avaliados na amêndoa exceto para nitrogênio e fósforo. Para a polpa a composição mineral só apresentou significância entre os ecotipos para nitrogênio, potássio e manganês.

Tabela 3.1 – Composição mineral da amêndoa e polpa de dois ecotipos de macaúba, *sclerocarpa* e *totali* (*Acrocomia aculeata*).

Elementos	Composição Mineral			
	Amêndoa		Polpa	
	<i>sclerocarpa</i>	<i>totali</i>	<i>sclerocarpa</i>	<i>totali</i>
Nitrogênio	4,22±0,47 a	3,61±1,06 a	1,30±0,10 a	0,73±0,03 b
Fósforo	0,59±0,09 a	0,64±0,01 a	3,58±0,37 a	4,18±0,09 a
Potássio	14,55±0,28 a	9,25±0,02 b	3,95±0,00 b	5,44±0,49 a
Cálcio	0,42±0,12 b	0,81±0,10 a	0,55±0,11 a	0,45±0,12 a
Magnésio	1,73±0,09 a	1,42±0,06 b	2,21±0,16 a	2,35±0,09 a
Cobre	7,10±0,55 a	2,50±0,10 b	5,05±0,00 a	4,66±0,12 a
Ferro	18,73±1,95 b	54,67±9,77 a	40,70±14,50 a	55,23±2,55 a
Manganês	2,13±0,66 b	5,76±0,86 a	38,16±0,85 a	27,46±2,80 b
Zinco	10,13±1,11 a	8,06±0,40 b	27,33±1,93 a	28,53±1,20 a

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha e para cada parte do fruto não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (±) desvio padrão. N, P, K, Ca, Mg em g kg⁻¹. Zn, Fe, Mn, Cu em mg kg⁻¹.

Os maiores valores médios para o nitrogênio, potássio, magnésio, cobre e zinco foram encontrados na amêndoa do ecotipo *sclerocarpa* e para fósforo, cálcio, ferro e manganês no ecotipo *totali*. Crepaldi et al. (2001) estudando o licuri observaram médias de nitrogênio menores que as encontradas neste trabalho, com valores inferiores a 2,2 g kg⁻¹. Os teores de nitrogênio na amêndoa são elevados em comparação com resultados da literatura obtidos para outras palmeiras da região amazônica e de outros biomas, de 0,2 a 1,2 g kg⁻¹ (BECKERMAN, 1977; AGUIAR et al., 1980)

O potássio atingiu média de 14,55 g kg⁻¹ na amêndoa do ecotipo *sclerocarpa*, 35% superior que a *totali*. Hiane et al. (2006) observaram valores de 3,77 g kg⁻¹ de K na amêndoa, três a cinco vezes menores que o encontrado neste trabalho. Para o cálcio, ferro e manganês o ecotipo *totali* obteve valores de médias superiores, com destaque para o ferro e o manganês, que alcançaram valores de 54,67 e 5,76 g kg⁻¹, 66 e 63% maior que a *sclerocarpa*. Outro destaque é o cobre no ecotipo *sclerocarpa* que obteve valor superior em 65% do teor encontrado na *totali*. A amêndoa é um excelente tecido de reserva mineral, pois o embrião utiliza os nutrientes para seu crescimento, até a formação de folhas definitivas.

Não houve diferença significativa para a maioria das variáveis avaliadas na polpa, exceto para nitrogênio, potássio e manganês (tabela 3.1). O

nitrogênio foi superior no ecotipo *sclerocarpa* com $1,30 \text{ g kg}^{-1}$ de média. Porém, menor que o encontrado na amêndoa, chegando a 70% menos. O potássio atingiu uma média de $5,44 \text{ g kg}^{-1}$ no ecotipo *totali* e foi 32% maior que o outro ecotipo. Ramos et al. (2008) encontraram valores semelhantes para potássio e cálcio na polpa ($7,66$ e $0,61 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente).

Os valores dos micronutrientes na polpa foram superiores aos encontrados na amêndoa para ambos os ecotipos. O teor de manganês na polpa, por exemplo, foi 80% (*sclerocarpa*) e 95% (*totali*) maior que os da amêndoa. Os teores de fósforo na polpa superaram os da amêndoa atingindo 85% a mais deste nutriente. Marin, Siqueira e Arruda (2009), não conseguiram detectar teores de fósforo na polpa da macaúba, porém Ramos et al. (2008) obtiveram valores de fósforo na polpa menores, de apenas $0,36 \text{ g kg}^{-1}$, do que os apresentados neste trabalho. Pesquisando a polpa do dendê, Kok et al. (2011) verificaram teores baixos em relação aos da macaúba de cálcio ($2,17 \text{ g kg}^{-1}$), magnésio ($3,06 \text{ g kg}^{-1}$), potássio ($6,93 \text{ g kg}^{-1}$), fósforo ($6,52 \text{ g kg}^{-1}$), cobre (18 mg kg^{-1}), ferro (52 mg kg^{-1}), zinco (36 mg kg^{-1}) e manganês (82 mg kg^{-1}), porém para P, K, Fe, Zn e Mn obtiveram valores semelhantes, variando pouco em relação aos dois ecotipos estudados neste estudo.

Os teores nutricionais encontrados nos frutos da macaúba, evidenciam esta palmeira como rica fonte de elementos para suprir a quantidade de ácidos graxos, uma vez que os elementos químicos fazem parte da cadeia de carbono e, conseqüentemente na qualidade do óleo e dos biocombustíveis produzidos.

3.5.2 Composição Centesimal

Na tabela 3.2 pode-se observar a composição centesimal da amêndoa e da polpa para os dois ecotipos de macaúba. A matéria seca, lipídios, carboidratos e umidade obtiveram diferença significativa na amêndoa. Na polpa, as diferenças significativas foram para matéria seca, cinzas, fibra bruta e umidade.

No ecotipo *sclerocarpa*, tanto na amêndoa quanto na polpa, encontraram-se as maiores médias, para todas as variáveis estudadas.

Tabela 3.2 – Médias de composição centesimal em % de dois ecotipos, *sclerocarpa* e *totali*, de macaúba.

	Composição centesimal (%)			
	Amêndoa		Polpa	
	<i>sclerocarpa</i>	<i>totali</i>	<i>sclerocarpa</i>	<i>totali</i>
Matéria seca	89,92±0,05 a	83,11±0,18 b	44,17±0,28 a	42,65±0,27 b
Cinzas	1,54±0,14 a	1,29± 0,16 a	3,22±0,16 a	2,03±0,26 b
Proteína Bruta	6,70±0,28 a	5,66±0,06 a	1,20±0,80 a	1,15±0,65 a
Lipídios	55,42±0,58 a	47,76±0,26 b	32,76±0,87 a	32,05±1,73 a
Fibra Bruta	64,63±0,39 a	62,79±1,32 a	57,87±2,92 a	51,70±4,31 b
Matéria Mineral	0,63±0,08 a	0,39±0,08 a	0,76±0,08 a	0,66±0,09 a
Carboidratos	40,61±0,72 a	33,40±0,50 b	18,19±0,75 a	18,10±1,78 a
Umidade	4,42±0,00 a	3,18±0,00 b	45,86±0,00 a	45,42±0,00 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha e por ecotipo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na amêndoa, a matéria seca é muito superior que na polpa, chegando a duas vezes mais, mas verificando a umidade encontrada na polpa esse valor chega a ser dez vezes mais elevado que na amêndoa. Os valores encontrados para a avaliação centesimal do ecotipo *sclerocarpa* conferem com o encontrado por Dessimoni-Pinto et al. (2010), apenas a proteína bruta teve seu valor mais baixo neste trabalho do que o observado pelos autores (12,28%). Os compostos centesimais podem ser influenciados por alguns fatores, como maturação, espécie, região, armazenamento entre outros.

Comparando os teores de proteína bruta encontrados na amêndoa e na polpa, o ecotipo *sclerocarpa* sobressaiu-se em relação à *totali*. Na polpa, este teor de proteína foi 82% menor que na amêndoa. No licuri, Crepaldi et al. (2001) verificaram o dobro dos teores de proteína. Os valores de proteína na polpa são semelhantes aos de Hiane, Penteadó e Badolato (1990), com 1,97%. Em plantas ricas em óleo, geralmente, as proteínas apresentam-se em maiores concentrações no endosperma, uma vez que, funcionam como enzimas, componentes estruturais e materiais de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A alta umidade da polpa está dentro da amplitude encontrada por Ciconini et al. (2010) que trabalhando com polpa de macaúba coletadas no Mato Grosso do Sul, encontrou valores entre 24 e 55%. Hiane, Penteadó e Badolato. (1990), Ramos et al. (2008), Sanjinez-Argandoña e Chuba (2011) também

observaram valores semelhantes para a umidade na polpa em relação a este trabalho. Os teores de água na amêndoa de 4,42% e 3,18% (tabela 3.2) são menores do que os encontrados por Dissimoni-Pinto et al. (2010) (12,08%) e Hiane et al. (2006) (8,20%) e próximos aos obtidos por Coimbra e Jorge (2011b) (4,97%). O grau de maturação dos frutos interfere na quantidade de água encontrada na polpa e na amêndoa. Os valores elevados de umidade na polpa interferem na quantidade de nutrientes encontrados, pois diminuem a concentração existente.

Os lipídios são partes fundamentais para a produção de biodiesel e para outros fins, sendo a macaúba uma excelente fonte lipídica. Neste trabalho foram obtidos valores elevados de lipídios, tanto na amêndoa quanto na polpa, para ambos ecotipos e, na amêndoa o teor de lipídios foi significativamente maior no ecotipo *sclerocarpa* em relação à total. Na polpa, ambos ecotipos mostraram-se semelhantes nos valores de óleo. Veridiano (2012) encontrou 25,8% de lipídios na torta de polpa, 20% menor do que os encontrados neste trabalho. Ciconini et al. (2010) observou grande variabilidade no teor de óleo das plantas avaliadas no estado de MS, entre 7 e 32%, também menores do que os observados neste estudo. Coimbra e Jorge (2011a) observaram valores de óleo de 28% na polpa e 46% na amêndoa, sendo esses frutos coletados no estado de SP, similares aos teores de lipídios encontrados neste trabalho. Bora et al. (2003) trabalhando com dendê, encontraram 73% de óleo na polpa e 32,6% na amêndoa. Estes resultados demonstram o potencial da macaúba na produção de óleo, como também relatado em Astúrias (2004) e de acordo com os resultados observados na tabela 3.2. A variação de teores de óleo obtidos para diferentes ecotipos de macaúba mostra a importância da avaliação de populações e indivíduos, de modo a identificar plantas de qualidade superior. O teor lipídico pode variar em função das características genéticas e em função do meio ambiente. O grau de maturação do fruto também interfere na composição do teor de óleo.

Os carboidratos na amêndoa foram duas vezes maiores que na polpa, com diferença significativa entre os ecotipos para este atributo somente na amêndoa. No butiá, Faria et al. (2008) encontraram valores de carboidratos 10,8% menores do que os frutos da macaúba estudados. Hiane, Penteado e Badolato (1990) observaram teores de 30,68% na polpa de macaúba, estando dentro da amplitude observada neste trabalho. As cinzas tiveram valores superiores na polpa em relação à amêndoa, mas, não apresentaram diferença entre os ecotipos. Na fibra

bruta verificam-se valores superiores na amêndoa para o ecotipo *sclerocarpa*, mas foi na polpa que se obteve diferença significativa entre os ecotipos. A matéria mineral foi semelhante em ambos ecotipos, exceto na amêndoa do ecotipo *totali* que apresentou metade dos teores encontrados no *sclerocarpa* (0,39%) (tabela 3.2).

3.5.3 Avaliação Biométrica

Quando se avaliou a biometria dos frutos da macaúba houve diferença significativa para todas as variáveis (tabela 3.3), com maiores valores para o ecotipo *sclerocarpa*. Avaliando dois dos ecotipos de *A. aculeata*, pode-se notar a sua diversidade, quanto ao tamanho, diâmetro e massa dos frutos, contudo, isto não interferiu na qualidade e quantidade mineral e centesimal, como pode ser visto nas tabelas 3.1 e 3.2.

Sempre levando em conta a massa total do fruto, o ecotipo *sclerocarpa* obteve maior massa do endocarpo (MD) que o *totali*. Contudo, quando se verifica a porcentagem da MD em relação à massa do fruto, há uma representatividade de 16% da *sclerocarpa* e 21% da *totali*. Ciconini (2011) e Ramos et al. (2008) trabalhando com frutos coletados no Mato Grosso do Sul, observaram valores menores de MD (6,76 g), entretanto, na proporção do fruto a porcentagem chegou a 26% e 30%, respectivamente, valores maiores que os encontrados mas próximos do ecotipo *totali*.

Tabela 3.3 – Resultados médios de 20 frutos para dois ecotipos de macaúba, *sclerocarpa* (Minas Gerais) e *totali* (Paraná).

Característica biométrica	<i>Sclerocarpa</i>	<i>totali</i>
MD (g)	10,48 ± 0,74 a	4,05 ± 0,40 b
MA (g)	2,09 ± 0,19 a	1,37 ± 0,18 b
MM (g)	31,05 ± 6,22 a	10,49 ± 3,01 b
MP (g)	23,14 ± 2,13 a	3,76 1,04 b
MF (g)	66,76 ± 5,41 a	19,67 ± 3,19 b
DLF (cm)	5,03 ± 0,13 a	3,42 ± 0,15 b
DLA (cm)	2,03 ± 0,08 a	1,53 ± 0,10 b
EE (cm)	0,55 ± 0,07 a	0,38 ± 0,04 b
VT (ml)	61,50 ± 5,87 a	19,00 ± 4,47 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ± desvio padrão. MD, massa do endocarpo. MA, massa da amêndoa. MM, massa do mesocarpo. MP, massa do epicarpo. MF, massa do fruto. DLF, diâmetro longitudinal do fruto. DLA, diâmetro longitudinal da amêndoa. EE, espessura do endocarpo. VT, volume do fruto.

Levando em conta a massa total do fruto, a amêndoa representa 3% do ecotipo *sclerocarpa* e 7% da *totali*. A massa da amêndoa é maior no ecotipo *sclerocarpa* com 2,09 g, diferindo significativamente do outro ecotipo. Ramos et al. (2008) observaram um valor baixo da massa da amêndoa em comparação com o estudado (0,83 g) e que representa 3% da massa total do fruto, corroborando com o encontrado. Dessimoni-Pinto et al. (2010) encontraram valores semelhantes ao deste trabalho, com 2,15 g de MA.

A massa da polpa (MM) representa a maior porcentagem da massa do fruto, em ambos ecotipos, ficando entre 47% e 53%, sendo mais da metade composta por água. Apesar de possuir a maior MM, o ecotipo *sclerocarpa* tem o menor percentual em relação ao fruto com 47% (31,05 g) (tabela 3.3). A quantidade de polpa encontrada no ecotipo *sclerocarpa* é três vezes maior que a *totali*, devido ao fato do fruto ser maior. Sanjinez-Argandoña e Chuba (2011) avaliando progênies de Dourados-MS e Presidente Epitácio-SP, verificaram massas inferiores a este trabalho, com 8,98 g e 7,90 g, respectivamente, e 41% de representatividade em relação à massa do fruto. Os valores encontrados por Ciconini et al. (2013) corroboram com os encontrados neste trabalho, os autores avaliaram a biometria de frutos de macaúba de várias localidades e constataram uma variação entre 44% a 51%.

O epicarpo é uma fina casca que recobre o mesocarpo, que quando imaturo é fortemente aderida à polpa. O epicarpo representa 34% (*sclerocarpa*) e 19% (*totali*) do fruto, a média encontrada no ecotipo *totali* (3,76 g) corrobora com o obtido por Ciconini (2011), que encontrou valores menores que 20%. Almeida et al. (1998) estudando frutos coletados na região de Jaboticatubas-MG obtiveram valores de 30% de casca, confirmando o valor encontrado no ecotipo *sclerocarpa*.

