

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM AGRONOMIA

JUCENEI FERNANDO FRANDOLOSO

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO NO
OESTE DO PARANÁ**

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM AGRONOMIA

JUCENEI FERNANDO FRANDOLOSO

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO NO
OESTE DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador (a): Professora Dr^a. Maria do Carmo Lana

Marechal Cândido Rondon

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

F826a	<p>Frاندoloso, Jucenei Fernando</p> <p>Acúmulo de nutrientes e crescimento do pinhão manso no oeste do Paraná / Jucenei Fernando Frاندoloso. - Marechal Cândido Rondon, 2012.</p> <p>79 p.</p> <p>Orientadora: Prof. Dr. Maria do Carmo Lana</p> <p>Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2012.</p> <p>1. Pinhão manso - Acúmulo de nutrientes. 2. Pinhão manso - Crescimento. 3. Pinhão manso - Cultura. 4. <i>Jatropha curcas</i> L. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 21.ed. 634.9285 CIP-NBR 12899</p>
-------	--

A toda minha família, especialmente a minha mãe Jandira, a minha companheira Iara, e a minhas filhas, Rafaela e Mariana, pois sem eles eu não teria força para alcançar meus objetivos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos,

Primeiramente a Deus, pela força ao longo de toda minha caminhada.

A minha família pelo apoio, compreensão e estímulo nas horas de maior dificuldade.

De maneira especial a minha orientadora, professora Dr. **Maria do Carmo Lana**, pela confiança em mim depositada e pelo saber a mim oferecido para realização deste trabalho; também pela amizade, além de ser para mim um exemplo de profissional.

A todos os colegas e amigos do curso de Doutorado, pelo apoio, companheirismo e amizade.

De forma especial aos amigos **Tiago Zoz, Fabio Steiner, João Alexandre Lopes Dranski, Artur Soares Pinto Junior, Viviane Ruppenthal**, pelo grande companheirismo e auxílio no desenvolvimento do trabalho; e que a distância e o tempo nunca desfaçam nossa amizade.

Aos amigos que estiveram desenvolvendo atividades no Laboratório de Fertilidade e Nutrição Mineral de Plantas e que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela cooperação e estímulo.

A **UNIOESTE** - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade e apoio.

A todos os funcionários da UNIOESTE, em especial aos funcionários do Núcleo de Estações Experimentais e aos técnicos de laboratório pelo auxílio na condução do experimento e nas avaliações.

RESUMO

ACÚMULO DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO NO OESTE DO PARANÁ

O objetivo do trabalho foi de avaliar o crescimento, a marcha de absorção e acúmulo de nutrientes e a produtividade da cultura do pinhão manso na região oeste do Paraná. Para produção das mudas utilizou-se sementes procedentes de Dourados-MS sendo plantada uma semente por tubete de 120 cm³ de substrato. O tempo de formação das mudas foi de 60 dias após semeadura. O experimento foi conduzido a campo no período de dezembro de 2009 a dezembro 2011, em espaçamento 3 x 2 m, em um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) na Estação Experimental de Pato Bragado-PR, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Paraná, sob as coordenadas geográficas 24°39'43'S e 54°15'53'W, e altitude de 247 m. Durante a condução do experimento foi realizada adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O anualmente. O delineamento experimental foi em blocos com quatro repetições, sendo utilizada uma planta de cada bloco aos 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 e 720 dias após o transplantio (DAT), as quais após as medidas não destrutivas foram cortadas rente ao solo e separadas em folhas, caule, pecíolos e inflorescência e frutos, e postas para secar. As avaliações do crescimento das plantas consistiram da medida da altura de planta, diâmetro de caule, número de folhas, área da copa, massa de matéria seca de folhas, pecíolo, ramos e frutos, quando presentes, determinação da área foliar (AF), taxa de crescimento absoluto e relativo (TCA e TCR), razão de área foliar (RAF), razão peso de folha (RPF) e índice de área foliar (IAF). Para a análise química dos nutrientes, amostras representativas dos diferentes órgãos da planta foram passadas em moinho tipo Willye e armazenadas para futura determinação dos elementos minerais. Para determinação da quantidade total de nutrientes acumulados em cada parte da planta, a concentração de cada nutriente foi multiplicada pela massa da matéria seca do referido órgão, em cada época de amostragem. O acompanhamento da produção de frutos foi realizado em área adicional, em 32 plantas selecionadas. A cultura do pinhão manso apresenta crescimento linear em altura e diâmetro da base nos primeiros anos de cultivo. O pinhão manso apresentou um período de repouso vegetativo bem definido, sendo este nos meses de março a setembro; a maior massa de matéria seca de folhas, massa de pecíolo e o maior número de folhas ocorrem no mês de dezembro de cada ano juntamente com a maior área foliar com incremento de mais de 100% neste parâmetro de um ano a outro; a taxa de crescimento absoluto (TCA) e o índice de área foliar apresentam maiores valores no final de cada ano, já a taxa de crescimento relativo (TCR), a razão de área foliar (RAF) e a razão peso de folhas apresentam maiores valores no início de cada ano; a produção do pinhão manso apresenta valores de 93 g por planta aos 18 meses de idade, com período de colheita nos meses de janeiro a julho na região. O acúmulo total de macronutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente: K>Ca>N>Mg>P>S, mesma ordem apresentada pelo caule, órgão este responsável pelo maior acúmulo de nutrientes. Os macronutrientes P, K e Mg apresentam redistribuição para o caule no período de senescência foliar. Nas sementes maduras a ordem de acúmulo de nutrientes encontrada foi: N>Ca>K>Mg>P>S, e no fruto inteiro foi: N>K>Ca>P>Mg>S. O acúmulo total de micronutrientes obedeceu a seguinte ordem: Mn>Fe>Zn>B>Cu>Mo, e em frutos maduros a ordem foi: Fe>Mn>B>Zn>Cu>Mo. Os micronutrientes Cu, Zn e Fe apresentam redistribuição para o caule no período de senescência foliar. A exportação de macronutrientes pelos frutos é elevada, sendo necessários 199, 69, e 306 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente para produção de 4000 g/planta em uma população de 1667 plantas ha⁻¹. As recomendações de adubações de cobertura na região oeste do Paraná devem ser realizadas no

período de setembro a março, dependendo do regime hídrico, sugerindo-se utilizar formulados com a relação N:P₂O₅:K₂O de 2,88:1,0:4,4.