Foram encontrados valores semelhantes para o DLF (5,03 e 3,42 cm) e DLA (2,03 e 1,53 cm) (tabela 3.3) por Manfio et al. (2011) que trabalharam com 145 progênies de diversas localidades e observaram médias de 3,95 cm de diâmetro para o fruto e de 1,65 cm para a amêndoa. Como é uma avaliação de progênies é possível que tenha grande diversidade de ecotipos, justificando os diferentes valores encontrados.

O endocarpo é utilizado para a obtenção de carvão, e, quanto maior a espessura maior o rendimento. O ecotipo *sclerocarpa* apresentou espessura de 0,55 cm e um volume total do fruto de 61,50 ml, estes dados não corroboram com os encontrados por Manfio et al. (2011) que observaram valores de espessura de 0,47 cm e 36 ml de volume. Vale ressaltar que há uma grande variabilidade de frutos dentro do mesmo cacho e na palmeira como um todo. Assim, é imprescindível estudar e avaliar um maior número de progênies, para definir melhoramentos genéticos visando melhores respostas aos objetivos da produção de frutos.

3.5.4 Avaliação da Germinação

Os resultados referentes à porcentagem de germinação, sementes contaminadas e não germinadas para os ecotipos *sclerocarpa* e *totali*, para a temperatura 25°C, encontram-se nas tabelas 3.4 e 3.5. Para a temperatura de 35°C estão descritos nas tabelas 3.6 e 3.7.

As temperaturas de 25°C e 35°C não interferiram no processo germinativo do ecotipo *sclerocarpa*, e não se observou diferença significativa para ambas temperaturas utilizando-se as diferentes concentrações do regulador de crescimento. Apenas o tratamento com 200 mg L⁻¹ de Progibb® apresentou um percentual de germinação de 1,25% para o *sclerocarpa*, diferentemente do ecotipo *totali* onde foram observadas médias elevadas de sementes germinadas para as diferentes doses do produto.

A. aculeata ecotipo *totali* obteve um comportamento diferente em ambas as temperaturas testadas. Aos 25°C não houve diferença estatística entre os tratamentos, com 5% de sementes germinadas nas doses avaliadas. Aos 35°C, houve um aumento no número de sementes germinadas chegando a 13,75% na dose de 100 mg L⁻¹ de Progibb®.

O Progibb® é principalmente utilizado em videiras, para melhorar as características morfológicas dos cachos e bagas, incrementando seus tamanhos e pesos; na batata – semente, para facilitar a brotação e aumentar a produção; no citrus, para retardar a maturação dos frutos; na cana-de-açúcar, para um maior desenvolvimento vegetativo; e, nas sementes de arroz irrigado, no tratamento de sementes, para aumentar a brotação de forma uniforme e rápida. Sua utilização na germinação de sementes de palmeiras ainda é incipiente e que sua utilização visa diminuir os custos de produção. O princípio ativo deste produto é o ácido giberélico (GA₃), muito utilizado em cultura de tecidos, e principalmente para o desenvolvimento de embriões.

Berton et al. (2013) trabalhando com 63 genótipos de macaúba, verificaram que mesmo com uma concentração de 1000 mg L⁻¹ de GA₃ conseguiram média total de 59,07% de germinação e as médias variaram entre 19,14 a 98,64%. Oliveira et al. (2013) imergiram as sementes de macaúba em 2000 e 5000 mg L⁻¹ de GA₃ (Progibb®) e constataram 40% de germinação, superando os resultados encontrados neste trabalho. Para obtenção de resultados satisfatórios Motoike et al. (2007) relataram que para alcançar um bom percentual germinativo é necessário uma boa assepsia da semente em todo o processo e, principalmente a retirada do opérculo que recobre o embrião. Fior et al. (2011) constataram em seu trabalho com butiá, que a retirada do opérculo foi eficiente na superação da dormência, chegando a 90% de sementes germinadas. A dormência não está relacionada ao embrião e sim com a barreira mecânica imposta pelos tecidos que envolvem a semente e que dificultam o desenvolvimento embrionário (BASKIN; BASKIN, 1998).

Tabela 3.4 – Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da *A. aculeata* ecotipo *sclerocarpa* na temperatura de 25°C.

Progibb® mg L ⁻¹	%		
	Germinadas	Contaminadas	Não Germinadas
0	0 a	87,5 a	12,5 a
50	0 a	77,5 a	22,5 a
100	0 a	86,25 a	13,75 a
200	1,25 a	80 a	18,75 a
Média	0,3125	82,8125	16,875

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de meta-análise de várias proporções a 5% de probabilidade.

Tabela 3.5 – Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da *A. aculeata* ecotipo *totali* na temperatura de 25°C.

Progibb® mg L ⁻¹	%		
	Germinadas	Contaminadas	Não Germinadas
0	1.25 a	45 a	53.75 b
50	5 a	21.25 b	73.75 a
100	5 a	45 a	50 b
200	5 a	40 ab	55 ab
Média	4.0625	37.8125	58.125

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de meta-análise de várias proporções a 5% de probabilidade.

Conforme a tabela 3.4, o número de sementes não germinadas foi elevado, se acrescentarmos os valores de sementes contaminadas, chegando a 100% nos três primeiros tratamentos para a *sclerocarpa*. Rodrigues Junior et al. (2013) também observaram valores elevados de sementes não germinadas, 43%, mesmo com a utilização de elevadas doses de ácido giberélico e a retirada do tegumento opercular; a taxa de germinação foi baixa, 13,3%, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho (tabelas 3.6 e 3.7). Foram observados valores similares por Rubio Neto et al. (2012) que utilizando as sementes de macaúba embebidas apenas em água destilada, obtiveram valores baixos de germinação (10%), verificando ainda que quanto maior o tempo de embebição menor foi a taxa germinativa (2,5%).

A escarificação mecânica e a aplicação de giberelinas surtiram efeito na germinação da palmeira-ráfis (LUZ et al. 2008). A remoção de partes do fruto é recomendada para gênero *Acrocomia* (YOCUM, 1964). Estudos relatam o efeito

positivo entre a escarificação e uso de temperatura, já que a maioria das palmeiras requer esse tipo de quebra de dormência e estão situadas em faixas de temperaturas entre 20° e 35°C de médias (ELLISON; ELLISON, 2001; ROBINSON, 2007). Às vezes o uso de reguladores de crescimento afetam o desenvolvimento embrionário, até mesmo inibindo seu crescimento.

Observa-se um aumento do percentual germinativo à medida que aumenta a temperatura de 25°C para 35°C, de 4% para 8% de sementes germinadas para o ecotipo *totali*. Guerrero, Bastidas e García (2011) trabalhando com um híbrido de dendê (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*), dias (60 a 100) de tratamento e calor (39°C), conseguiram médias entre 7 e 40% de germinação. Pivetta e Luz (2013) estudando a euterpe (*Euterpe oleracea*) notaram que a faixa entre 25°C-35°C é suficiente para obter elevados índices de germinação. Usando temperaturas alternadas (20/30°C) e fixas (25°C e 30°C) em carandá (*Copernicia alba*), Masetto et al. (2012) observaram que as temperaturas alternadas aumentaram o número de sementes germinadas (90%) em relação as outras temperaturas, sendo um fato importante já que a maioria das palmeiras se encontra nesta faixa de temperatura.

A temperatura de 35°C foi suficiente para elevar os índices de contaminação nas sementes (tabela 3.6 e 3.7), apesar de toda a assepsia realizada. Os procedimentos de assepsia recomendados por Motoike et al. (2007) (INPI 014070005335) e alterados neste trabalho não foram suficientes para evitar contaminações, que as vezes pode estar também relacionada a fatores endógenos, que inibem o desenvolvimento das sementes (COSTA; MARCHI, 2008).

A temperatura no processo germinativo possui influência no aspecto da germinação total tanto quanto na velocidade germinativa, pois está diretamente ligada aos processos de absorção de água e às reações bioquímicas. A germinação ocorre dentro de determinados limites de temperatura, dentro deste limite existe uma amplitude de temperatura na qual há uma maior eficiência e menor período de tempo para a germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Tabela 3.6 – Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da *A. aculeata* ecotipo *sclerocarpa* na temperatura de 35°C.

Progibb® mg L ⁻¹	%		
	Germinadas	Contaminadas	Não Germinadas
0	0 a	92,5 ab	7,5 ab
50	0 a	83,75 ab	16,25 ab
100	0 a	72,5 b	27,5 a
200	1,25 a	93,75 a	5 b
Média	0,3125	85,625	14,0625

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de meta-análise de várias proporções a 5% de probabilidade.

Tabela 3.7 – Percentual de sementes germinadas, contaminadas e não germinadas da *A. aculeata* ecotipo *totali* na temperatura de 35°C.

Progibb® mg L ⁻¹	%		
	Germinadas	Contaminadas	Não Germinadas
0	7.5 ab	50 a	42.5 a
50	3.75 b	42.5 a	53.75 a
100	13.75 a	51.25 a	35 a
200	7.5 ab	50 a	42.5 a
Média	8.125	48.4375	43.4375

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de meta-análise de várias proporções a 5% de probabilidade.

3.5.5 Características Físico-Químicas do Óleo da Amêndoa

A tabela 3.8 demonstra as médias para os parâmetros físico-químicos do óleo da amêndoa para os dois ecotipos de macaúba avaliados. Houve diferença significativa entre os parâmetros de acidez e umidade. Para iodo e saponificação não se observou significância. O ecotipo *sclerocarpa* obteve médias superiores para todas as variáveis.

Para a acidez observou-se diferença significativa entre os ecotipos, com 1,295 mg KOH g⁻¹ (0,65%) para a *sclerocarpa* e 0,690 mg KOH g⁻¹ (0,34%) para a *totali*. Estes valores foram menores que os encontrados por Rodrigues (2007) (1,7 a 24 mg KOH g⁻¹). Silva (2005) trabalhando com andiroba, soja e milho, verificou um valor aproximado de índice de acidez para a andiroba (1,87 mg KOH g⁻¹) e valores inferiores para soja e milho (0,13 e 0,17 mg KOH g⁻¹). Amaral (2007) observou um valor doze vezes maior que o encontrado neste trabalho. Esses valores de acidez na

amêndoa são tidos como adequados para sua utilização para obter ésteres etílicos e metílicos. Esta acidez pode variar de acordo com a condição em que se encontra o óleo e a presença de água e enzimas, que podem afetar o processo de degradação (RODRIGUES, 2007).

O ecotipo *sclerocarpa* apresentou um índice de iodo maior que a *totali*. As médias estão dentro do intervalo encontrado por Rodrigues (2007), Pimenta et al. (2012) e Ocanha e Ferrari (2011). Para estes autores, o intervalo está entre 30 e 44 $\text{gl}_2 \text{100g}^{-1}$. O índice de iodo indica o grau de insaturação do óleo e confere uma maior resistência ao processo oxidativo, ou seja, quanto menor este índice melhor é o aproveitamento para a utilização em biocombustíveis.

Os valores de saponificação mostraram-se baixos em comparação com a literatura (COIMBRA; JORGE, 2011b; OCANHA; FERRARI, 2011; PIMENTA; CANO ANDRADE; ANTONIASSI, 2012). Os valores relatados em Cetec (1983) para a mamona e o pinhão manso são inferiores. A ANVISA (BRASIL, 2005) em sua resolução RDC nº 270 relata que a maioria dos óleos vegetais consumidos no país possui uma faixa de 181 a 265 mg KOH g^{-1} de saponificação, dessa forma o valor encontrado neste trabalho está dentro dessa faixa (tabela 3.8). Hiane et al. (2005) encontraram valores de 258 mg KOH g^{-1} na amêndoa da macaúba, superior aos encontrados nos ecotipos estudados.

A umidade apresentou diferença significativa entre os ecotipos, com baixo valor de água no óleo da amêndoa, inferior a 1000 ppm. Estes valores são favoráveis para que não haja elevação da acidez, evitando a hidrólise dos triglicerídeos e a formação de sabões no processo de transesterificação (CICONINI, 2011).

Melo (2012) trabalhou com óleo da amêndoa de macaúba para a produção de biodiesel e verificou valor elevado para o índice de acidez (4,16 $\text{mg KOH g óleo}^{-1}$), e para saponificação o valor encontrado está entre os resultados encontrados neste trabalho com 192,7 $\text{mg KOH g óleo}^{-1}$.

Tabela 3.8 – Características físico-químicas do óleo da amêndoa de dois ecotipos de macaúba, *sclerocarpa* e *totali*.

Parâmetros	<i>sclerocarpa</i>	<i>totali</i>
Índice de Acidez	1,295 a	0,690 b
Índice de Iodo	42,98 a	30,15 a
Saponificação	209,035 a	193,905 a
Umidade	935,840 a	872,000 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste de Tukey a 5%. Acidez e saponificação em mg KOH.g óleo⁻¹; Iodo em gl₂ 100 g⁻¹; Umidade em ppm.

As análises físico-químicas do óleo, para produção de biocombustíveis, são importantes para verificar a qualidade do óleo. Através dos resultados obtidos, define-se qual técnica será mais bem empregada para a produção, de modo a determinar se há necessidade de pré-tratamento do óleo.

Foram obtidas para os dois ecotipos estudados estimativas de produção óleo por ha ano⁻¹. Supondo-se um plantio comercial, com 400 plantas por hectare, 400 frutos por cacho e 5 cachos por planta de média e, de acordo com este trabalho teríamos média total de óleo (amêndoa e polpa) de 14,61 g para o ecotipo *sclerocarpa* e 4,73 g para a *totali* por fruto, transformando para em kg ha⁻¹ ano⁻¹ de óleo, teríamos no total volume de 11.688 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de óleo para o ecotipo *sclerocarpa* e 3.784 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o ecotipo *totali*. Verifica-se essa discrepância de valores entre os ecotipos devido às características que cada fruto possui como foram observadas anteriormente, constatando-se as maiores médias para o ecotipo *sclerocarpa*.

De um modo geral é preciso estudar um maior número de progênies de macaúba para que haja um melhor aproveitamento dos produtos e coprodutos que o fruto oferece. Ainda são incipientes os estudos sobre a macaúba, mas aos poucos a palmeira está se tornando uma alternativa para a produção de óleo para atender a demanda de biodiesel.

3.6 CONCLUSÃO

As características avaliadas na polpa e na amêndoa, para composição mineral, centesimal, biometria, germinação e a composição físico-química do óleo da amêndoa, variam entre os ecotipos *sclerocarpa* e *totali*.

A *A. aculeata* ecotipo *sclerocarpa* foi superior a *totali* na composição mineral e centesimal, na biometria e na composição do óleo da amêndoa.

O uso do Progibb e temperatura de 35°C foram favoráveis para o processo germinativo da *A. aculeata* ecotipo *totali* em relação à *sclerocarpa*.

Os frutos dos dois ecotipos da macaúba são excelente fonte lipídica, com elevados teores de óleo na amêndoa e na polpa, reforçando seu potencial no uso do óleo para a produção de biocombustíveis.

4 ARTIGO B: CONDICIONADOR DE SOLO E O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*)

4.1 RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira com grande potencial de produção de frutos e de óleo para biodiesel. É encontrada em quase todo o território brasileiro, e isso se deve à sua capacidade de adaptação a diferentes biomas. O uso de condicionadores e fertilizantes proporciona melhorias na qualidade do solo e conseqüentemente no desenvolvimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso de um condicionador de solo no desenvolvimento de mudas de macaúba e alguns atributos do solo. O trabalho foi desenvolvido na Universidade Estadual de Londrina, conduzido em telado, em vasos com capacidade para 20L preenchidos com terra da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho eutroférico (argiloso) e um Latossolo Vermelho distroférico (arenoso). Foram testados os seguintes tratamentos: T0=testemunha, TC3=3 kg m⁻³ de Terracottem®, TC6=6 kg m⁻³ de Terracottem®, AQ=adubação química (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio) e TC6+AQ=6 kg m⁻³ de Terracottem® + adubação química. Avaliou-se os teores de Ca, Mg, K, P, Cu, Fe, Zn, Mn na folha e solo, matéria orgânica e carbono da biomassa microbiana do solo além dos teores foliares de N. Também avaliou-se altura da planta, número de folhas, diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea e raiz e índice de área foliar. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variâncias e posteriormente contrastes não ortogonais para os teores de nutrientes nos solos e tecidos foliares. Para os parâmetros fitotécnicos empregou-se o teste de Tukey a 5% para comparação das médias. Para a maioria dos contrastes realizados não se observou diferenças significativas utilizando o teste de Scheffé a 5% e 10% de probabilidade, entretanto pode-se observar aumentos nos teores de nutrientes no solo e na planta em função da aplicação do condicionador ou da adubação química de forma isolada ou associada. Deve-se destacar que a adubação química apresentou valores elevados para os teores de Ca, Mg, P, Cu e N, tanto no solo como nos tecidos foliares. Não foram observadas diferenças significativas para quaisquer dos parâmetros fitotécnicos avaliados nos dois solos testados. Apesar disso, foi possível observar que tanto no solo argiloso como no arenoso os valores médios para altura, número de folhas,

massa seca da parte aérea e raiz, índice de área foliar e diâmetro do coleto, foram sempre maiores no tratamento correspondente à adubação química.