Palavras-chave: Absorção, macronutrientes, micronutrientes, *Jatropha curcas*, energia renovável.

ABSTRACT

GROWTH, PRODUCTION AND ACCUMULATION OF NUTRIENT OF JATROPHA IN THE WEST OF PARANÁ.

The objective of the study was to evaluate the growth, the gait of absorption and accumulation of nutrients and the crop yield of jatropha in the western region of Paraná. For production of seedlings we used seeds coming from Dourados - MS, planting a seed in each tub of 120 cm³ of substrate. The time of formation of the seedlings was 60 days after sowing. The field experiment was carried out in the period of December 2009 to December 2011, in spaced of 3 x 2, in an Oxisol dystrophic anagen bulbs (O D A) at the experimental station of Pato Bragado - PR, belonging to the core of experimental stations of the State University of Paraná, under the geographical coordinates 24 39'43'S e 54 15'53'W and altitude of 247 meters. During the experimental conduction the fertilization of coverage with 40 kg ha⁻¹ of N and 40 kg ha⁻¹ of K₂O annually. The experimental design was a completely randomized design with four replicates, and it used a plant of each block every 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 and 72 days after transplanting (DAT) which after the measures that were not destroyed were cut close to the soil and separated in leafs, stems, petioles and flower and fruit, and put up for drying. The assessments of the growth of the plants consisted of the measure of the height of the plant, the stem diameter number of leafs, area of the cup, mass of dry leaves, petiole, branches and fruits, when present, determination of leaf area LA, rate of absolute and relative growth (RAG and RRG), reason of leaf area (RLA), reason weight of leaf (RWL), and leaf area index (LAI). For the chemical analysis of nutrients, representative samples of the different components of the plant were passed in mill type Willye and stored for future determination of mineral elements. For determination of the total quantity of nutrients accumulated in each part of the plant the concentration of each nutrient was multiplied by the mass of the dry material of the said component in each time of sampling. The monitoring of fruit production, was performed in additional area, in 32 selected plants. The analysis data of growth, of dry material, concentration and accumulation of nutrients in each component were submitted to statistical analysis using the program Sigmaplot12. The cultivation of jatropha presents linear growth in height and diameter of the base in the early years of cultivation. The jatropha curcas has a period of vegetative rest well defined, and it is in the months of March to September; the greatest mass of dry leaves, mass of petiole and the highest number of leaves occur in the month of December of each year along with the largest leaf area with increments of more than 100% in this parameter from one year to another, the absolute growth rate (and the leaf area index (LAI) exhibit higher values at the end of each year, the relative growth rate, ratio of leaf area and the reason weight of leaves have higher values at the beginning of each year; the production of jatropha shows values of 93 g per plant at 18 months of age, with harvest period in the months of January to July in the region. The total accumulation of macronutrients followed the following descending order K, Ca, N, Mg, P, S. The macronutrients P, K, and Mg present redistribution to the stem in the period of leaf senescence. In the fruits (seed + shell) the order of accumulation was N, K, Ca, P, Mg, S. The total accumulation of micronutrients obeyed the following order: Mn, Fe, Zn, B, Cu, Mo and in ripe fruits the order was: Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo. The micronutrients Cu, Zn and Fe present redistribution to the stem in the period of leaf senescence. The export of macronutrients by fruits is high, and is needed 199,69 and 306 kg ha⁻¹, of N, P₂O₅ and K₂O, respectively for the production of 4000 g/plant in a population of 1667 plants ha⁻¹. The recommendations for fertilization of coverage in the western region of Paraná must be carried

out in the period from September to march, depending on the water regime it is suggested to use formulated with the relationship N:P₂O₅, K₂O of 2,88:1,0:4,4.

Keywords: Absorption, macronutrients, micronutrients, *Jatropha curcas*, renewable energy.

LISTA DE FIGURAS

ACÚMULO DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO NO OESTE DO PARANÁ

Figura 1 - Ciclo de desenvolvimento do pinhão-manso no primeiro ano de cultivo nas condições do Brasil (LAVIOLA, 2012)..... 17

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ

Figura 1 - Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. Pato Bragado - PR, 2009-2011..... 27

Figura 2 - Mudanças de pinhão manso com 60 dias após semeadura..... 29

Figura 3 - Fotos da instalação do experimento em 01/12/2009 (a), tratamentos culturais realizados em 06/01/2010 e 15/03/2011 (b e c) e planta com ataque de oídio em 03/06/2010 (d). 30

Figura 4 - Plantas de pinhão-manso recém coletadas (a), separadas em órgãos: ramos (b), pecíolo (c) e folhas (d) e preparação dos ramos para encaminhar à estufa (e e f). 32

Figura 5 - Determinação da área foliar das plantas de pinhão-manso pelo método da massa seca de discos foliares (BENINCASA, 2004)..... 33

Figura 6 - Altura de planta (a) e diâmetro do caule em função das épocas de coleta das plantas de pinhão-manso no período de março de 2010 a dezembro de 2011. 34

Figura 7 - Número de folhas (a) área foliar (b), massa de matéria seca de folhas (c) e pecíolo (d) do pinhão-manso em função das épocas de coleta das plantas no primeiro (2010) e segundo (2011) ano de avaliação..... 36

Figura 8 - Produção de matéria seca da planta inteira e do caule (a) e respectivo acúmulo relativo (b) nas partes da planta de pinhão-manso avaliadas no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011..... 38

Figura 9 - Taxa de crescimento absoluto-TCA (a), crescimento relativo –TCR (b), razão de área foliar-RAF (c), índice de área foliar-IAF (d) e razão peso de folha-RPF (e) do pinhão-manso em função das épocas de coleta das plantas no primeiro (2010) e segundo (2011) ano de avaliação..... 40

ACÚMULO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS DE PINHÃO-MANSO NOS DOIS PRIMEIROS ANOS APÓS TRANSPLANTIO

- Figura 1 - Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental, Pato Bragado - PR, 2009-2011..... 50
- Figura 2 - Marcha de absorção de macronutrientes primários da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-manso. (a) e (b): nitrogênio; (c) e (d): fósforo; (e) e (f): potássio, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011. 60
- Figura 3 - Marcha de absorção de macronutrientes secundário da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-manso. (a) e (b): cálcio; (c) e (d): magnésio; (e) e (f): enxofre, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011..... 64
- Figura 4 - Marcha de absorção de micronutrientes da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-manso. (a) e (b): Cobre; (c) e (d): zinco; (e) e (f): enxofre, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011..... 70
- Figura 5 - Marcha de absorção de micronutrientes da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-manso. (a) e (b): boro; (c) e (d): manganês; (e) e (f): molibdênio, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011. 72

LISTA DE TABELAS

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do Latossolo Vermelho distrófico da área de implantação do experimento 28

ACÚMULO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS DE PINHÃO-MANSO NOS DOIS PRIMEIROS ANOS APÓS TRANSPLANTIO

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos (antes e após a calagem) do Latossolo Vermelho distrófica da área de implantação do experimento 51

Tabela 2 – Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas diferentes partes vegetativas da planta (folhas, pecíolos e caule) apresentada pelas mudas e em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplântio) 56

Tabela 3 – Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos órgãos reprodutivos (inflorescência, pericarpo e semente) em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplântio) 57

Tabela 4 - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos diferentes órgãos da planta de pinhão manso em função das épocas de coleta (DAT), Pato Bragado, 2012 59

Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na planta inteira e no caule em função da época de coleta das plantas e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI) e do coeficiente de determinação (R^2)..... 62

Tabela 6 - Concentração de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe, B e Mo) nas diferentes partes da planta apresentada pelas mudas e em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplântio) 66

Tabela 7 - Concentração de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe, B e Mo) nos reprodutivos da planta e em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplante) 67

Tabela 8 - Acúmulo de micronutrientes (Cu, Zn, Fe, B, Mn e Mo) nos diferentes órgãos da planta de pinhão manso em função das épocas de coleta 68

Tabela 9 - Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de cobre, zinco, ferro, boro, manganês e molibdênio na planta inteira e no caule em função da época de coleta das plantas e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI) e do coeficiente de determinação (R^2)..... 71

Tabela 10 - Coeficientes da equação polinomial quadrática ajustada para o manganês e molibdênio, o ponto de mínimo acúmulo, o mínimo da função e o acúmulo aos 720 DAT 73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 O PINHÃO-MANSO (JATROPHA CURCAS L.).....	15
2.1.1 Origem e distribuição	15
2.1.2 Características botânicas e morfológicas.....	15
2.1.3 Fenologia da planta	16
2.2 ANÁLISE DO CRESCIMENTO VEGETAL.....	17
2.2.1 Parâmetros da análise de crescimento	19
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
4 CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ	24
RESUMO	24
ABSTRAT	25
4.1 INTRODUÇÃO	26
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.2.1 Produção de mudas.....	28
4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental	29
4.2.3 Sistema de plantio e condução do experimento	29
4.2.4 Avaliações.....	31
4.2.4.1 Medidas biométricas.....	31
4.2.4.2 Medidas de massa (destrutivas)	31
4.2.4.3 Parâmetros da análise de crescimento	33
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.4 CONCLUSÃO.....	43
4.5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
5 ACÚMULO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE PINHÃO-MANSO NOS DOIS PRIMEIROS ANOS APÓS TRANSPLANTIO.....	47
RESUMO	47

ABSTRAT	48
5.1 INTRODUÇÃO	49
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	50
5.2.1 Produção de mudas.....	51
5.2.2 Tratamentos e delineamento experimental	51
5.2.3 Sistema de plantio e condução do experimento	52
5.2.4 Coletas de amostras.....	52
5.2.5 Análise Química.....	53
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
5.3.1 CONCENTRAÇÃO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES	55
5.3.1.1 Acúmulo de N, P e K.....	58
5.3.1.2 Acúmulo de Ca, Mg e S.....	63
5.3.2 CONCENTRAÇÃO E ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES	65
5.4 CONCLUSÃO.....	74
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1 INTRODUÇÃO

Devido à carência mundial por fontes de energia renovável, principalmente no que diz respeito a fontes menos poluidoras, incentivar a produção de biocombustível vem se destacando como fonte energética para um futuro próximo.

O Governo Federal do Brasil lançou em dezembro de 2004 o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que estabeleceu pela lei n. 11.097/2005, que a partir de janeiro de 2008 torna obrigatória em todo o território nacional a mistura B2, ou seja, 2% de biodiesel e 98% de diesel de petróleo, devendo, em janeiro de 2013, essa obrigatoriedade passar para 5% (mistura B5). Esse cenário pode aumentar a produção das oleaginosas vinculadas ao fornecimento de óleo para a cadeia produtiva do biodiesel e propiciar avanço nas pesquisas com oleaginosas como fonte energética.

Dentre as diversas espécies de oleaginosas com potencial para produção de biocombustíveis nas diversas regiões brasileiras, o pinhão manso (*Jatropha curcas L.*), planta xerófila, é uma cultura que apresenta características de grande potencial para geração de matéria prima para produção de biodiesel, destacando-se pela sua adaptabilidade a vários estados brasileiros, produzindo, mesmo em menores escalas, sob condições adversas como baixa fertilidade do solo e quantidade de água disponível, condições comuns no Nordeste brasileiro.