4.2 ABSTRACT

The macaw palm (*Acrocomia aculeata*) is a palm with great potential for fruit production and production of oil to biodiesel. It is found throughout the Brazilian territory, and this is due to its adaptability in different biomes. The use of conditioners and fertilizers provide improvements in the quality of the soil and hence the development of plants. The objective of this study was to evaluate the effect of using a soil conditioner in seedling development macaw palm and soil attributes. The study was conducted at the State University of Londrina, and in greenhouse in pots with a capacity of 20L fill with soil from the surface layer (0 -20cm) of an Oxisol (clayey) and an Oxisol (sandy). The following treatments were tested: T0 = control, TC3 = 3 kg m⁻³ Terracottem® TC6 = 6 kg m⁻³ Terracottem® AQ = chemical fertilizer (urea, superphosphate and potassium chloride) and TC6 + AQ = 6 kg m⁻³ Terracottem® + chemical fertilizer. We evaluated the levels of Ca, Mg, K, P, Cu, Fe, Zn, Mn in leaves and soil organic matter and microbial biomass carbon in the soil beyond the foliar N. We also evaluated whether plant height, leaf number, stem diameter, dry weight of shoot and root and leaf area index. Data were submitted to analysis of variance and subsequently non-orthogonal contrasts for the levels of nutrients in soil and leaf tissue. For phytotechnical parameters employed the Tukey test at 5% for comparison of means. For most contrast performed did not observe significant differences using the Scheffe test at 5% and 10% probability, but it can be seen for increases in the average nutrient content in soil and plant values depending on the application conditioner or a chemical fertilization isolated or combined form. Should be noted that chemical fertilization showed higher values for Ca, Mg, P, Cu and N, both on the ground and in leaf tissues. No significant difference was observed for any of the parameters evaluated phytotechnical in both soils tested. Nevertheless, it was observed that both the sandy loam soil as average values for height, number of leaves, dry weight of shoot and root, leaf area index and stem diameter, were always higher in the chemical fertilizer treatment corresponding.

4.3 INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) pode ser encontrada em diferentes biomas e tipos de solo. A ocorrência maior da macaúba se dá em solos argilosos e eutróficos, mas também pode ocorrer em solos de baixa fertilidade e de textura arenosa (MOTTA et al., 2002). Grandes populações são encontradas em áreas de pastagens, muitas vezes degradadas e de baixa fertilidade, demonstrando que esta palmeira possui capacidade de se adaptar a vários tipos de ambientes (NEGRELLE et al., 2002).

O fruto da macaúba tem sido indicado como uma boa alternativa para biocombustíveis. Para que a macaúba seja produtiva, há necessidade de manejos adequados tanto do solo como da cultura, visando aumentar a produção e atender parte da demanda nacional de biocombustíveis, além de se tornar alternativa rentável para os agricultores das regiões produtoras.

Para consolidar seu papel como cultura de destaque, são necessários estudos nas áreas de fenologia, morfologia e agronomia. O crescimento e desenvolvimento da planta em diferentes tipos de solos manejados com a utilização de fertilizantes e condicionadores também devem ser investigados.

Condicionadores de solo, tanto naturais, quanto artificiais, estão sendo cada vez mais empregados na produção agrícola, sobretudo na produção de mudas. Para que promovam as melhorias desejáveis nos atributos do solo, os condicionadores devem: aumentar a retenção de água no solo, disponibilizar água e nutrientes em situações de estresse hídrico, manter ou aumentar a estabilidade dos agregados do solo, e favorecer o desenvolvimento da microbiota do solo. O Terracottem® é um condicionador que possui estas propriedades, uma vez que é composto por polímeros hidroabsorventes, que retêm e depois disponibilizam gradualmente a água retida e uma mescla de nutrientes e reguladores de crescimento (TERRACOTTEM, 1997). De acordo com estudos utilizando este produto, os efeitos no solo aparecem ao longo do tempo, mas o maior desenvolvimento da planta é notado logo nos primeiros meses de uso, favorecendo assim a sua produção futura (VAN COTTHEM et al., 1991).

A adição do Terracottem® no início do desenvolvimento da palmeira de macaúba pode acarretar benefício, contudo ainda não existe experimentação para avaliar este efeito. Alguns trabalhos realizados com este produto indicam maior

crescimento de plantas (DANNEELS; VAN COTTHEM, 1994; RODRIGUEZ; GARCIA, 1997; BALENA, 1999) e melhoria de alguns atributos dos solos (TROUT; SOJKA; LENTS, 1995; LENTS; SOJKA; CARTER, 1996; BEN-HUR; KEREN, 1997; SOJKA; SURAPANENI, 2000). Estes benefícios favorecem o transporte e absorção de nutrientes, a produção de frutos e principalmente os teores e qualidade do óleo produzido. Além disso, a utilização dos condicionadores poderá aumentar a preservação e qualidade dos solos, que estão, em sua maioria, empobrecidos ou em processos de intensa degradação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso de um condicionador de solo no desenvolvimento de mudas de macaúba e nos atributos dos solos.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos de 20L acondicionados em um telado por um período de seis meses, de julho a dezembro de 2012, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (23° 20' 23.45" S e 51° 12' 32.28" W), altitude de 532 m, clima subtropical úmido mesotérmico segundo Köppen (Cfa) com temperatura média de 21°C e pluviosidade entre 1400 a 1600 mm. As mudas de macaúba foram adquiridas da Acrotech Reflorestamento©, e na época de instalação do experimento tinham aproximadamente 3 meses. O condicionador de solo avaliado foi Terracottem®.

Para o preenchimento dos vasos foi utilizada terra peneirada (4,0 mm) coletada da camada superficial (0-20 cm) de dois solos: Londrina-PR (Latossolo Vermelho eutroférico - LVef) e Jaguapitã-PR (Latossolo Vermelho distroférico - LVd). Os dois solos foram analisados previamente e os resultados encontram-se na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Resultados das análises químicas e granulométricas inicial dos solos utilizados no experimento.

Solos	P	pH	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	Cu	Fe	Zn	Mn	SB	V	Argila
	mg kg ⁻¹	CaCl ₂	G kg ⁻¹	-----	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	%	g kg ⁻¹
LVEf	1,35	4,85	18,5	0,37	6,46	1,57	4,96	0,08	20,8	13,2	0,32	23,8	8,4	62,8	654,0
LVd	1,13	4,53	4,07	0,01	1,72	0,48	2,95	0,03	4,2	138,	0,27	6,6	2,21	42,6	111,5

LVEf - Latossolo Vermelho eutrófico (argiloso) e LVd - Latossolo Vermelho distrófico (arenoso).

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 5 tratamentos e quatro repetições. A descrição dos tratamentos testados está apresentada na tabela 4.2. Para condução do experimento cada vaso recebeu uma muda de macaúba (*Acrocomia aculeata*) e durante a fase experimental os vasos foram irrigados semanalmente até a capacidade de campo.

Tabela 4.2 – Descrição dos tratamentos testados nos dois solos avaliados.

Tratamentos	Descrição
T0	Testemunha 0,0
TC3	Terracottem 3,0 kg m ⁻³
TC6	Terracottem 6,0 kg m ⁻³
AQ	Adução Química SA=1,0; SS=8,0 e KCl=0,3 kg m ⁻³
TC6+AQ	Terracottem + AQ T=6,0 kg m ⁻³ + SA=1,0; SS=8,0 e KCl=0,3 kg m ⁻³

SA: Sulfato de amônio; SS: Superfosfato simples; KCl: Cloreto de Potássio.

Ao longo dos seis meses as plantas receberam adubações mensais de cobertura com aplicação de 1,0 g de ureia, 0,5 g de cloreto de potássio e 0,5 g de sulfato de magnésio por planta.

4.4.1 Análises do Solo

As análises químicas foram realizadas seguindo-se a metodologia descrita em Pavan et al. (1992), sendo determinados: pH CaCl₂ 0,01M; acidez trocável em KCl 1mol por titulação com NaOH 0,01N; acidez potencial por SMP; Ca e Mg extraídos por KCl 1N e titulados por EDTA; P e K por extração Mellich-1 e leituras em espectrofotômetro a 630 nm e no fotômetro de chama, respectivamente; carbono com oxidação pelo Cr₂O₇²⁻ e titulado com FeSO₄ e matéria orgânica determinada pelo valor encontrado do carbono multiplicado por 1,72; e,

micronutrientes, Cu, Fe, Zn e Mn, por extração Melhich-1 e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica.

As análises físicas do solo foram realizadas conforme Claessen (1997). A granulometria foi determinada pelo método da pipeta com agitação lenta que consiste em adicionar 20 g de TFSE, 100 ml de água destilada e 10 ml de hidróxido de sódio e agitação por 16 horas a 30 rpm, após foi transferido para uma proveta de 1000 ml completando-se o volume, agitou-se então por 30 segundos e, após 4 minutos realizou-se uma pipetagem, a 10 cm de profundidade, coletando-se uma alíquota de 10 ml da dispersão para determinação de silte e argila; depois de 4 horas de repouso realizou-se uma segunda pipetagem, a 5 cm de profundidade, coletando-se de 10 ml da dispersão para determinação da argila. As alíquotas foram transferidas para placas de petri e colocadas para secagem em estufa regulada para temperatura de 105°C, permanecendo em secagem por 24 horas. Após a secagem procedeu-se a pesagem e os seguintes cálculos: Argila (g kg^{-1}) = ((Peso ou massa da argila x 500) – 2) x 10; Silte (g kg^{-1}) = (((Peso ou massa do silte + argila x 500) – 2) – Argila(g kg^{-1}) x 10); Areia(g kg^{-1}) = 1000 – (Argila (g kg^{-1}) + Silte(g kg^{-1})).

A biomassa microbiana de carbono (C) foi determinada utilizando o método da fumigação – extração (VANCE; BROOKES; JENKINSOM, 1987). Uma alíquota de 25 g de solo foi fumigada por 24 h a 25°C com clorofórmio, enquanto uma alíquota da mesma amostra não fumigada foi mantida nas mesmas condições. Após a incubação, o carbono orgânico das duas amostras foi extraído e quantificado por oxidação com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (ANDERSON; INGRAM, 1993), e o C microbiano calculado pela equação $C(\mu\text{g/g}) = (C_f - \text{CNf}) / K_c$ em que C_f é o teor de C da amostra fumigada, CNf da amostra não fumigada e o $K_c = 0,33$ é o fator de conversão para o C da biomassa microbiana.

4.4.2 Análise do Condicionador de Solo

O condicionador de solo Terracottem® foi analisado seguindo a metodologia descrita por Vieira e Silva (2009). As determinações foram feitas como segue: N pelo método da liga Raney; P_2O_5 pelo método colorimétrico do ácido molibdovanadofosfórico utilizando o espectrofotômetro ajustado para comprimento de onda de 400 nm; K_2O por fotometria de chama com solubilização em água; Ca,

Mg, Cu, Fe, Zn e Mn por espectrometria de absorção atômica, através da digestão do material com HCl. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Teores de nutrientes do condicionador de solo Terracottem® utilizado no experimento. (dados expressos em %).

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
5,952	1,511	2,000	3,081	5,472	0.018	5,955	0,007	0.283

4.4.3 Avaliações das Plantas

Os parâmetros das plantas avaliados durante o experimento foram: altura (entre o colo e a união das folhas), diâmetro do colo e número de folhas. Essas avaliações foram feitas a cada 30 dias. No final do experimento também foram avaliados: índice de área foliar (LI – 3100 Area Meter), e massa fresca e seca da parte aérea e das raízes.

Antes da instalação e no final do experimento (6 meses) foram coletados folíolos de ambos os lados das plantas, na parte mediana, para análise foliar. As análises foram realizadas seguindo a metodologia descrita por Myazawa et al. (2009). Os tecidos vegetais da folha foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 60°C até a obtenção de massa constante, posteriormente foram triturados, peneirados (20 mesh) e armazenados em frascos de vidros com tampa, até o momento de realização das análises.

Foram transferidas 500 mg de MS foliar para tubo digestor, adicionou-se 7 ml da mistura de ácidos nítrico e perclórico na proporção 4:1, colocando em seguida para digestão em bloco digestor, aumentando gradualmente a temperatura até 250°C, até o início de formação de fumos branco que indica o final da digestão. Após resfriamento transferiu-se o digerido de cada tubo para balões volumétricos completando o volume para 50 ml com água deionizada. Para determinação do P utilizou-se espectrofotometria com azul-de-molibdênio a 660 nm, para K utilizou-se a fotometria de chama, e para Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, e Mn a espectrofotometria de absorção atômica.

Para determinação do N, transferiu-se 100 mg de MS foliar para tubos digestores, adicionando-se em seguida 1 g da mistura de sais de

$K_2SO_4 + CuSO_4$, 3,0 ml de H_2SO_4 98% e 1,0 ml de H_2O_2 30%. Em seguida os tubos foram colocados em bloco digestor que foi aquecido gradualmente até a temperatura de $350^\circ C$ que foi mantida até que o digerido tornasse translúcido com coloração esverdeada. Na sequência o digerido foi submetido a uma destilação (destilador micro Kjeldahl) recebendo o destilado e uma mistura de ácido bórico + indicador misto (vermelho de metila + verde de bromocresol). Posteriormente o destilado foi titulado com uma solução de H_2SO_4 0,05 mol, com base no consumo do ácido sulfúrico, calculou-se o teor de nitrogênio foliar. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variâncias empregando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Além disso, fez-se algumas comparações de contrastes não ortogonais utilizando o teste de Scheffé a 5% e 10%. As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o programa Sisvar® (FERREIRA, 2008).

4.5 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.5.1 Avaliação do Solo

A utilização do condicionador de solo Terracottem® e da adubação química elevaram os teores de macro e micronutrientes, matéria orgânica e o carbono da biomassa microbiana nos solos testados. Na tabela 4.4 estão apresentados os valores médios para teores de nutrientes no solo, os valores dos contrastes não ortogonais para os macronutrientes e a matéria orgânica em um Latossolo Vermelho eutroférico (LVef), argiloso. Os resultados indicam que o uso da adubação química exclusiva ou em combinação com o Terracottem® elevou os teores dos nutrientes do solo, exceto para o Mg^{2+} que comparado com a testemunha, diminuiu seu teor no solo em todos os tratamentos.

Ainda na tabela 4.4 pode-se observar que os contrastes não foram significativos para a matéria orgânica a Scheffé a 5%, considerando 10% o contraste TC3 x TC6 foi significativo. Para a associação entre Terracottem® e a adubação química, ocorreram diferenças significativas para os nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e K^+ .

Tabela 4.4 – Valores médios para teores de nutrientes e os valores de p dos contrastes não ortogonais para cálcio, magnésio, fósforo, potássio e matéria orgânica do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico.

Tratamentos	Ca	Mg	P	K	M. O.
T0	6,07	1,51	4,48	0,19	17,55
TC3	5,63	1,19	4,70	0,42	25,67
TC6	6,21	0,96	10,29	0,62	13,16
AQ	8,75	0,95	41,32	0,29	27,32
TC6 + AQ	8,00	0,74	44,94	0,68	18,43
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)				
T0 x TC3	0,619	0,339	0,955	0,083**	0,206
T0 x TC6	0,817	0,112	0,172	0,005*	0,103
T0 x AQ	0,013*	0,110	0,000*	0,407	0,135
T0 x TC6+AQ	0,052**	0,039*	0,000*	0,003*	0,886
TC3 x TC6	0,517	0,471	0,188	0,124	0,065**
TC6 x TC6+AQ	0,068**	0,530	0,000*	0,661	0,400
AQ x TC6+AQ	0,404	0,534	0,380	0,010*	0,170
CV (%)	13,65	34,19	18,24	32,24	32,28

P em mg kg^{-1} ; K, Ca, Mg em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; M. O. (matéria orgânica) em g kg^{-1} . * **Significativo pelo teste de Scheffé a 5% e 10%.