O interesse no conhecimento agrônômico da cultura é cada vez maior, visando à seleção e o aprimoramento de variedades mais produtivas e economicamente viáveis, principalmente devido ao alto potencial na produção de óleo para fabricar biodiesel, pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que pode se estender por 40 anos (CARNIELLI, 2003; NUNES, 2007).

A exploração comercial da cultura no Brasil ainda é incipiente e não consta de estatística oficial sobre sua produção e área cultivada (SATURNINO et al, 2005), e até 2008, o plantio de pinhão-mansos sequer era permitido no Brasil. Hoje, o País tem 27 mil hectares de área plantada com a oleaginosa, que já dá origem a biodiesel e bioquerosene de aviação. Mas a cultura ainda é muito mais um potencial do que uma realidade na produção de biocombustíveis (EMBRAPA, 2011).

Apesar do pinhão se desenvolver em solos de baixa fertilidade e alcalinos, essa cultura deve, preferencialmente, ser plantada em solos profundos, bem estruturados e pouco

compactado, para que o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo, possibilitando maior absorção de água e de nutrientes (ARRUDA et al., 2004).

Epstein e Bloom (2006) dividiram os elementos essenciais às plantas em dois grupos, os macronutrientes, absorvidos em maiores quantidades e geralmente fazem parte de estruturas das plantas, e os micronutrientes, requeridos em menor quantidade e geralmente atuam como ativador enzimático ou fazem parte de grupos prostético de enzimas. Os macronutrientes essenciais às plantas são: Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Nitrogênio (N), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), e os micronutrientes são: Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Boro (B), Molibdênio (Mo), Cloro (Cl) e Níquel (Ni).

A dinâmica do crescimento vegetal pode ser acompanhada pela análise de crescimento, que se faz uso de fórmulas e modelos matemáticos para avaliar índices de crescimento das plantas, sendo muito deles relacionados com a atividade fotossintética (Benincasa, 2004). A principal vantagem da análise de crescimento está na obtenção de informações a intervalos regulares, sem a necessidade de laboratórios e/ou equipamentos sofisticados, uma vez que as informações necessárias para levar avante tais análises, são a massa da matéria seca (fitomassa) da planta e a dimensão da planta e do aparelho fotossintetizante (área foliar).

Dessa forma, conhecendo-se os aspectos de crescimento e desenvolvimento, a demanda nutricional da cultura e a capacidade de exportação de nutrientes da área, podemos ter mais informações para definir a recomendação de adubação da cultura e as épocas mais adequadas de fornecimento dos adubos de acordo com a demanda nutricional e a curva de crescimento da planta.

Neste contexto, o presente trabalho teve por finalidade avaliar o crescimento, a produção e a acumulação de nutrientes nos órgãos (folhas, pecíolo, caule, ramos, flores e frutos), da planta de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante os dois anos iniciais de desenvolvimento, na região oeste do estado do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)

2.1.1 Centro de diversidade e distribuição

O nome *Jatropha*, dado pelo botânico Carl Linnaeus em 1753, deriva do grego *iatrós* (doutor) e *trophé* (comida), implicando as suas propriedades medicinais. *Curcas* é o nome comum para o pinhão-manso em Malabar, Índia. A espécie *Jatropha curcas* é uma espécie diplóide com $2n=22$ cromossomos (NUNES, 2007). No Brasil possui várias denominações como purgueira, pinha-de-purga, pinhão do Paraguai, pinhão-de-cerca, pião, pinhão-do-inferno, figo-do-inferno, grão-de-maluco, pinhão-das-barbadas, purgante de cavalo, manduigaçu, mandubiguaçu, sassi, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité e pinhão-croá (RESENDE et al., 2009)..

A sua origem ainda não é bem definida, Martin e Mauex (1984) colocam o estado do Ceará no Brasil como um centro de origem, sem apresentarem qualquer argumento. De acordo com Gexsi (2008), foram os portugueses que introduziram o pinhão manso no Brasil. Mas acredita-se que seja originária da América Central, tendo o México como centro de origem, sendo encontrado em quase todas as regiões intertropicais, com ocorrência em maior escala nas regiões tropicais, porém vegeta espontaneamente em diversas regiões do Brasil (HELLER, 1996; BELTRÃO, 2005). Entretanto, ainda não foi encontrado nenhum dado concreto que comprove sua origem (JONGSCHAAP, 2007).

No Brasil, segundo Arruda et al. (2004) e Saturnino et al. (2005a), sua distribuição geográfica é bastante vasta, devido à sua rusticidade e resistência a longas estiagens, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde a região Nordeste, Sudeste e até o estado do Paraná.

2.1.2 Características botânicas e morfológicas

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie arbustiva, perene e monóica, pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona, mandioca e seringueira, de crescimento rápido, caducifólico, podendo atingir mais de 5 metros de altura. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de

lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estende até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento. O tronco é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas, (BRASIL, 1985).

As folhas do pinhão são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monóica, apresentando flores normalmente unissexuais, com flores masculinas e femininas na mesma inflorescência, sendo as flores masculinas encontradas em maior número com um percentual de 80% a 90% de ocorrência enquanto que para as femininas este percentual varia de 10% a 20 %. As flores femininas dispõem-se nas extremidades das ramificações e as masculinas nas ramificações (BELTRÃO et al., 2004).

As inflorescências surgem junto com as novas folhas, as flores são amarelo-esverdeadas, monóicas, unissexuais e produzidas na mesma inflorescência sendo que a abertura das flores femininas na mesma inflorescência acontece em dias diferentes (SATURNINO et al., 2005). A polinização do gênero *Jatropha* é entomófila, ou seja, realizada por insetos como abelhas, formigas, moscas, vespas, tripses, dentre outros, aumentando a variabilidade genética das plantas em cultivo (DIAS et al., 2007)..