No Latossolo Vermelho distroférico, arenoso foram observados aumentos dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e K^+ e da matéria orgânica do solo em relação à testemunha. Os contrastes não foram significativos para a maioria das combinações pelo teste de Scheffé a 5% de probabilidade. Os teores de P e o K^+ apresentaram aumentos expressivos para quando foi feita a aplicação de 6 kg m^{-3} de Terracottem® ou a adubação química (tabela 4.5).

Em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico do Maranhão sob cultivo de macaúba consorciada com pastagem, Leite et al. (2010) encontraram valores menores do que os apresentados neste trabalho para cálcio, magnésio, fósforo e potássio. Para a matéria orgânica e carbono da biomassa microbiana os valores foram similares, evidenciando a capacidade da macaúba em manter os níveis de matéria orgânica e de atividade microbiana.

Tabela 4.5 – Valores médios para os teores de nutrientes e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cálcio, magnésio, fósforo, potássio, e matéria orgânica do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico.

Tratamentos	Ca	Mg	P	K	M. O.
T0	2,51	0,51	10,81	0,07	3,95
TC3	2,10	0,52	11,31	0,14	2,63
TC6	2,07	0,31	13,37	0,35	3,07
AQ	3,29	0,46	41,11	0,11	3,51
TC6 + AQ	2,96	0,59	27,33	0,09	4,61
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)				
T0 x TC3	0,086**	0,911	0,905	0,014*	0,485
T0 x TC6	0,067**	0,122	0,540	0,000*	0,640
T0 x AQ	0,004*	0,658	0,000*	0,112	0,814
T0 x TC6+AQ	0,057**	0,513	0,002*	0,372	0,704
TC3 x TC6	0,892	0,101	0,620	0,000*	0,814
TC6 x TC6+AQ	0,002*	0,038*	0,006*	0,000*	0,640
AQ x TC6+AQ	0,154	0,282	0,006*	0,442	0,814
CV (%)	10,35	30,14	24,04	21,47	58,34

P em mg kg^{-1} ; K, Ca, Mg em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; M. O. (matéria orgânica) em g kg^{-1} . *Significativos pelo teste de Scheffé a 5%.

Para o cálcio apenas a adubação química elevou seu teor em ambos os solos, principalmente no argiloso (LVef) chegando a $8,75 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, frente aos tratamentos testados (tabela 4.4). Nos contrastes do cálcio, apenas o T0 x AQ foi significativo no Latossolo Vermelho eutroférico a 5% e a 10% de probabilidade foram os contrastes T0 x TC6+AQ e TC6 x TC6+AQ, entretanto o Latossolo Vermelho distroférico obteve dois contrastes expressivos T0 x AQ; TC6 x TC6+AQ a 5% e T0 x TC3; T0 x TC6 e T0 x TC6+AQ. Para o Mg^{+2} no solo LVef, a testemunha apresentou o teor mais elevado e os tratamentos que continham a adubação química e o Terracottem® apresentou a metade desse teor. No solo LVd, para o teor de Mg^{2+} houve pouca variação das médias. O contraste T0 x TC6+AQ no solo argiloso e o TC6 x TC6+AQ no arenoso, foram significativos diferindo dos demais para o teor de magnésio no solo.

Foram observados incrementos para os teores de fósforo com o aumento das doses de Terracottem® e principalmente com adubação química, para ambos os solos. No solo argiloso as médias foram menores nos tratamentos T0,

TC3 e TC6 e elevados nos tratamentos AQ e no TC6+AQ, chegando a ser quatro vezes maiores em relação aos outros tratamentos. O incremento de fósforo no solo arenoso foi baixo em relação ao argiloso, os três primeiros tratamentos mantiveram-se constantes e os tratamentos com adubo e a combinação elevaram seus teores. Pode-se justificar estes valores devido à utilização do superfosfato simples como fonte de fósforo e sua baixa mobilidade no solo. Ocorreram diferenças significativas para os contrastes entre a testemunha e a adubação química e a AQ + Terracottem®.

Diferentemente do fósforo, o potássio apresentou as maiores médias nos tratamentos TC3 e TC6 em ambos os solos. Dos cinco contrastes que incluíam o TC6 três foram significativos, em ambos os solos, provavelmente pela ação do Terracottem® que pode elevar estes teores. Modesto et al. (2009) trabalhando com lodo de esgoto, maravalha de madeira e torta de filtro, também considerados condicionadores de solo, verificaram a eficiência desses condicionantes na disponibilização dos nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P e MO, com teores também elevados, semelhante aos obtidos neste trabalho.

Motta et al. (2002) evidenciaram a presença da macaúba em solos eutróficos, com teores de argila entre 60 e 510 g kg^{-1} de solo em diferentes localidades, e foram observados teores médios de $\text{P}=10 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{K}^+=0,24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}=6,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, que ficaram abaixo dos teores obtidos neste estudo para os solos LVef e LVd, com a utilização do condicionador e da adubação química. Entretanto, as médias dos teores de $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ no LVd foram menores que as dos autores, mas se considerarmos a amplitude destes nutrientes encontrados por eles (1,8 a 11,3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), os valores deste trabalho podem ser considerados na faixa descrita por Motta et al. (2002).

Na tabela 4.6, os micronutrientes Cu, Fe e Mn diminuíram seus teores em relação à testemunha, enquanto o Zn teve seus teores elevados. Para o carbono da biomassa microbiana houve aumento expressivo no tratamento com 6 kg m^{-3} de Terracottem®, contudo a adubação química não foi eficiente na manutenção desses valores, no LVef.

Avaliando os contrastes de Cu (tabela 4.6) foi possível observar que não houve efeito quando se utilizou o Terracottem® e a adubação química. Para Fe e Zn, os valores encontrados foram significativos para os contrastes: T0 x AQ; T0 x TC6+AQ; TC6 x TC6+AQ. Para o Mn diferença significativa só foi observada no

contraste entre a testemunha e a combinação entre o Terracottem® e a adubação química. Para o carbono da biomassa microbiana diferença significativa foi observada para o contraste TC6 x TC6+AQ.

Tabela 4.6 – Valores médios dos teores de nutrientes e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês, e C da biomassa microbiana do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico.

Tratamentos	Cu	Fe	Zn	Mn	C-bio
T0	2,26	7,53	0,374	22,33	145,08
TC3	2,29	7,08	0,312	21,08	161,46
TC6	2,16	7,20	0,404	19,82	231,66
AQ	2,06	6,07	0,543	18,25	98,28
TC6 + AQ	2,07	6,12	0,673	17,10	91,26
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)				
T0 x TC3	0,841	0,226	0,440	0,597	0,719
T0 x TC6	0,537	0,360	0,671	0,299	0,082**
T0 x AQ	0,233	0,002*	0,041*	0,106	0,317
T0 x TC6+AQ	0,238	0,003*	0,005*	0,047*	0,254
TC3 x TC6	0,418	0,746	0,244	0,593	0,146
TC6 x TC6+AQ	0,550	0,012*	0,011*	0,260	0,011*
AQ x TC6+AQ	0,987	0,871	0,236	0,623	0,877
CV (%)	8,11	5,86	17,35	13,30	37,40

Cu, Fe, Zn e Mn em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; C-bio= C da Biomassa microbiana em $\mu\text{g g}^{-1}$. * **Significativos pelo teste de Scheffé a 5% e 10%.

Para os micronutrientes no LVd (tabela 4.7) foram observadas respostas semelhante ao que ocorreu no LVEf (tabela 4.6), porém com menores teores para todos os nutrientes avaliados. O carbono da biomassa microbiana teve um aumento de seus teores em relação à testemunha, diferindo estatisticamente nos contrastes T0 x TC6 e TC3 x TC6.

Os contrastes não ortogonais para Cu não foi significativo. Para Fe, Zn e Mn foram observadas significâncias para os contrastes correspondentes aos tratamentos AQ e TC6 (tabela 4.7).

Tabela 4.7 – Valores médios dos teores de nutrientes e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês e C da biomassa microbiana do solo utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico.

Tratamentos	Cu	Fe	Zn	Mn	C-bio
T0	0,465	21,82	0,242	8,48	60,84
TC3	0,463	21,37	0,237	7,43	37,76
TC6	0,495	20,55	0,313	6,43	112,32
AQ	0,435	15,53	0,402	7,31	83,07
TC6 + AQ	0,477	15,80	0,450	6,31	136,09
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)				
T0 x TC3	0,896	0,794	0,904	0,168	0,490
T0 x TC6	0,253	0,465	0,220	0,015*	0,217
T0 x AQ	0,253	0,003*	0,013*	0,129	1,000
T0 x TC6+AQ	0,580	0,004*	0,003*	0,011*	0,217
TC3 x TC6	0,307	0,634	0,182	0,188	0,068**
TC6 x TC6+AQ	0,537	0,017*	0,027*	0,867	0,217
AQ x TC6+AQ	0,103	0,874	0,404	0,187	0,394
CV (%)	6,68	11,24	20,07	12,53	63,21

Cu, Fe, Zn e Mn em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; C-bio= C da Biomassa microbiana em $\mu\text{g g}^{-1}$. *; **Significativos pelo teste de Scheffé a 5% e 10%.

Observou-se um aumento nos teores médios do carbono da biomassa microbiana em ambos os solos, com um incremento expressivo nos tratamentos com 6 kg m^{-3} do Terracottem®, e com diferença significativa no contraste TC3 x TC6. Esses aumentos não podem ser explicados pelo acúmulo da matéria orgânica, pois foram baixos os teores encontrados nos solos, mesmo havendo uma associação com o C liberado pela atividade microbiana (VARGAS; SCHOLLES, 2000). Os resultados obtidos estão de acordo com Haron et al. (1998) que trabalhando com a cultura de dendê constataram que com o decorrer do tempo aumenta o carbono da biomassa microbiana do solo.

Neste estudo verificou-se que em ambos os solos testados, ocorreu um aumento dos teores de fósforo e potássio e uma diminuição de magnésio, resultados que estão de acordo com aqueles apresentados por Nissen (1994) que indica que os condicionadores de solo podem atuar como fonte de nutrientes, diminuir a fixação de fosfatos e facilitar a lixiviação de nutrientes como potássio, magnésio e nitratos. Por outro lado, os polímeros hidroabsorventes contidos no condicionador influenciam a absorção e disponibilidade dos nutrientes, uma vez que

cátions mono e bivalentes do solo e dos fertilizantes diminuem a absorção de água pelos polímeros facilitando assim a lixiviação dos nutrientes (BOWMAN; EVANS; PAUL, 1990).

A utilização do condicionador de solo possui a função de aumentar e disponibilizar água e nutrientes, reduzir perdas nutricionais, e melhorar o condicionamento e o desenvolvimento radicular e aéreo das plantas (HENDERSON; HENSLEY, 1986; VLACH, 1991), por isso pode-se relacionar o aumento de alguns teores dos nutrientes no solo. Balena (1999) avaliando o efeito do condicionador em solos de areia marinha e argilosos constatou um efeito positivo na parte físico-química destes solos, verificando a potencialidade do condicionador na melhoria dos atributos do solo, como constatado no presente trabalho onde houve melhorias nos atributos químicos e biológicos dos solos testados. À medida que as plantas de macaúba foram se desenvolvendo podem ter influenciado a disponibilidade de nutrientes. Tanaka et al. (2009), trabalhando com dendê (*Elaeis guineensis*) e a utilização de fertilizantes durante 28 anos, observaram que apenas no ano 16 houve diminuição dos teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, sendo que a palmeira teve influência direta na ciclagem de nutrientes e na elevação da taxa de matéria orgânica, porém neste trabalho constatou-se aumento nos teores médios de cálcio, fósforo, potássio, matéria orgânica, cobre e o carbono da biomassa microbiana, utilizando a palmeira macaúba, o condicionador de solo, adubação química e dois solos. Ainda são incipientes os trabalhos que relacionam a disponibilidade de nutrientes no solo com a utilização de condicionadores.

4.5.2 Teores Foliares de Nutrientes

Os valores médios para os teores de nutrientes encontrados nas folhas da macaúba podem ser observados nas tabelas 4.8 e 4.10 para o solo argiloso (LVef) e nas tabelas 4.9 e 4.11 para o solo arenoso (LVd).

No LVef, de modo geral, verificou-se aumento dos teores dos macronutrientes e do manganês, principalmente com a utilização do Terracottem®. Para Cu, Fe e Zn ocorreram reduções dos seus teores em relação à testemunha. No Latossolo Vermelho distroférico, não houve nenhum efeito significativo que possa ser atribuído à utilização do Terracottem®.

O nitrogênio e o potássio foram significativos em alguns contrastes comparados com a testemunha no solo argiloso. O K^+ apresentou diferenças significativas, a combinação Terracottem® e adubação química observou a menor média, duas vezes menor que os outros tratamentos. Motoike et al. (2013) citam que a resposta das palmáceas à adubação é lenta e só é percebida a partir do sexto mês de idade. As recomendações citadas pelos autores de 3,03; 1,7 e 11,4 g kg^{-1} de NPK na folha, estão na faixa encontrada neste trabalho, o fósforo apresentou valores dos teores até 44% maiores, o potássio em até 29%, porém o teor de nitrogênio foi inferior ao encontrado pelos autores, com 69% a menos que o teor indicado. O Ca^{2+} apresentou valores médios abaixo do recomendado, apenas o TC3 e TC6 no LVef e o TC3 no LVd foram superiores ao valor de 7,3 g kg^{-1} de cálcio indicado. Foram observadas médias dos teores de magnésio abaixo do sugerido pelos autores acima citados, com 1,7 g kg^{-1} , em todos os tratamentos, exceto a testemunha do LVd, que apresentou média superior com 2,605 g kg^{-1} .

Nos contrastes não ortogonais, o P não apresentou diferença significativa a 5% para ambos os solos (tabelas 4.8 e 4.9), porém a 10% de probabilidade apenas o contraste T0 x TC6+AQ foi significativo no LVef. No solo LVd apenas o K^+ nos contrastes T0 x TC3; T0 x TC6 e TC6 x TC6+AQ foram significativos. No mesmo solo, o Mg^{2+} nos tratamentos comparados com a testemunha apresentou diferença de até 2,6 g kg^{-1} do nutriente na folha. Estes resultados corroboram com Teixeira et al. (1998) trabalhando com dendê em sistemas agrofloretais e com diferentes adubações, observaram que apenas o potássio estava abaixo dos valores indicados como adequados para a cultura, desse modo, confirma-se a importância da adubação para o desenvolvimento das palmeiras.

Tabela 4.8 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
T0	9,19	2,614	16,244	3,904	0,636
TC3	14,40	3,046	12,847	10,044	0,311
TC6	10,42	2,569	14,254	10,769	0,659
AQ	13,39	2,716	11,664	6,916	0,763
TC6 + AQ	11,49	2,435	7,204	3,747	0,644
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)				
T0 x TC3	0,002*	0,727	0,028*	0,000*	0,003*
T0 x TC6	0,348	0,103	0,161	0,000*	0,776
T0 x AQ	0,008*	0,356	0,007*	0,024*	0,142
T0 x TC6+AQ	0,094**	0,056**	0,000*	0,909	0,903
TC3 x TC6	0,011*	0,180	0,307	0,530	0,002*
TC6 x TC6+AQ	0,400	0,709	0,000*	0,000*	0,871
AQ x TC6+AQ	0,161	0,252	0,008*	0,029*	0,172
CV (%)	12,05	13,53	12,17	19,05	14,41

N, P, K, Ca, Mg em g kg^{-1} . *; **Significativos pelo teste de Scheffé a 5% e 10%.

Tabela 4.9 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
T0	10,33	2,632	9,308	6,260	2,605
TC3	9,72	2,273	12,463	11,437	0,659
TC6	5,87	2,864	15,278	6,119	0,687
AQ	10,32	3,035	11,696	5,830	1,299
TC6 + AQ	13,02	2,692	8,967	5,104	0,700
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)				
T0 x TC3	0,559	0,938	0,003*	0,818	0,000*
T0 x TC6	0,646	0,632	0,042*	0,935	0,000*
T0 x AQ	0,271	0,402	1,000	0,542	0,007*
T0 x TC6+AQ	0,246	0,977	0,838	0,450	0,001*
TC3 x TC6	0,898	0,579	0,169	0,756	0,985
TC6 x TC6+AQ	0,118	0,612	0,060**	0,405	0,624
AQ x TC6+AQ	0,949	0,386	0,838	0,881	0,261
CV (%)	23,72	16,35	19,55	25,57	47,11

N, P, K, Ca, Mg em $g\ kg^{-1}$. *; **Significativos pelo teste de Scheffé a 5% e 10%.

Em Pimentel (2012) foram observados valores similares para K^+ e duas vezes maiores para o nitrogênio, justificando-se estes resultados pela utilização de adubação nitrogenada (ureia) e potássica (KCl). Os valores médios dos teores de fósforo foram superiores ao apresentado pelo autor (Pimentel, 2012) utilizando como fonte superfosfato simples. As mesmas fontes de fertilizantes utilizadas, para ambos os autores, proporcionou aumento dos teores foliares de nutrientes.

O manganês sofreu efeito positivo na avaliação dos contrastes em comparação ao tratamento TC6+AQ. As médias encontradas para os micronutrientes ficam dentro do intervalo dos teores de nutrientes avaliados por Pimentel (2012) e Motoike et al. (2013) em 36; 159; 11 e 4 $mg\ kg^{-1}$ de Mn, Fe, Zn e Cu, respectivamente.

Tabela 4.10 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho eutroférico.

Tratamentos	Cu	Fe	Zn	Mn
T0	5,5	888,7	31,5	160,9
TC3	4,8	553,4	22,0	158,6
TC6	2,1	650,2	26,7	225,9
AQ	3,1	442,6	20,8	242,8
TC6 + AQ	3,9	522,1	30,6	373,0
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)			
T0 x TC3	0,398	0,129	0,367	0,448
T0 x TC6	0,039*	0,435	0,624	0,121
T0 x AQ	0,073**	0,026*	0,311	0,060**
T0 x TC6+AQ	0,163	0,083**	0,924	0,000*
TC3 x TC6	0,163	0,414	0,669	0,383
TC6 x TC6+AQ	0,398	0,287	0,692	0,004*
AQ x TC6+AQ	0,625	0,498	0,355	0,008*
CV (%)	38,97	22,60	44,32	17,93

Zn, Fe, Mn, Cu em mg kg⁻¹. *; **Significativos pelo teste de Scheffé a 5% e 10%.

Tabela 4.11 – Valores médios dos teores de nutrientes encontrados em folhas de macaúba e os valores de p nos contrastes não ortogonais para cobre, ferro, zinco, manganês, utilizando o condicionador Terracottem® e adubação química em um Latossolo Vermelho distroférico.

Tratamentos	Cu	Fe	Zn	Mn
T0	4,3	616,9	21,0	379,7
TC3	3,7	739,0	29,5	279,7
TC6	3,1	398,5	26,1	320,0
AQ	2,7	497,6	28,7	267,0
TC6 + AQ	2,2	282,0	24,5	210,6
Contrastes	$p > F$ (Scheffé)			
T0 x TC3	0,202	0,389	0,223	0,290
T0 x TC6	0,009*	0,201	0,604	0,160
T0 x AQ	0,020*	0,263	0,828	0,136
T0 x TC6+AQ	0,007*	0,202	0,359	0,070**
TC3 x TC6	0,098**	0,653	0,465	0,700
TC6 x TC6+AQ	0,912	0,998	0,681	0,628
AQ x TC6+AQ	0,583	0,862	0,478	0,699
CV (%)	30,21	38,22	36,20	33,34

Zn, Fe, Mn, Cu em mg kg⁻¹. *; **Significativos pelo teste de Scheffé a 5% e 10%.

Foram encontrados valores semelhantes em Pimentel (2012) trabalhando com diferentes adubações e substratos para a produção de mudas de macaúba, observando uma resposta positiva com aplicação de fertilizantes. Os nutrientes das folhas são em parte provenientes do endosperma que ainda fica inserido na planta até o seu desenvolvimento completo e explicam seus altos teores nos primeiros meses.

Viégas et al. (2004) estudando o efeito da omissão de nutrientes em açaí em um Latossolo Amarelo, verificaram que os nutrientes N, P, K, Mg e, entre o micronutrientes, o Mn são os principais responsáveis e os limitantes para o crescimento da cultura.

4.5.3 Avaliações Fitotécnicas

Não foram observadas diferenças significativas para altura das plantas, número de folhas, diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea, índice de área foliar e matéria seca de raiz. (tabelas 4.12 e 4.13). Sendo que, no Latossolo Vermelho eutroférico, para todas as variáveis avaliadas, os maiores valores foram obtidos no tratamento utilizando só adubação química (tabela 4.12).

Tabela 4.12 – Médias de altura, número de folhas (NF), diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF) e matéria seca de raiz (MSR) de plantas de macaúba em função dos tratamentos testados em Latossolo Vermelho eutroférico (argiloso).

Tratamentos	Altura (cm)	NF	Diâmetro (cm)	MSPA (g)	IAF	MSR (g)
T0	8,37	4,17	1,46	79,33	1,71	64,77
TC3	9,11	4,19	1,44	75,88	1,78	67,91
TC6	8,14	4,57	1,34	62,60	0,94	55,34
AQ	9,77	4,96	1,55	109,38	2,47	91,68
TC6+AQ	8,93	4,43	1,28	72,06	1,40	51,51
CV %	10,45	15,28	16,00	33,93	47,36	43,16
DMS	2,20 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,53 ^{ns}	65,18 ^{ns}	1,90 ^{ns}	68,32 ^{ns}

^{ns} DMS não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.13 – Médias de altura, número de folhas (NF), diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF) e matéria seca de raiz (MSR) de plantas de macaúba em função dos tratamentos testados em Latossolo Vermelho distroférico (arenoso).

Tratamentos	Altura (cm)	NF	Diâmetro (cm)	MSPA (g)	IAF	MSR (g)
T0	7,56	3,86	1,21	56,65	0,69	34,34
TC3	8,05	4,82	1,20	72,51	1,82	61,11
TC6	9,11	4,60	1,50	83,06	1,76	69,20
AQ	8,67	4,90	1,53	91,70	1,89	66,23
TC6+AQ	9,50	4,96	1,39	68,46	1,38	51,82
CV %	9,89	12,98	14,63	27,53	53,24	43,56
DMS	2,02 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,47 ^{ns}	48,63 ^{ns}	1,93 ^{ns}	59,12 ^{ns}

^{ns} DMS não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.14 – Valores médios para altura (cm) a cada 30 dias após a instalação do experimento para a macaúba em um Latossolo Vermelho eutroférico.

Tratamentos	0	30	60	90	120	150	180
T0	7.68	7.58	6.65	7.50	8.33	9.97	10.95
TC3	7.35	7.98	8.25	8.73	8.83	9.30	9.90
TC6	6.80	6.50	6.70	7.87	9.33	9.83	10.00
AQ	8.85	7.50	7.78	7.80	10.10	13.10	13.28
TC6+AQ	7.20	7.30	7.55	7.53	8.88	11.88	12.23

Tabela 4.15 – Valores médios para altura (cm) a cada 30 dias após a instalação do experimento para a macaúba em um Latossolo Vermelho distroférico.

Tratamentos	0	30	60	90	120	150	180
T0	7.47	6.97	6.77	7.07	7.43	8.73	8.50
TC3	7.03	7.25	6.98	7.20	8.95	9.38	9.63
TC6	8.28	8.53	7.70	7.65	9.80	10.90	10.93
AQ	7.50	6.57	6.97	7.47	9.80	10.83	11.57
TC6+AQ	8.13	8.23	7.83	8.08	9.95	11.88	12.45

As médias para o Latossolo Vermelho distroférico apresentaram respostas diferentes para cada variável estudada. A altura e o número de folhas alcançaram as maiores médias no tratamento TC6+AQ, mas não foram significativamente diferentes. Para diâmetro do coleto, MSPA, IAF a adubação

química sobressaiu-se em valores maiores de médias. A MSR no tratamento TC6 obteve o maior valor.

Nas tabelas 4.14 e 4.15 foi possível verificar que a cada 30 dias apresentaram aumentos nas alturas das plantas, em ambos os solos, e para todos os tratamentos testados, mesmo que haja diminuição em algum determinado tempo, houve o acréscimo em seguida. Também foi verificado que no solo argiloso as maiores médias foram obtidas no tratamento correspondente à adubação química, enquanto que no solo arenoso o tratamento TC6+AQ destacou-se dos demais. Modesto et al. (2009) usando alguns condicionadores conferiram que o lodo de esgoto isolado ou em mistura proporcionou um crescimento favorável para o monjoleiro e o jatobá-do-cerrado. Pimentel (2012) avaliando a macaúba em diferentes doses de adubos verificou um aumento significativo na altura à medida que houve aumento das doses de nutrientes.

Para produção de MSPA e de MSR foram observados que a adubação química (ureia + superfosfato simples + cloreto de potássio) foi eficiente para elevar a matéria seca, porém entre os tratamentos as médias não tiveram diferenças significativas. Para diâmetro do coleto e número de folhas também não ocorreram diferenças e as maiores médias foram encontradas na adubação química. Pimentel (2012) trabalhando com adubação de cobertura em mudas de macaúba também verificou resultados semelhantes. Viégas et al. (2004) verificaram respostas similares aos encontrados quando trabalhou com açaí com omissão de nutrientes.

O uso do Terracottem® na dose recomendada pelo fabricante (6 kg m^{-3}), na dose inferior e a combinação com um fertilizante, teve efeito positivo no LVd, porém inferior no LVEf nas avaliações fitotécnicas. Melo et al. (2005) verificaram que ao utilizar Terracottem® em mudas de café, a altura das mudas diminuiu com o aumento das doses do produto.

Na fase de muda, ocorre demanda elevada no metabolismo para os elementos Ca^{2+} e P, que atuam na formação da estrutura celular. Observou-se uma elevação dos teores foliares de Ca^{2+} e P utilizando adubação química e o condicionador de solo, obtendo resposta positiva nas variáveis fitotécnicas avaliadas. Pois o Ca^{2+} está envolvido na alongação das células e na constituição da parede celular e o P é atuante na composição dos ácidos nucleicos e membranas, (TAIZ; ZEIGER, 2004; PIMENTEL, 2012).

Torres et al. (2008) e Motta et al. (2013) observaram diminuições nas massas seca de raiz e da parte aérea, mas no geral foram superiores quando utilizaram a recomendação do fabricante. Danneels e Van Cotthem (1994) verificaram que é preciso estudar o efeito do condicionador para diferentes culturas e definir com maior precisão as recomendações necessárias para não causarem danos. Os autores trabalharam com pimenta, feijão e milho e constataram que a dose recomendada (6 kg m^{-3}) aumenta significativamente a biomassa da cultura. Danneels, Beeckman e Van Cotthem (1993) usando a *Ammophilla arenaria* (L.) como referência e areia marinha, encontraram que quando combinavam o condicionador e fertilizantes, todas as variáveis avaliadas como altura, matéria seca de parte aérea e raiz sofreram efeito positivo, atestando que para aumentar a eficácia do produto esta combinação com adubos se faz necessária.

Não houve diferença entre as médias do índice de área foliar, mas nota-se um aumento do índice em ambos os solos no tratamento com fertilizante (2,47 no LVEf e 1,89 no LVd). No solo arenoso (LVd) verificou-se um aumento do IAF gradativo em relação à testemunha, diferentemente do argiloso (LVEf) em que o menor valor encontrado foi para o tratamento TC6 (tabela 4.12 e 4.13). Não se sabe qual o índice ideal para a macaúba, mas para melhor aproveitamento da interceptação da luz é necessário um índice elevado, como é o caso da soja onde o ideal é 3,2, para o milho 5,0 e entre 6,0 e 8,8 para o trigo (YOSHIDA, 1972). Como as plantas estavam sob um telado com 50% de interceptação de luz, pode ter ocorrido influência no crescimento das folhas e folíolos com diminuição do tamanho das folhas, pois, fatores intrínsecos e extrínsecos podem interferir na capacidade de produção de folhas (ENDRESS et al. 2004). O tempo de permanência no telado pode ter sido um fator fundamental para o desenvolvimento das plantas e da disponibilidade de nutrientes para o solo, já que há influência direta do ambiente nas plantas e no solo, afetando as avaliações fitotécnicas, do solo e dos tecidos foliares.

A utilização de condicionadores de solo e fertilizantes pode auxiliar na obtenção de mudas saudáveis e vigorosas para a implantação de cultivos comerciais. A disponibilidade de nutrientes se reflete na qualidade da planta ou da muda e posteriormente no potencial produtivo de óleo, para que possa atender a demanda dos biocombustíveis.

4.6 CONCLUSÕES

A combinação do Terracottem® com adubação química elevou os teores de nutrientes nos solos avaliados e nos tecidos foliares da planta de macaúba.

O Terracottem® foi eficiente para elevar os níveis dos atributos químicos e o C da biomassa microbiana avaliados, nos dois solos estudados.

A adubação química com ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio proporcionaram elevados índices fitotécnicos (altura, massa seca da parte aérea e da raiz e o índice de área foliar) da planta de macaúba.

5 ARTIGO C: DESENVOLVIMENTO RADICULAR DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) EM DOIS SOLOS

5.1 RESUMO

O sistema radicular das plantas tem um papel fundamental na absorção dos nutrientes e na sua sustentação. As palmeiras possuem raízes pouco profundas, mas oferecem grande aporte ao seu sustento. Suas raízes formam um aglomerado de raízes secundárias, terciárias e quaternárias constituindo um bom sistema de absorção de água e nutrientes. O estudo de raízes é moroso, e em palmeiras é incipiente. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento radicular da *Acrocomia aculeata* ecotipo *sclerocarpa* em dois solos. O estudo foi desenvolvido na Universidade Estadual de Londrina, em vasos preenchidos com dois solos, Latossolo Vermelho eutroférico (argiloso) e um Latossolo Vermelho distroférico (arenoso), em telado. Avaliou-se o sistema radicular da macaúba a cada 90 dias utilizando-se o programa Safira®. As variáveis avaliadas foram: volume (mm^3), área (mm^2), diâmetro (cm) e comprimento (mm) de raízes. A parte aérea também foi mensurada a cada 30 dias, em altura (cm), diâmetro do coleto (cm) e número de folhas. As plantas foram avaliadas até 360 dias. Verificou-se um aumento significativo, nos dois solos, para todas as variáveis. O sistema radicular no Latossolo Vermelho eutroférico desenvolveu-se melhor atingindo médias elevadas, exceto no comprimento. O Latossolo Vermelho distroférico, aos 360 dias, obteve o maior comprimento de raízes. Na parte aérea, o solo arenoso destacou-se em relação ao argiloso, mantendo suas médias constantes em altura, número de folhas e diâmetro.

5.2 ABSTRACT

The root system of plants plays a key role in the absorption of nutrients in their support. Palm trees have shallow roots, but offer great contribution to their livelihood. Its roots form a cluster of secondary, tertiary and quaternary roots constituting a good system for absorbing water and nutrients. The study of roots is lengthy, and palm trees are weak. The objective of this study was to evaluate root development of *Acrocomia aculeata sclerocarpa* ecotype in two soils. The study was conducted at the State University of Londrina, in pots filled with two soils, Oxisol (clayey) and an Oxisol (sandy), in greenhouse. We evaluated the root system macaw palm every 90 days using the Safira® program. The variables evaluated were: volume (mm^3), area (mm^2), diameter (cm) and length (mm) of roots. The shoot was also measured every 30 days, height (cm), stem diameter (cm) and number of leaves. The plants were evaluated up to 360 days. There was a significant increase in both soils, for all variables. The root system in Oxisol (clayey) developed best hitting high averages, except length. The Oxisol (sandy) at 360 days, had the highest root length. In the shoots, the sandy soil stood out compared to clay, maintaining its constant average height, leaf number and diameter.