Os frutos são do tipo capsular ovóide, com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm, trilocular com uma semente em cada cavidade ou lóculo, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho e por fim preto, quando atinge o estágio de maturação. Contém de 53 a 62% de sementes e de 38 a 47% de casca, pesando cada um de 1,53 a 2,85 g (ALVES, et al.; 2008).

A semente é relativamente grande; quando secas medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,5 cm de largura; tegumento rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Debaxo do invólucro da semente existe uma película branca cobrindo a amêndoa; albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados. Apresentam teor de óleo variando entre 30 e 40% e representam entre 53 e 79 % do peso do fruto (SATURNINO et al., 2005).

2.1.3 Fenologia da planta

O ciclo produtivo do pinhão-manso é variável, devido a sua variabilidade genética e também da forma de plantio. A implantação da cultura pode ser feita vegetativamente ou por

sementes (Figura 1). Plantas oriundas de estaquia proporcionam maior homogeneidade entre as plantas, e início do ciclo reprodutivo mais curto, mas resultando em um sistema radicular mais sensível e superficial. A propagação a partir de sementes tem a desvantagem de originar plantas desuniformes, no entanto, apresentando sistema radicular mais profundo com raiz pivotante e abundante, que resulta em plantas mais estabilizadas e com maior potencial para a obtenção de água e nutrientes explorando volume maior do solo (SATURNINO et al., 2005).

Arruda et al. (2004) indicam que o início da produção do pinhão-manso é por volta do décimo mês após o plantio, mas a produção só atinge a plenitude por volta do terceiro ou quarto ano, podendo chegar aos 40 anos de produção.

O ciclo completo de reprodução do pinhão-manso desde o surgimento da inflorescência até o amadurecimento pleno do fruto na planta tem duração média de 120 dias (SANTOS et al., 2010).

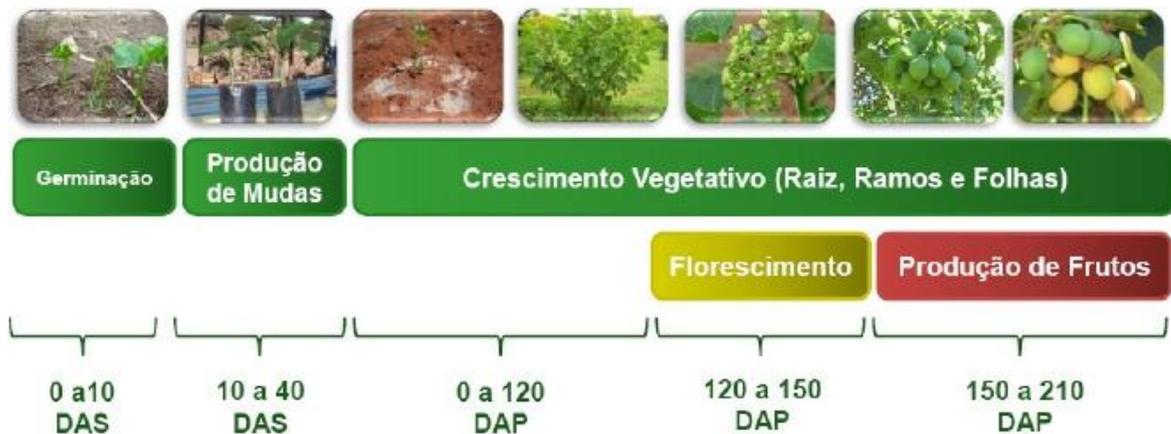


Figura 1 - Ciclo de desenvolvimento do pinhão-manso no primeiro ano de cultivo nas condições do Brasil (LAVIOLA, 2012).

2.2 Análise do Crescimento Vegetal

Do ponto de vista agrônomo, a análise de crescimento atende aos pesquisadores que estão interessados em conhecer diferenças funcionais e estruturais entre espécies, de forma a poder selecioná-los para melhor atender aos seus objetivos, já do ponto de vista biológico, a análise de crescimento das plantas é uma ferramenta indispensável para o melhor conhecimento das mesmas como entidades biológicas, independente da exploração agrícola (BENINCASA, 2004).

Estudos das interações de parâmetros como a taxa assimilatória líquida, a taxa de crescimento relativo, a razão de área foliar entre outras, com cada fator ambiental (luz, temperatura, concentração de CO₂ e disponibilidade de água e nutrientes) próprios de cada local, permitem avaliar a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais em que estas plantas crescem.

A análise quantitativa de crescimento tem sido usada por pesquisadores de plantas na tentativa de explicar diferenças no crescimento de ordem genética ou resultante de modificações no ambiente. Seu uso torna-se apropriado quando são usados conceitos básicos de análise de crescimento e os critérios essenciais para a obtenção dos dados.

O termo crescimento se refere ao aumento irreversível de algum atributo físico, especialmente do material protoplasmático (REIS; MULLER, 1979), podendo ser mensurado a partir da massa, tamanho ou volume; o desenvolvimento a diferentes etapas por que passa o organismo ou o vegetal (germinação, juvenilidade, maturação, reprodução, senilidade e morte) e a diferenciação diz respeito a todas as diferenças qualitativas entre células: especialização de células e tecidos para funções particulares durante o desenvolvimento.

Como podemos observar, o desenvolvimento da planta como um todo é um processo complexo que envolve fatores externos e internos. Sendo que o processo compreende o crescimento e a diferenciação.

As técnicas de análise de crescimento foram desenvolvidas, no início do século XX, por investigadores britânicos (BLACKMAN, 1919; BRIGGS et al. 1920; WEST et al., 1920). O fundamento dessa análise é a medida sequencial da acumulação de matéria orgânica na planta, sendo que a sua determinação é feita, normalmente, considerando a massa da matéria seca ou a sua fitomassa (MAGALHÃES, 1985). Entretanto, devido ao fato deste procedimento ser destrutivo, as plantas tomadas como amostra a cada tempo, devem representar a população em estudo.