5.3 INTRODUÇÃO

A importância do sistema radicular quanto às suas características morfológicas e fisiológicas é de grande interesse para entender o processo de produção e desenvolvimento agrícola (PEARSON, 1974). Além de intuir as modificações causadas no sistema solo – planta em regiões sem interferência antrópica como em locais manejados química e fisicamente.

Segundo Tomlinson (1990), as palmeiras possuem um sistema radicular composto por raízes primárias - responsáveis pela sustentação da planta - secundárias, terciárias e quaternárias, os principais órgãos de absorção de água e nutrientes. Por serem pequenas e de menores diâmetros possuem uma relação direta com o tipo de solo, pois podem sofrer danos, afetando o desenvolvimento e crescimento da planta.

Devido ao fato de estudos do sistema radicular de plantas serem morosos e muito trabalhosos, o interesse em estudar o sistema radicular de plantas perenes ainda é incipiente. Alguns trabalhos relacionados ao desenvolvimento radicular das palmeiras citam que as raízes situam-se em torno de 40 cm de profundidade e 100 cm lateralmente à estipe, em períodos com grande concentração de chuvas (VANDERMEER, 1977; BASSOI et al., 1999). No período de seca, a concentração radicular fica em torno de 10 cm de profundidade e a 50 cm do estipe. Sendo que, o desenvolvimento radicular está atrelado ao tipo de solo, condição de umidade, práticas culturais e a variabilidade genética (CINTRA; PASSOS; LEAL, 1993).

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira, de porte alto podendo chegar a 15m de altura, possui uma copa plumosa, e em todo seu estipe e folhas possui espinhos (LORENZI, 1991). Encontrada praticamente em todo o Brasil, verifica-se a capacidade de adaptação de seu sistema radicular os diferentes solos brasileiros.

Pesquisas relacionadas ao desenvolvimento e crescimento radicular da macaúba ainda são incipientes e faltam informações, principalmente sobre seu comportamento em relação ao diâmetro, comprimento, área, entre outros, em diferentes tipos de solos, já que sua distribuição geográfica é bem ampla, acompanhando assim características distintas dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Conseqüentemente, atrelado a estas características de solo, o

volume de raízes está associado diretamente à capacidade produtiva e afeta principalmente a produção de frutos e a produtividade e qualidade de óleo.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento radicular da *Acrocomia aculeata* ecotipo *sclerocarpa* em dois solos.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos de 20 litros, sob telado, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, durante um período de 12 meses, julho/12 a julho/13. As mudas de macaúba (*Acrocomia aculeata*) foram adquiridas da Acrotech Reflorestamento[®]. Foram utilizados para o preenchimento dos vasos, dois tipos de solo um argiloso (Latosolo Vermelho eutroférico - LVef) e um arenoso (Latosolo Vermelho distroférico LVd), coletados em Londrina e Jaguapitã – PR, respectivamente, ambos da camada de 0-20 cm. Os solos foram peneirados em peneira de 4 mm e caracterizados quimicamente, inicialmente e a cada 3 meses, utilizando-se a metodologia descrita em Pavan et al. (1992), onde, K foi determinado por fotometria de chama; P por espectrometria de absorvância a 630 nm; Ca, Mg, Al por titulação com EDTA e NaOH; pH, H+Al por aferição no pHmetro; e, C por ataque sulfúrico e titulação. A argila foi determinada de acordo com Claessen (1997) pelo método da proveta em agitação lenta (16 h).

Tabela 5.1 – Caracterização inicial dos solos utilizados no experimento.

	P	pH	C	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V	Argila
	mg kg ⁻¹	CaCl ₂	g kg ⁻¹	-----	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	-----	%	g kg ⁻¹
LVef	1,35	4,85	10,7	0,37	6,46	1,57	4,96	0,08	62,8	654,0
LVd	1,13	4,53	2,3	0,01	1,72	0,48	2,95	0,03	42,6	111,5

O experimento foi instalado em 24 vasos, 12 vasos com solo argiloso e 12 com arenoso. A cada 90 dias quatro vasos foram retirados para avaliação das raízes, até completar um ano de experimento. O delineamento foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições para os tratamentos. As raízes foram retiradas e lavadas em peneira de 1 mm. Depois de lavadas foram pesadas e sua massa fresca determinada. Estas por sua vez, foram levadas para estufa com

circulação de ar forçado, na temperatura de 60°C até peso constante, para determinação da massa seca.

Para a avaliação do volume (mm^3), diâmetro médio (cm), comprimento (mm) e da área (mm^2) foi utilizado o programa Safira[®] (JORGE; SILVA, 2010), onde os segmentos radiculares (secos) foram expostos em um papel branco de tamanho A3 e distribuídos uniformemente e as fotos registradas para serem inseridas no programa. Quando inseridas, as fotos foram ajustadas para melhor visualização do sistema radicular para a análise.

Os parâmetros das plantas avaliados durante o experimento para crescimento aéreo foram: altura (entre o colo e a união das folhas) e diâmetro do coleto, utilizando-se régua e paquímetro, respectivamente; e, número de folhas. Essas avaliações foram feitas a cada 30 dias.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa Sisvar[®] (FERREIRA, 2008)

5.5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os trabalhos envolvendo o desenvolvimento radicular das palmeiras estão relacionados à arquitetura da raiz e sua distribuição no solo. Trabalhos compreendendo o sistema radicular da macaúba não foram encontrados, sendo este o primeiro a avaliar volume, área, diâmetro e comprimento de raiz.

Aos 360 dias, em ambos os solos, observou-se diferença estatística para todas as variáveis testadas (tabela 5.2 e 5.3). O volume de raízes no solo argiloso e arenoso atingiu os maiores valores aos 360 dias, sendo 24 e 28 vezes superiores aos valores obtidos aos 270 dias, com pequenas diferenças entre 90 e 180 dias, não sendo verificadas diferenças significativas nas três primeiras épocas avaliadas. O solo argiloso (LVef) obteve médias superiores ao arenoso (LVd).

Estudos indicam que o volume de raízes encontra-se principalmente na camada de 0-20 cm de profundidade e na projeção da copa, muitas vezes o tipo de solo interfere na quantidade, devido à densidade do solo, disponibilidade de água e nutrientes (FERREIRA et al., 1995; NELSON et al., 2006; RAMOS et al., 2009; NODICHAO et al., 2011). Esse volume na camada superficial e na projeção da copa

compreende as raízes que promovem alguma fixação e, sobretudo desempenham um papel na absorção de água e nutrientes.

As médias de área de raízes foram elevadas e apresentaram diferenças significativas aos 360 dias em ambos os solos. Como ocorreu no volume, os valores das médias de área aumentaram mais de cem vezes aos 360 dias em relação aos 180 dias, e as médias aos 90 e 180 dias foram baixas (tabelas 5.2 e 5.3).

Nodichao et al. (2011) citam que a maior área de abrangência das raízes das palmeiras encontra-se em torno da planta, abrangendo uma faixa de 0,4 m² m⁻². Ferreira et al. (1995) estimaram que a pupunha (*Bactris gasipaes*) teria a capacidade de ter uma área superficial radicular de 545 m².

A área do sistema radicular das palmeiras ocupa é relativamente grande, podendo atingir profundidades e distâncias laterais elevadas, chegando a dois metros de profundidade (FERREIRA; CLEMENT; RANZONI, 1980). O sistema radicular do dendê, por exemplo, ocupa uma área menor, pois se encontra na área de projeção da copa, onde mantém a maioria das raízes absorventes (RUER, 1967).

As médias de diâmetro de raízes para o Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) foram superiores as obtidas para o Latossolo Vermelho distroférico (LVd). Não houve diferença significativa entre os períodos no LVd. A maior média de diâmetro foi obtida aos 270 dias com 1,86 cm e a menor média aos 180 dias com 1,56 cm no LVef. Jourdan e Rey (1997) avaliando a arquitetura e o desenvolvimento radicular do dendê observaram valores menores do que os encontrados neste trabalho, alcançando 0,80 cm de média para o diâmetro de raízes. Um fato importante que os autores relatam é que o experimento foi realizado a campo e o presente estudo em vasos de 20 litros. Devido ao pouco espaço que o vaso proporciona as raízes ao invés de se desenvolverem em comprimento, podem ter aumentado em diâmetro, o que justificaria estes valores maiores encontrados pelos autores.

Os valores de comprimento radicular foram aumentando com o decorrer do tempo, tanto no LVef quanto no LVd. O maior comprimento de raízes foi observado no LVd aos 360 dias, com 98510,03 mm. Não houve diferença significativa entre o período de 90 e 180 dias e 270 e 360 dias para ambos os solos. As médias do comprimento radicular neste trabalho são maiores que os encontrados em trabalhos com dendê, *Elaeis guineensis*, (JOURDAN; REY, 1997; JOURDAN;

MICHAUX-FERRIÉRE; PERBAL, 2000), onde a maioria, das avaliações foram realizadas em plantações comerciais, com manejos adequados, onde a busca por água e nutrientes permanece na área da copa, tendendo a ser menor.

O Latossolo Vermelho eutrófico apresentou médias superiores para todas as variáveis avaliadas. Motta et al. (2002) verificaram a ocorrência de macaúba em diferentes localidades, e observaram que a maioria das palmeiras encontravam-se em solos argilosos e eutróficos, mas não havia impedimento para o desenvolvimento da palmeira em locais arenosos e distróficos.

Tabela 5.2 – Desenvolvimento radicular da macaúba, em vasos, em um Latossolo Vermelho eutrófico.

	LVef (argiloso)			
	Dias			
	90	180	270	360
Volume	6297,27 b	8334,39 b	21273,18 b	503033,70 a
Área	4657,01 b	5655,42 b	20265,20 b	581130,56 a
Diâmetro	1,65 ab	1,56 b	1,86 a	1,73 ab
Comprimento	17036,19 b	38497,63 ab	78847,12 a	80875,8 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Volume, mm³; Área, mm²; Diâmetro médio, cm; Comprimento, mm.

Tabela 5.3 – Desenvolvimento radicular da macaúba, em vasos, em um Latossolo Vermelho distroférrico.

	LVd (arenoso)			
	Dias			
	90	180	270	360
Volume	2492,03 b	5003,84 b	15431,74 b	424554,60 a
Área	2404,82 b	3119,60 b	16961,29 b	493355,29 a
Diâmetro	1,62 a	1,70 a	1,69 a	1,67 a
Comprimento	18158,22 b	18846,88 b	71499,36 a	98510,03 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Volume, mm³; Área, mm²; Diâmetro médio, cm; Comprimento, mm.

O Latossolo Vermelho distroférrico apresentou médias superiores ao Latossolo Vermelho eutrófico nas avaliações fitotécnicas. As figuras 5.1 e 5.2 apresentam as médias de altura, número de folhas e diâmetro do coleto. Houve um aumento das médias para altura e diâmetro no decorrer do tempo, porém o número de folhas decresceu no solo argiloso e apresentou-se constante no solo arenoso.

No período de 30 dias entre uma avaliação e outra, houve em média crescimento em altura de 0,25 cm em ambos os solos. Ortega et al. (2006) avaliando o desenvolvimento em diferentes taxas de sombreamento do araçá (*Psidium cattleianum*), verificaram valores aproximados de $16,88 \pm 5,54$ cm ao ano. Carvalho et al. (2006) constataram uma taxa de crescimento de 9,52 cm no período de 120 dias, em plantas de licuri (*Syagrus coronata*) sob 30% de luz. Neste trabalho, as plantas de macaúba foram acondicionadas em um telado com 50% de sombreamento.

Há influência no crescimento da planta, podendo obter respostas não favoráveis, quando são cultivadas em diferentes solos sem a adição de nutrientes complementares. Trabalhando com açaí (*Euterpe oleracea*), em um Latossolo Amarelo do Pará e a omissão de nutrientes, Viégas et al. (2009) verificaram que não houve restrição na altura de plantas, mas o solo com a omissão de fertilizantes obteve os menores índices de altura. Em condições de baixa disponibilidade de recursos (luz e nutrientes), as plantas produzem maior quantidade de foto-assimilados, apresentando alongamento celular e maior altura (WARDLAW, 1990).

Figura 5.1 – Altura, número de folhas (NF) e diâmetro do coleto para mudas de macaúba, durante um período de 360 dias, em um Latossolo Vermelho eutroférico (argiloso). As barras representam o desvio padrão.

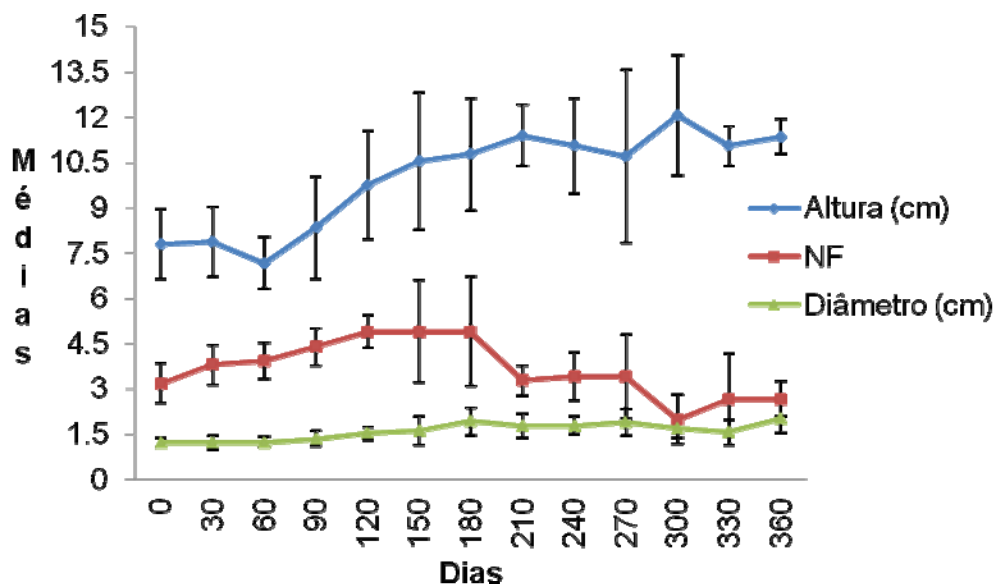
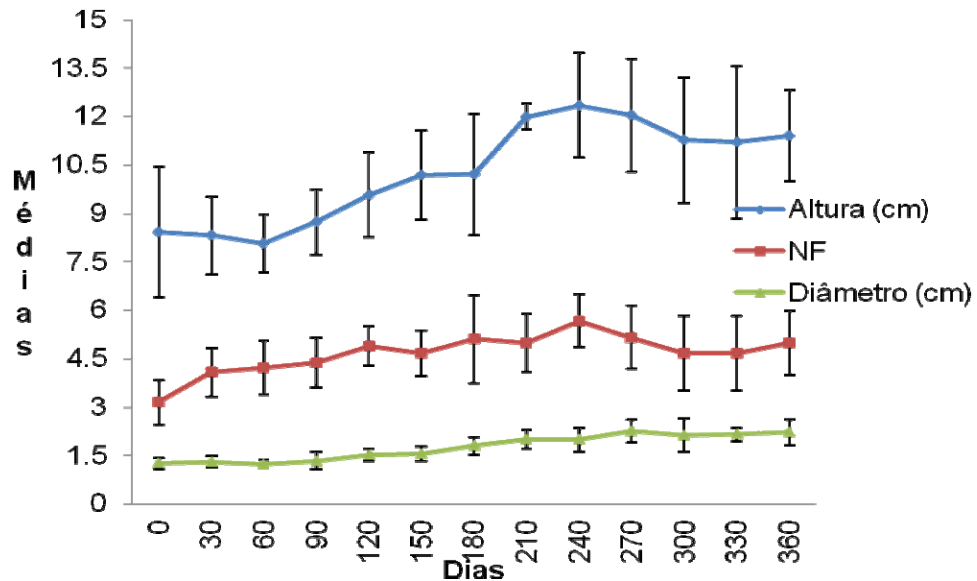


Figura 5.2 – Altura, número de folhas (NF) e diâmetro do coleto para mudas de macaúba, durante um período de 360 dias, em um Latossolo Vermelho distroférico (arenoso). As barras representam o desvio padrão.