A determinação da superfície foliar é muito importante no que diz respeito a inúmeros parâmetros fisiológicos como a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e o índice de área foliar, entre outros. A área foliar representa a matéria prima para a fotossíntese e, como tal, é de grande importância para a produção de carboidratos, óleos, proteínas e fibras.

A análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se estimar a atividade fisiológica, de forma bastante precisa, as causas de variações de

crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em ambientes diferentes.

Existem diferentes tipos de medidas para se avaliar o crescimento de uma planta, podendo ser: dimensões lineares (altura, diâmetro do caule, etc.); número de unidades estruturais (contagem de folhas, ramos, frutos, etc.); medidas de superfície (área foliar, podendo ser determinada com uso de planímetro, massa da matéria seca de discos foliares, fotocópias, uso de integradores, método dos pontos e modelos matemáticos); massa da matéria fresca (massa do material em equilíbrio com o ambiente), massa da matéria seca (massa constante de determinada amostra, em dada temperatura) e volume (medida tridimensional).

2.2.1 Parâmetros da análise de crescimento

Embora muitas vezes o pesquisador se depare diante de situações difíceis de serem explicadas quanto à complexidade do crescimento vegetal, ele procura utilizar uma “lógica” estabelecida com base em vários parâmetros, considerando que a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição dos diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

As medidas obtidas ao longo do ciclo da cultura, em plantas intactas ou colhidas, são tabeladas de forma que possam ser analisadas por meio de fórmulas matemáticas e/ou graficamente. Para tanto, podem ser utilizadas várias funções, equações ou programas. A utilização de equações de regressão não só corrige as oscilações normais, como permite avaliar a tendência do crescimento em função dos tratamentos (Benincasa, 2004).

As variáveis de crescimento mais utilizadas são:

Taxa de crescimento absoluto (TCA): É a variação ou incremento entre duas amostras ao longo de um determinado período de tempo (REIS e MULLER, 1979). É uma medida que pode ser usada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

Taxa de crescimento relativo (TCR): Para os biólogos, é mais interessante expressar essa taxa de crescimento segundo uma base comum, que é o próprio peso da planta. A TCR expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo (REIS e MULLER, 1979).

As curvas de taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) são distintas. Magalhães (1985) considera a taxa de crescimento relativo como a medida mais apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado.

Para Benincasa (2004), todo crescimento resultará da produção de material suficiente para atender às necessidades metabólicas do material já existente e, ainda, para armazenar ou construir novo material estrutural, uma vez que conceitualmente, a análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta é função do tamanho inicial (período em que se inicia a observação).

Taxa de assimilação líquida (TAL): Este termo expressa a taxa de incremento de massa de matéria seca por unidade de área foliar existente na planta, num intervalo de tempo. Segundo Magalhães (1985), a TAL reflete a dimensão do sistema assimilador que é envolvida na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida. Depende dos fatores ambientais, principalmente da radiação solar. Devido ao auto-sombreamento a TAL diminui com o aumento do IAF e, conseqüentemente, com o crescimento da comunidade vegetal.

Benincasa (2004) acrescenta que a taxa assimilatória líquida deve ser aplicada quando existe uma correlação linear entre a área foliar e a matéria seca total. Ou seja, para que haja precisão total da fórmula, é necessário que AF e MST estejam relacionados linearmente. Entretanto, isto não é rígido, mesmo na fase de crescimento exponencial das plantas. Para Pereira e Machado (1987), a TAL representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido pela respiração e indica a eficiência de uma planta na produção de matéria seca. No entanto, a produção econômica está sob outros controles e não necessariamente relacionado com a eficiência fotossintética.

Razão de área foliar (RAF): A razão de área foliar expressa a área foliar útil para a fotossíntese, pois é a relação entre a área foliar (AF) e o peso da matéria seca total da planta (MST). É também chamado quociente de área foliar (WEST et al., 1920). A RAF declina enquanto a planta cresce, em função do autossombreamento, com a tendência da diminuição da área foliar útil ou fotossinteticamente ativa que responde pela interceptação da radiação luminosa e captação do CO₂ na fotossíntese para a produção de matéria seca.

Área foliar específica (AFE): Relaciona a superfície com a massa da matéria seca da própria folha. A superfície é o componente morfológico e a fitomassa é o componente anatômico da RAF, pois está relacionado com a composição interna formada pelo número e/ou tamanho de células do mesófilo foliar.

Razão de peso de folha (RPF): Constitui num componente fisiológico da RAF, já que é razão de massa de matéria seca retida nas folhas e massa de matéria seca acumulada na planta. A RPF nos dá a estimativa de quanto da massa seca produzida na folha esta sendo translocada para outras partes da planta. É o componente que se refere á translocação orgânica de fotoassimilados.

Índice de área foliar (IAF): A área foliar de uma planta constitui sua matéria prima para fotossíntese e, como tal, é muito importante para a produção de carboidratos, lipídeos e proteínas. O IAF representa a área foliar total por unidade de área do terreno ocupada pelas folhas. Funciona como indicador da superfície disponível para interceptação e absorção de luz.

O índice de área foliar é computado em diferentes estádios de crescimento e é muito variável entre plantas e entre épocas de amostragens. Ele avalia a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo ou de um outro substrato disponível àquele vegetal. Devido ao índice de área foliar ser uma função das condições ambientais predominantes durante o crescimento das plantas, torna-se difícil definir IAFs ótimos para as culturas.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.M.A.; SILVA, S.R.G.; SOUSA, A.A.; LOPES, G.N. SMIDERLE, O.J.; UCHÔA, S.C.P.; **Pinhão-Manso: Uma Alternativa para Produção de Biodiesel na Agricultura Familiar da Amazônia Brasileira**. Agro@mbiente On-line, v. 2, n. 1. Boa Vista, 2008. p. 57-68.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de Pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) como alternativa para o Semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- BELTRÃO, N. E. M. de & CARTAXO, W. V. Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. III CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2006, Anais. Varginha.
- BELTRÃO, N.E.M. **Agronegócio das oleaginosas no Brasil**. Inf. Agropec., n. 26 p. 44-78, 2005.
- BELTRÃO, N.E.M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão manso e sisal**. Brasília – DF: Embrapa informações tecnológicas, 2011. 322p.
- BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 41p.
- BLACKMAN, V.H. The compound interest law and plant growth. **Ann. Bot.**, v. 33, p.353-60, 1919.
- BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, 1985. 364p. (Documentos, 16).
- BRIGGS, G. E.; KIDD, F. A & WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. **Ann. Appl. Biol.**, v.7, p. 202-23, 1920.
- CARNIELLI, F. **O combustível do futuro. 2003**. Disponível em: www.ufmg.br/boletim/bul1413. Acesso em: 20 de janeiro de 2010
- DIAS, L.A.S. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. Viçosa, MG, 2007. v.1. 40p.
- EMBRAPA AGROENERGIA, 2011; Congresso apresentou avanços nas pesquisas com pinhão-manso disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/jatropha/congresso-avancos-pesquisas-pinhao-manso-301111.htm>. Acesso em 17/10/2012.
- GEXSI, L. L. P. **Global market study on jatropha: project inventory: Latin America**. Londres, maio, 2008. Disponível em: <http://www.jatropha-lliance.com>.

org/fileadmin/documents/GEXSI_Jatropha - Project-Inventory_LATIN-AMERICA. Acesso em: 21 jan. 2011.

HELLER, J. Physic nut (*Jatropha curcas*) – Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome: 1996, 66p.

JONGSCHAP, R. E. E. et al. Caims and Facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. **Plant Research International B. V.**, Wageningen. Report 158. 2007.

LAVIOLA, B. G. Nutrição mineral e adubação do pinhão-mansão. Disponível em: http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Documentos/JatrophaContradiciones/5Bruno_Laviola-EMBRAPA.pdf. Acesso em 20 de junho 2012.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, EPU, 1985. v.1, p.363 - 50.

MARTIN, G. AND A. MAUEX. Réflexions sur les cultures oléagineuses énergétiques. II. -Le Pourghère (*Jatropha curcas* L.): un carburant possible. **Oléagineux Corps gras lipídios – OCL**, n. 39(5), p.283-287, 1984.

NUNES, C.F. Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Lavras, 2007. 78p.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas. Instituto Agrônômico. Campinas, 1987. 33 p. (IAC-Boletim Técnico n. 114).

REIS, G. G.; MULLER, M. W. Análise de crescimento de plantas - mensuração do crescimento. Belém, CPATU, 1979. 35p.

SANTOS, C. M. DOS; ENDRES, L; WANDERLEY FILHO, H. C.; DE L.; ROLIM, E. V.; MARQUES FERREIRA, V. Fenologia e crescimento do pinhão-mansão cultivado na zona da mata do Estado de Alagoas, **Scientia Agraria**. Curitiba, v. 11, n. 3, p.201-209, 2010.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.26, p.44-78, 2005.

WEST, C.; BRIGGS, G. E.; KIDD, F. Methodos and significant relations in the quantitative analysis of planta growth. **New Physiologist**, v. 19, p. 200-207, 1920.

4 CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ

RESUMO

O Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), é uma oleaginosa pertencente a família das Euforbiáceas que apresenta fácil adaptação a diferentes ambientes. Com o objetivo de avaliar o crescimento e o desenvolvimento do pinhão manso, no primeiro e segundo ano de cultivo na região oeste do Paraná, instalou-se um experimento na Estação Experimental da UNIOESTE em Pato Bragado-PR. Inicialmente produziram-se as mudas em tubetes onde permaneceram por 60 dias. Antes do plantio na área definitiva que foi realizado no dia 01/12/2009 em espaçamento 2 x 3 a área foi preparada efetuando-se a correção da acidez do solo visando elevar a saturação por bases a 60%. As covas foram abertas com auxílio de um enxadão nas dimensões de 0,25 m de raio e 0,30 m de profundidade, adubadas com 100 g da fórmula 05-20-20 e 3,0 kg de esterco de curral compostado mais 50 g de Umostart (46% P₂O₅, 11% de N e 2% de Zn). Durante a condução do experimento foi realizada adubação de cobertura no período que antecedeu a floração utilizando 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Os tratamentos culturais no período experimental consistiram em controle de oídio e de plantas daninhas. O delineamento experimental foi em blocos casualizado com quatro repetições, sendo retirada uma planta de cada bloco aos 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 e 720 dias após o transplantio (DAT). As avaliações consistiram da medida da altura de planta, diâmetro de caule, número de folhas, área da copa, massa de matéria seca de folhas, pecíolo, ramos e frutos, quando presentes, determinação da área foliar (AF), taxa de crescimento absoluto e relativo (TCA e TCR), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão peso de folha (RPF) e índice de área foliar (IAF). A cultura do pinhão manso apresentou crescimento linear em altura e diâmetro da base nos dois primeiros anos de cultivo. O período de repouso vegetativo é bem definido, sendo este nos meses de março a setembro. As maiores massa de matéria seca de folhas e de pecíolo e o maior número de folhas ocorrem no mês de dezembro de cada ano juntamente com a maior área foliar. A taxa de crescimento absoluto (TCA) e o índice de área foliar apresentam maiores valores no final de cada ano, e a taxa de crescimento relativo (TCR), a razão de área foliar (RAF) e a razão peso de folhas apresentam maiores valores no início de cada ano. A produtividade do pinhão manso foi de 93 g por planta aos 18 meses de idade, com período de colheita nos meses de janeiro a julho.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, análise de crescimento, área foliar, produtividade.