O número de folhas foi maior no solo arenoso e manteve média de 4,6 folhas durante o período de 360 dias, enquanto o solo argiloso obteve 3,6 folhas. Diferentemente do solo arenoso que manteve a média, ocorreu no Latossolo Vermelho eutroférico aos 180 dias uma diminuição no número de folhas, passando de 4,9 para 3,2 folhas por planta. Estes valores são semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (2006) com a palmeira licuri. A diminuição do número de folhas pode ter relação com algum processo fisiológico ou com a disponibilidade de nutrientes e água.

De acordo com Nodari (1999), o número de folhas não é uma indicação característica para representar diferenças no crescimento e desenvolvimento de plantas, pois sempre há emissões de novas folhas. Em conjunto com as demais variáveis, o número de folhas, demonstrou um crescimento favorável em ambos os solos.

O crescimento no diâmetro do coleto ocorreu em ambos os solos. No solo argiloso, o crescimento mensal do diâmetro foi em média de 0,07 cm e no arenoso de 0,08 cm. Os maiores diâmetros foram observados aos 360 dias com 2,04 cm (LVef) e 2,22 cm (LVd). Souza et al. (2010) utilizando diferentes substratos na fase de pré-viveiro, verificaram médias semelhantes no crescimento da macaúba.

O licuri apresentou aumento no diâmetro em níveis baixos de sombreamento (CARVALHO et al., 2006). Oliveira, Filho e Bezerra (2009) observaram valores menores no diâmetro de carnaúba (*Copernicia hospita*), quando se utilizou sementes pequenas em relação às grandes, utilizando uma mistura de substratos de areia com compostos orgânicos e cultivadas a sombra em relação ao pleno sol. Sendo um bom indicador de crescimento e pela simplicidade de mensuração, o uso do diâmetro do coleto retrata o desenvolvimento vegetativo em palmeiras (BONNEAU et al., 1993; CLEMENT, 1995; CLEMENT; BOVI, 2000).

O desenvolvimento da macaúba durante os 360 dias obteve resposta satisfatória tanto para o desenvolvimento radicular quanto para a parte aérea em solo argiloso e arenoso. Contudo, ainda são necessários estudos frente ao seu desenvolvimento inicial, principalmente no que se diz respeito a cultivos em diferentes solos, pois mudas saudáveis e vigorosas são fundamentais para o sucesso dos cultivos comerciais.

5.6 CONCLUSÃO

O sistema radicular da macaúba obteve os melhores índices de desenvolvimento no Latossolo Vermelho eutroférico para volume, área, diâmetro e comprimento.

No Latossolo Vermelho distroférico, a macaúba obteve valores superiores para altura, número de folhas e diâmetro do coleto.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A.; REBÊLO, Y. S.; SHRIMPTON, R. Aspectos nutritivos de alguns frutos da Amazônia. **Acta Amazonica** v. 10, p.755-758. 1980.
- AKHTER, J.; MAHMOOD, K.; MALIK, K. A.; MARDAN, A.; AHMAD, M.; IQBAL, M. M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant soil environ.**, v.50, n.10, p.463-469. 2004.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 14-19. 1998.
- AMARAL, F. P. do. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart.)** Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia) 2007. 52p.- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.
- ANDERSON, I. M.; INGRAM, J. S. I. eds. Tropical soil biology. A handbook of methods. **CAB International**, London, p. 41-43, 1993.
- ANP, Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretária de Produção e Agroenergia. 2 ed. rev. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.110. 2012.
- AQUINO, F. G., SILVA, M. R., RATTER, J. A., RIBEIRO, J. F.; VILELA, M. F.; OLIVEIRA, M. C. Distribuição geográfica das espécies *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. e *Caryocar brasiliense* Cambess no Bioma Cerrado. In: **Anais... In: IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, EMBRAPA Cerrados, Brasília, p. 6. 2008.**
- ASTURIAS, R. O. **Bioenergía en Centroamérica**. In: III Foro Regional Alianza en Energía y Ambiente, 18-19 março 2004, Antigua, Guatemala. Disponível em: <http://www.camagro.com/cnplm/Articulos/3_03.asp>. Acesso em 30 ago. 2012.
- AYRES, M.; JÚNIOR, M. A.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. dos.; **BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Belém, Pará, 380p. 2007.
- BALENA, S. P. **Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos**, Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia) 1999. 57f. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.
- BARLETO, E. A. **Respostas ecofisiológicas de *Acrocomia aculeata* (Jacquin) Loddies ex. Martius ao déficit hídrico sazonal e a disponibilidade de nutrientes**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia) 2011, 135p. Instituto de Ciências Biológicas. Universidade de Brasília. Brasília – DF.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 666p. 1998.

BASSOI, L. H.; FLORI, J. E.; ALENCAR, C. M.; SILVA, J. A. M.; RAMOS, C. M. C. Distribuição espacial do sistema radicular da pupunheira em solos irrigados no Vale do São Francisco. **Eng. Agric.**, v.19, p.163-176, 1999.

BECKERMAN, S. **The use of palms by the barí indians of the Maracaibo basin**. **Principes** v.21, p.143-154. 1977.

BEN-HUR, M.; KEREN, R. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.61, p.565-570. 1997.

BERNARDI, A. C. de C.; LUCENA TAVARES, S. R. de; ANGELUNE SCHMITZ, A. Produção de meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa-de-vegetação. **Irriga**, v.10, n.1, p.82-85, 2005.

BERTON, L. H. C.; FILHO, J. A. A.; SIQUEIRA, W. J.; COLOMBO, C. A. Seed germination and estimates of genetic parameters of promising macaw palm (*Acrocomia aculeata*) progenies for biofuel production. **Industrial Crops and Products**. v.51, p.258– 266. 2013.

BICALHO, E. M. **Germinação e mobilização de reservas de sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. ex. Martius)**. 2011. 71p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

BICALHO, E. M.; CARVALHO, M.; MOTOIKE, S. Y.; PAES, J. M. V. Propagação da macaúba: ciência e desafio. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.16-19. Nov/dez. 2011.

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

BONNEAU, X.; OCHS, R.; QUSAIRI, L.; LUBIS, L.N. Nutrition minérale des cocotiers hybrides sur tourbe de la pépinière à l'entrée en production. **Oléagineux**, v.48, p.9-26, 1993.

BORA, P. S.; ROCHA, R. V. M.; NARAIN, N.; MOREIRA-MONTEIRO, A. C.; MOREIRA, R. A. Characterization of principal nutritional components of Brazilian oil palm (*Eliaes guineensis*) fruits. **Bioresource Technology**, v.87, p.1–5, 2003.

BOWMAN, D. C.; EVANS, R. Y.; PAUL, J. L. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.115, p.382-386, 1990.

BRASIL. (ANVISA) Resolução nº270, **Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal**. Brasília: Diário Oficial da União. 2005.

BULÍŘ, P. Impact of soil conditioners on the growth of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) on dumps. **Journal of Forest Science**. Czech Republic. v. 51, p.392-402, 2005.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Funep. Jaboticabal. 588p. 2000.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (MART.) BECC.) em diferentes níveis de luminosidade. **R. Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.351-357, 2006.

CETEC: Centro Tecnológico de Minas Gerais/Ministério Indústria e Comércio – STI, **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Série Documentos 16, 364p. 1983.

CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas cerrado e pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Biotecnologia) 2011. 128f. Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande.

CICONINI, G.; FAVARO, S. P.; ROSCOE R.; MIRANDA C. H. B.; TAPETI, C. F.; MIYAHIRA M. A. M.; BEARARI, L.; GALVANI, F.; BORSATO A. V.; COLNAGO, L. A.; NAKA, M. H. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Industrial Crops and Products**. v.45. p.208– 214. 2013.

CICONINI, G.; FAVARO, S. P.; SOUZA, C. F. T.; MIYAHIRA, M. A. M.; CORRÊA, A.; PLEIN, G. S.; SOUZA, J. L. C.; SANTOS, G. P. Óleo da polpa de macaúba: variabilidade das características físico-químicas em plantas do Mato Grosso do Sul. **Anais...** In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. João Pessoa – PB. 2010.

CINTRA, F. L. D.; PASSOS, E. E. de M.; LEAL, M. de L. da S. Evaluation de la distribution du système racinaire de cultivars de cocotier Grand. **Oléagineux**, Paris, v. 48, p. 453-461, 1993.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.) Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ed. Rio de Janeiro. 212p. 1997.

CLEMENT, C. R. **Growth and genetic analysis of pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae) in Hawaii**. Honolulu, 1995. 95p. Dissertation (Ph.D.) - University of Hawaii, Honolulu.

CLEMENT, C.R.; BOVI, M.L.A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazonica**, v.30, p.349-362, 2000.

CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; LEEUWEN, J. van. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencia**. Montevideu, v.9, n1/2, p.67-71, 2005.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the Pulp and Kernel Oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. **Journal of Food Science**. v. 76, n. 8, p.1156-1161. 2011a.

- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International** . v.44, p.2139–2142. 2011b.
- COSTA, C. J.; MARCHI, E. C. S. Germinação de sementes de palmeiras com potencial para produção de agroenergia. **Informativo Abrates**. v.18, n.1,2,3, p.39-50. 2008.
- CREPALDI, I. C.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; RIOS, M. D. G.; PENTEADO, M. V. C.; SALATINO, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari) **Revta brasil. Bot.**, São Paulo, v.24, n.2, p.155-159, jun. 2001.
- DANEELS, Paul. **Terracottem horticulture test: tomato, carrot & lettuce**. University of Ghent. Belgium. 1993.
- DANNEELS, P.; COTTHEM, W. VAN. The effect of soil conditioning mixture on plant growth – some experiments post. **Bel. Journ. Bot.** Belgium. v. 127. p. 17-25, 1994.
- DANNEELS, P.; BEECKMAN, T.; COTTHEM, W. VAN. Effects of polyacrylamide and a fertilization germination and seedling growth of *Ammophilla arenaria* (L.) link I. at 5% soil moisture content. **Biol. Jb. Dodonaea**. v. 61, p. 84-98, 1993.
- DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; SILVA, V. M.; BATISTA, Â. G.; VIEIRA, G.; SOUZA, C. R.; DUMONT, P. V.; SANTOS. G. K. M. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. **Alim. Nutr.** Araraquara v.21, n.1, p. 79-86, jan./mar. 2010.
- EL SAYED, H.; KIRKWOOD, R. C.; GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.891-899. 1991.
- ELLISON, D.; ELLISON, A. **Betrock's cultivated palms of the world**. Hollywood: Betrock Information Systems, 110 p. 2001.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional: ano base 2010**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. 266p. 2011.
- EMBRAPA AGROENERGIA. **Visão estratégica do uso de palmáceas para bioenergia e ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Brasília, 2008.
- ENDRESS, B. A.; GORCHOV, D. L.; PETERSON, M. B.; PADRÓN, E. S. Haverst of palm *Chamaedorea radicalis*, its effects on leaf production, and implications for sustainable management. **Conservation Biology**. Maedeu, v.18, n.3, p.822-840. 2004.
- FARIA, J. P.; ALMEIDA, F.; SILVA, L. C. R.; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 827-829, set. 2008.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. Lavras, v.6, p. 36-41, 2008.

- FERREIRA, S. A. N.; CLEMENT, C. R.; RANZANI, G. Contribuição ao conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K. = *Guilielma gasipaes* (H.B.K.) Bailey). I. Solo Latossolo Amarelo, textura média. **Acta Amazonica**. v.10, n.2, p.245-249, 1980.
- FERREIRA, S. A. N.; CLEMENT, C. R.; RANZANI, G.; COSTA, S. S. Contribuição ao conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae). II. Solo Latossolo Amarelo, textura argilosa. **Acta Amazonica**. v.25, p.161-170, 1995.
- FIOR, C. S.; RODRIGUES, L.R.; LEONHARDT, C.; SCHWARZ, S. F. Overcoming dormancy in seeds of *Butia capitata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p.1150-1153, jul, 2011.
- GUERRERO, J.; BASTIDAS, S.; GARCÍA, J. Estandarización de una metodología para germinar semillas del híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* H.B.K. x *Elaeis guineensis* J. **Revista de Ciencias Agrícolas**. v.27, n. 1, p. 132 – 146. 2011.
- HARON, K.; BROOKES, P. C.; ANDERSON, J. M.; ZACARIA, Z. Z. Microbial biomass and soil organic matter dynamics in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations, West Malaysia. **Soil Biol. Biochem**. v.30. n.5. p.547-552. 1998.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas**. New Jersey: Princeton University Press, 352 p. 1995.
- HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **Horticulture Science**, v.21, n.4. p.991-992, 1986.
- HIANE, P. A.; BALDASSO, P. A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. v.26, n.3, p.683-689, 2006.
- HIANE, P. A.; BOGO, D.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M. Bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition. **Braz. J. Food Technol**. v.8, p.256–259. 2005.
- HIANE, P. A.; PENTEADO, M. V. C.; BADOLATO, E. Teores de ácidos graxos e composição centesimal do fruto e da farinha da Bocaiúva (*Acrocomia mokayáyba* Barb. Rodr.) **Alim. Nutr**. v.2, p.21-26. 1990.
- JOHNSON, M. S.; PIPER, C. D. Cross-linked water-storing polymers as aids to drought tolerance of tomatoes in growing media. **J. Agronomy and Crop Science**, v.178, p.23-27. 1997.
- JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. Safira: software para análise de fibras e raízes. **Manual de utilização**. Embrapa Instrumentação. São Carlos – SP. 29p. 2010.
- JOURDAN, C.; REY, H. Architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. **Plant Soil** .v.189, p.33–48. 1997.
- JOURDAN, C.; MICHAUX-FERRIÈRE, N.; PERBAL, G. Root system architecture and gravitropism in the oil palm. **Annals of Botany**. v.85 p.861-868, 2000.

KOK, S.; ONG-ABDULLAH, M.; CHENGLIAN EE, G.; NAMASIVAYAM, P. Comparison of nutrient composition in kernel of tenera and clonal materials of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Food Chemistry**, v.129, p.1343–1347, 2011.

LEITE, L. F. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GALVÃO, S. R. S.; IWATA, B. F.; COSTA, C. N.; LEMOS, J. L. **Atributos químicos e biológicos em um Latossolo Vermelho-amarelo sob cultivo exclusivo de macaúba e consorciado com pastagem na região central do Maranhão**. Comunicado Técnico 223. Embrapa. Teresina, PI. 6p. 2010.

LENTZ, R.; SOJKA, R.; CARTER, D. Furrow irrigation water quality effects on soils loss and infiltration. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** v.60, p. 238-245. 1996.

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Lodd.) ex Mart. – arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) 2006, 172f. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR.

LORENZI, G. M. A. C.; NEGRELLE, R. R. B. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart. Aspectos ecológicos, usos e potencialidades. **Visão Acadêmica**, v.7. n.1. p.1-7. 2006.

LORENZI, G. M. A. C.; PIMENTEL, L. D.; PAULA, S. R.; NEGRELLE, R. R. B.; PAES, J. M. V. Prospecção da cadeia produtiva dos frutos da palmeira macaúba no estado de Minas gerais. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.7-14. nov/dez. 2011.

LORENZI, H. **Palmeiras do Brasil: exóticas e cultivadas**. 1 ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 303p. 1996.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; BEHR, N. **Palmeiras no Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Editora Plantarum, p. 1-20 1996.

LUZ, P. B.; TAVARES, A. R.; PAIVA, P. D. O.; AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S. Germinação de sementes de palmeira-ráfia: efeito de tratamentos pré-germinativos. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.5, p.793-798, 2008.

MANFIO, C. E. **Análise genética no melhoramento da macaúba**. Tese de doutorado. (Doutorado em Genética e Melhoramento). 2010. 52f. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M. dos; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V.; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.41, n.1, p.70-76, jan, 2011.

MARIN, A. M. F.; SIQUEIRA, E. M. A.; ARRUDA, S. F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. v.60, p. 177-187, sep. 2009.

MARKLEY, K. S. Mobocayá or Paraguay coco palm: an important source of oil. **Economic Botany**, New York, v. 10, n. 1, p. 3-32, 1956.

MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q.; BRITO, J. Q.; MOREIRA, F. H.; RIBEIRO, D. M.; REZENDE, R. K. S. Germinação e armazenamento de sementes de carandá (*Copernicia alba*). **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 541-546, out./dez. 2012.

MEEROW, A. W. **Palm seed germination** (Bulletin 274). Flórida: Cooperative extension service. 1991.

MELO, P. G. **Produção e caracterização de biodiesel obtidos a partir da oleaginosa macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química) 2012. 93f. Universidade Federal Uberlândia. Uberlândia – MG.

MELO, B.; ZAGO, R.; SANTOS, C. M.; MENDONÇA, F. C.; SANTOS, V. L. M.; TEODORO, R. E. F. Uso do polímero hidroabsorvente Terracottem® e da frequência de irrigação na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Revista Ceres**. v.52(299), p.13-22. 2005.

MENDES, T. A.; FILHO, S. R. Antes do pré sal: emissões de gases de efeito estufa do setor de petróleo e gás no Brasil. **Estud. av.** São Paulo, v.26, n.74, 2012.

MODESTO, P. T.; SCABORA, M. H.; COLODRO, G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. N. R. Alterações em algumas propriedades de um Latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **R. Bras. Ci. Solo**. v.33, p.1489-1498. 2009.

MOTOIKE, S. Y.; CARVALHO, M.; PIMENTEL, L. D.; KUKI, K. N.; PAES, J. M. V.; DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y. **A cultura da macaúba: implantação e manejo de cultivos racionais**. Editora UFV, Viçosa, Brasil, 61 p. 2013.

MOTOIKE, S. Y.; CARVALHO, M.; LOPES, F. A.; COUTO, F. A. A. Produção de mudas de macaúba. **Boletim Técnico (Acrotech)** 2010. Disponível em: <http://www.acrotech.com.br/arquivos_internos/publicacoes/PRODUCAODEMUDAS_DEMACAUBA.pdf> Acesso em: 29 mar. 2012.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; OLIVEIRA, M. A. R.; CARVALHO, M.; SÁ JÚNIOR, A. Q. **Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero *Acrocomia***, Protocolo INPI 014070005335. 2007.

MOTTA, L. B.; ZANOTTI, R. F.; MURI, E. J. B.; MACHADO, L. C.; REIS, F.O. Cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. variedade xodó na presença de polímeros. **Anais...** In: 17º Encontro de iniciação científica e pós-graduação da UNIVAP. São José dos Campos – SP. CD ROM. 2013.

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**, v. 37, p. 1023-1031, 2002.

MYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C.(Ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica. p.235-396. 2009.

- NEGRELLE, R. R. B.; SOUZA, M. C.; SERRAGIOTO, M. C.; ZANIOLO, S. R.; LORENZI, G. M. C.; CORREA, L. L.; PINTO, G. B. S.; BRUEL, B. O.; PINTO, E. C. T.; SECORUN, A.; MIOLA, D. **Levantamento das espécies potencialmente fontes de produtos vegetais não madeiráveis da RPPN SESC Pantanal: resultados preliminares.** In: CONHECENDO o Pantanal. Várzea Grande: SESC Pantanal, n.1, p.71-76. 2002.
- NELSON, P. N.; BANABAS, M.; SCOTTER, D. R.; WEBB, M. J. Using soil water depletion to measure spatial distribution of root activity in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations. **Plant Soil.** v.286, p.109–121. 2006.
- NETO, A. R.; SILVA, F. G.; SALES, J. F.; REIS, E. F.; SILVA, M. V. V.; SOUZA, P. L. Effect of drying and soaking fruits and seeds on germination of macaw palm (*Acrocomia aculeata* [Jacq.] Loddiges ex MART.). **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 34, n. 2, p. 179-185, apr.-june, 2012.
- NISSEN, M. J. Uso de hidrorretentores en la producción de frambuesos(*Rubus idaeus*) del sur de Chile. **AgroSur.** Valdivia, v.22 n.42, p.160-165, 1994.
- NODARI, R. O. Crescimento de mudas de palmitheiro (*Euterpe edulis* Mart.) em diferentes condições de sombreamento e densidade. **Revista Árvore**, v. 23, n. 3, p. 285-292. 1999.
- NODICHAO, L.; CHOPART, J-L.; ROUPSARD, O.; VAUCLIN, M.; AKÉ, S.; JOURDAN, C. Genotypic variability of oil palm root system distribution in the field. Consequences for water uptake. **Plant Soil.** v.341, p.505–520. 2011.
- NOGUEIRA, A. R. A. (Org.) **Manual de Laboratório: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos.** EMBRAPA. Pecuária Sudeste São Carlos, SP. 2005.
- Norma ASTM D664-11a de 2011, “Método de teste padrão para ácido número de produtos de petróleo por titulação potenciométrica”. **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2011. DOI: 10.1520/D0664-11a. www.astm.org.
- Norma ASTM D5554-95 de 2011, “Método de teste padrão para determinação do índice de iodo de óleos e gorduras”. **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2011. DOI: 10.1520/D5554-95R11. www.astm.org .
- Norma ASTM D94-07 de 2012, “Métodos de teste padrão para saponificação Número de Produtos de Petróleo”. **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2012. DOI: 10.1520/D0094-07R12. www.astm.org .
- Norma ASTM 6304-07 de 2012, “Método de Teste Padrão para Determinação de Água em Produtos de Petróleo, Lubrificantes e Aditivos por coulométrica Karl Fischer”. **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2012. DOI: 10.1520/D6304-07. www.astm.org .
- NOVAES, R. F. **Contribuição para o estudo do coco macaúba.** Piracicaba, Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências Agrárias) 1952, 85 f. Escola Superior de Agricultura “Eça de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP”.

OCANHA, A. C. S.; FERRARI, R. A. Tecnologia para extração de óleo e produção de biodiesel de macaúba. **Anais...** In: 5º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. Campinas – SP. p.1-8. 2011.

OLIVEIRA, A. B.; FILHO, S. M.; BEZERRA, A. M. E. Efeito do tamanho da semente, substrato e ambiente na produção de mudas de *Copernicia hospita* Martius. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1527-1533, nov./dez. 2009.

OLIVEIRA, T. G. S.; JUNIOR, A. G. R.; SOUZA, P. P.; RIBEIRO, L. M. Use of phytohormones in overcoming macaw palm seed dormancy. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 35, n. 4, p. 505-511, oct.-dec. 2013.

ORTEGA, A. R.; ALMEIDA, L. S.; MAIA, N.; ÂNGELO, A. C. Avaliação do crescimento de mudas de *Psidium cattleianum* Sabine a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Cerne**. Lavras, v.12, n.3, p.300-308, 2006.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 40p. 1992. (IAPAR. Circular 76).

PEARSON, R. W. Significance of rooting pattern to crop production and some problems of root research. In: CARSON, E. W. **The plant root and its environment**. Charlottesville; University Press Virginia, p. 247-267. 1974.

PIMENTA, T. V.; CANO ANDRADE, M. H.; ANTONIASSI, R. Extração, neutralização e caracterização dos óleos do fruto da macaúba (*Acrocomia aculeata*). **Anais...** In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Búzios-RJ. p.4031-4040. 2012.

PIMENTEL, L. D. **Nutrição mineral da macaúba: bases para adubação e cultivo**. Tese de Doutorado. (Doutorado em Fitotecnia) 2012. 126p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

PIMENTEL, L. D.; SANTOS DIAS, L. A. dos; PAES, J. M. V.; MOTOIKE, S. Y. Diversidade no gênero *Acrocomia* e proposta de subdivisão da espécie *Acrocomia aculeata*. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.61-69. nov/dez. 2011.

PIVETTA, K. F. L.; LUZ, P. B. Efeito da temperatura e escarificação na germinação de sementes de *Euterpe oleracea* (MART.) (Arecaceae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.13, n.1. 2013.

RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A.; SIQUEIRA, E. M. A. Qualidade nutricional da polpa de Bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. Campinas, v.28, p.90-94, dez. 2008.

RAMOS, A.; FOLEGATTI, M. V.; BOVI, M. L. A.; DIOTTO, A. V. Distribuição espacial do sistema radicular da pupunheira em função de lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 431-440, out-dez, 2009.

ROBINSON, M. L. **Cultivated Palm Seed Germination**. Cooperative Extension Bulletin. University of Nevada. Disponível em: <<http://www.tahoe.unr.edu/pubs/-Default.aspx>> Acesso em: 3 out. 2013.

RODRIGUES, H. S. **Obtenção de ésteres etílicos e metílicos, por reações de transesterificação, a partir do óleo da palmeira Latino Americana macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. Tese de doutorado. (Doutorado em Ciências). 2007. 236p. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto – SP.

RODRIGUES JUNIOR, A. G.; OLIVEIRA, T. G. S.; SOUZA, P. P.; RIBEIRO, L. M. Water uptake and pre-germination treatments in macaw palm (*Acrocomia aculeata* - Arecaceae) seeds. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, p.99-105, 2013.

RODRIGUEZ, E. J. F.; GARCIA, A. Q. Evaluacion del acondicionador de suelos Terracottem aplicado al substrato em semilleros hortícolas. **TerraVida**, Málaga, s.n. p. 1-12. 1998.

RODRIGUEZ, E. J. F.; GARCIA, A. Q. Ensayo de Terracottem, en sandía, en semillero. Evaluación de la eficiencia en el uso del agua, eficiencia fotosintética y parámetros de calidad de planta. **TerraVida**. Málaga, s. n. p. 1-12. 1997.

RUBIO NETO, A.; SILVA, F. G.; SALES, J. F.; REIS, E. F.; SILVA, M. V. V.; SOUZA, A. L. Effect of drying and soaking fruits and seeds on germination of macaw palm (*Acrocomia aculeata* [Jacq.] Loddiges ex MART.) **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 34, n. 2, p. 179-185, Apr.-June, 2012

RUER, P. Morphologie et anatomie du système racinaire du palmier à huile. **Oléagineux** v.22, p. 595–599. 1967.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CHUBA, C. A. M. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bociuiva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal-SP, v.33, n.3, p.1023-1028, set. 2011.

SCARIOT, O. **Biologia reprodutiva da *Acrocomia aculeata* (Jacquin) Loddiges ex Marius (Palmae) no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Botânica) 1987. Instituto de Ciências Biológicas. Universidade de Brasília. Brasília-DF.

SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, Lawrence, v. 23, n.2, p.12-22, 1991.

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

SILVA, C. L. M. **Obtenção de ésteres etílicos a partir da transesterificação do óleo de andiroba com etanol**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química). 2005. 78p. Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP.

SILVA, I. C. C. da. **Uso de processos combinados para aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo da macaúba**. Dissertação de Mestrado, (Mestrado em Química) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

SOJKA, R. E.; SURAPANENI, A. 'Polyacrylamides in Irrigated Agriculture'. **National Program for Irrigation Research and Development**. 2000.

SOUZA, P. P.; RIBEIRO, L. M. R.; JUNIOR, A. G. R.; OLIVEIRA, T. G. S. Substratos no desenvolvimento de mudas de macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Jacq.) Lodd. ex Mart. (Arecaceae) na fase de pré-viveiro. **Anais...** In: IV Fórum: Desenvolvimento regional: Compromisso da Universidade. Universidade Estadual de Montes Claros. 22-25 set. 2010. CD-ROM.

SZPIZ, R. R.; LAGO, R. C. A.; JABLONKA, F. H.; PEREIRA, D. A. **Óleos de macaúba: uma alternativa para a oleoquímica.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, (EMBRAPA-CTAA. Comunicado técnico, 14). p.1-10. 1989.

TABAI, S. A. **Propagação da palmeira macaúba *Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Loddiges, através de métodos *in vitro*.**, Dissertação de Mestrado, (Mestrado em Agronomia) 1992. 121f. CEBTEC_ESALQ/USP. Piracicaba-SP.

TANAKA, S.; TACHIBE, S.; WASLI, M. E. B.; LAT, J.; SEMAN, L.; KENDAWANG, J. J.; IWASAKI, K.; SAKURAI, K. Soil characteristics under cash crop farming in upland areas of Sarawak, Malaysia. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** v.129, p.293-301.2009.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Porto Alegre. 3ª ed. 719p. 2004.

TEIXEIRA, P. C.; LIMA, W. A. A.; MORAIS, R. R.; CASTELLANI, D. C.; SILVA, A. C. Monitoramento nutricional do dendezeiro em sistemas agroflorestais. **Anais...** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. Belém, PA : SBSAF : Embrapa Amazônia Oriental: UFRA : CEPLAC : EMATER : ICRAF, 2011. 1 CD-ROM.

TELES, H. F.; PIRES, L. L.; GARCIA, J.; ROSA, J. Q. S.; FARIAS, J. G.; NAVES, R. V. Ambientes de ocorrência natural de macaúba. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 595-601, out./dez. 2011.

TERRACOTTEM®. **Guia Técnico** 1.0, 47p. 1997.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stables-aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Baltimore, v. 33, n. 2, p. 141-163. 1982.

TOMLINSON, P. B. **The structural biology of palms.** Oxford: Clarendon Press, 463p. 1990.

TORRES, D.; RIVERO, D.; RODRÍGUEZ, N.; YENDIS, H.; LOBO, D.; GABRIELS, D.; ZAMORA, F. Efectos de um condicionador sintético (Terracottem®) y um condicionador orgánico (Bocaschi) sobre la eficiencia del uso de água em El cultivo del pimentón. **Agronomía Trop.** v.58, n.3, p.277-287. 2008.

TROUT, T. J.; SOJKA, R. E.; LENTS, R. D. Polyacrylamide effects on furrow erosion and infiltration. **Trans. ASAE** v.38, p.761-765. 1995.

VAN COTTLEM, W.; BEEL, C.; DANEELS, P.; De KEYZER, J.; VYVEY, Q. G. Restoring the natural vegetation on strong eroded volcanic soils of Cape Verde (West Africa). **Soil Technology.** Communication. v. 4. p.183-189. 1991.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**. v.19, p.703-707, 1987.

VANDERMEER, J. **Observations on the root system of the pejibaye palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) in Costa Rica**. Turrialba, v.27, p.237-242, 1977.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral em um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.35-42, 2000.

VERIDIANO, F. C. **Aproveitamento da torta residual da extração do óleo da Polpa de Macaúba para fins alimentícios**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Química). 2012. 114p. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG.

VIANA, M. C. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S.; PAES, J. M. V.; ALBERNAZ, W. M.; FRAGA, G. Cultivo de macaúba em sistemas agrossilvipastoris. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.70-80, nov/dez, 2011.

VIEIRA, W.; SILVA, F. C. Análises de fertilizantes minerais, organominerais e corretivos. In: SILVA, F. C.(Ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica. p.235-396, 2009.

VIÉGAS, I. J. M.; FRAZÃO, D. A. C.; THOMAZ, M. A. A.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; PINHEIRO, E. Limitações nutricionais para o cultivo de açaizeiro em Latossolo Amarelo textura média, estado do Pará. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal-SP. v.26, n.2, p.382-384, ago. 2004.

VIÉGAS, I. J. M.; MEIRELES, R. O.; FRAZÃO, D. A. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; Avaliação da fertilidade de um Latossolo Amarelo textura média para o cultivo do açaizeiro no estado do Pará. **Rev. ciênc. agrár.** Belém, n. 52, p. 23-36, jul./dez. 2009.

VLACH, T. R. **Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens** (on line). Wisconsin, Aug. 1991. Disponível em: <<http://kimberly.ars.usda.gov>> Acesso em: 20 nov. 2013.

WANDECK, F. A.; JUSTO, P. G. A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1988, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 541-577. 1988.

WARDLAW, I. F. The control of carbon partitioning in plants. **New Physiologist**, n. 116, p. 341-381, 1990.

YOCUM, H. G. Factors affecting the germination of palm seeds. **The American Horticultural Magazine**, Washington D.C., v. 43, n.2, p.104-106, 1964.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Ann. Rev. Plant Physiol.** v.2, p.:437-464. 1972.