INITIAL GROWTH OF PHYSIC NUT IN THE DISTROFIC RED LATOSSOL IN THE WEST REGION OF PARANA.

ABSTRAT

Jatropha curcas is an oleaginous belongs to the family of Euphorbia that presents an easy adaptation to different environments. With the objective to evaluate the growth and the development of *Jatropha*, in the first and second agricultural year in the western region of Paraná, was installed an experiment at the experimental station of UNIOESTE in Pato Bragado – PR. Initially produced the seedlings in tubes where they remained for 60 days. Before planting in the final area that was held on 12/01/2009 in spaced 2 x 3 the area was prepared by using the correction of soil acidity aiming to raise the saturation of bases to 60 %. The pits were open with the aid of a hoe in the dimensions of 0,25 m radius and 0,30 m deep, fertilized with 100 g of the formula 05-20-20 and 3,0 kg cattle manure more Kurdish 50 g of Umoplast(46% P₂O₅, 11% of N and 2% of Zn) during the conduct of the experiment Cattle manure more Kurdish 50g of umoplast. during the conduct of the experiment was performed fertilizing coverage in the period preceding the flowering using 40 kg coverage in the period preceding the flowering using 40 kg ha⁻¹ of N and 40 kg ha⁻¹ of K₂O. Cultivation in the experimental period consisted in control of powdery mildew and weeds. The experimental design was a completely randomized design with four replicates, and removed a plant of each block to 90,180, 270, 360, 450, 540, 630 and 720 days after the transplant (DAT). The assessments consisted of the measurement of plant height, diameter of the stem, number of leaves, area of the cup, mass of dry leaves, petioles, stems and fruit, when present, Determination of leaf area (LA), rate of absolute growth and relative (RGA and RGR), Reason of leaf area (RLA), specific leaf area (SLA), reason weight of leaf (RWL) and index of leaf area (ILA). Tthe cultivation of *jatropha* presented linear growth in height and diameter of the base in the first two years of cultivation. The period of vegetative rest and well defined, and this in the months of March to September. The larger masses of dry leaves and petioles and the greater number of leaves occur in the month of December of each year together with the greater leaf area. The absolute growth rate (AGR) and the leaf area index have higher values at the end of each year, already the relative growth rate (RGR), the ratio of leaf area (LA) and the right weight of leaves have higher values at the beginning of each year. The productivity of *jatropha* was 93 g per plant at 18 months of age, with harvest period in the months of January to July.

Keywords: *Jatropha curcas*, growth analysis, leaf area, productivity.

4.1 Introdução

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta oleaginosa pertencente a família das Euforbiaceas originário das Américas (MARTIN e MAUEX, 1984; HELLER, 1996; BELTRÃO, 2005; ABA, 2007). Entretanto, ainda não foi encontrado nenhum dado concreto que comprove sua origem (JONGSCHAAP, 2007). Embora seja uma espécie não domesticada, sem definição de cultivares com estabilidade, tem sido considerada uma planta promissora para a produção de biodiesel (DRUMOND et al., 2008; SATURNINO et al., 2005).

A espécie *Jatropha curcas* está distribuída em todas as regiões tropicais. Além de ser resistente à seca quando adulta, podendo sobreviver até com três anos de seca consecutivos, paralisando seu crescimento nesse período perdendo as folhas e sobrevivendo da água armazenada nos caules (SATURNINO et al. 2005), pode se desenvolver em vários tipos de solo, inclusive naqueles arenosos, salinos, alcalinos e rochosos, os quais, sob o ponto de vista nutricional e físico, são restritivos ao pleno desenvolvimento de raízes (ALVES et al. 2008). É também considerada uma espécie medicinal e produtora de óleo. Antigamente, era usada na fabricação caseira de sabão, e mais recentemente, como cerca viva. Seu maior atributo, entretanto, é o alto teor de óleo produzido pelas sementes, com 27 a 35% de óleo, podendo frutificar por mais de 40 anos (CARNIELLI, 2003; ARRUDA et al., 2004; NUNES, 2007).

Sendo uma planta em fase de domesticação, o pinhão manso apresenta desuniformidade de crescimento e arquitetura. Sua colheita torna-se onerosa devido a desuniformidade de maturação dos frutos, exigindo varias visitas na área para a colheita (SATURNINO et al. 2005; ALBUQUERQUE et al., 2008).

Beltrão e Cartaxo (2006) alerta que não se conhece quase nada da fisiologia desta planta, não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos necessitam de investigação, como a densidade ideal e configuração de plantio.

O crescimento da cultura pode ser avaliado pela análise de crescimento que permite estudar as bases fisiológicas da produção, avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. Para Silva et al. (2000) esta técnica descreve as condições morfo-fisiológicas das plantas em intervalos de tempo diferentes e utilizada para a investigação do efeito de fenômenos ecológicos sobre o crescimento de espécies vegetais.

Para o desenvolvimento de um programa consistente de melhoramento genético para a cultura do pinhão manso, é de fundamental importância conhecer as características de

crescimento e desenvolvimento da planta. Com base neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a produtividade da cultura do pinhão manso nos dois primeiros anos de cultivo na região oeste do Paraná.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Pato Bragado-PR, administrado pelo Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon – PR, nas coordenadas geográficas 24°39'43"S e 54°15'53"W, e altitude de 247 metros. O clima da região segundo classificação de Köppen denomina-se de Subtropical Úmido Mesotérmico com verões quentes (temperatura média superior a 22 °C) com tendência a concentração de chuvas e invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18 °C), e precipitação média anual de 1.500 mm. Os dados climáticos de precipitação e temperaturas máxima, mínima e média ocorridas durante o período de execução do experimento estão plotados na Figura 1.

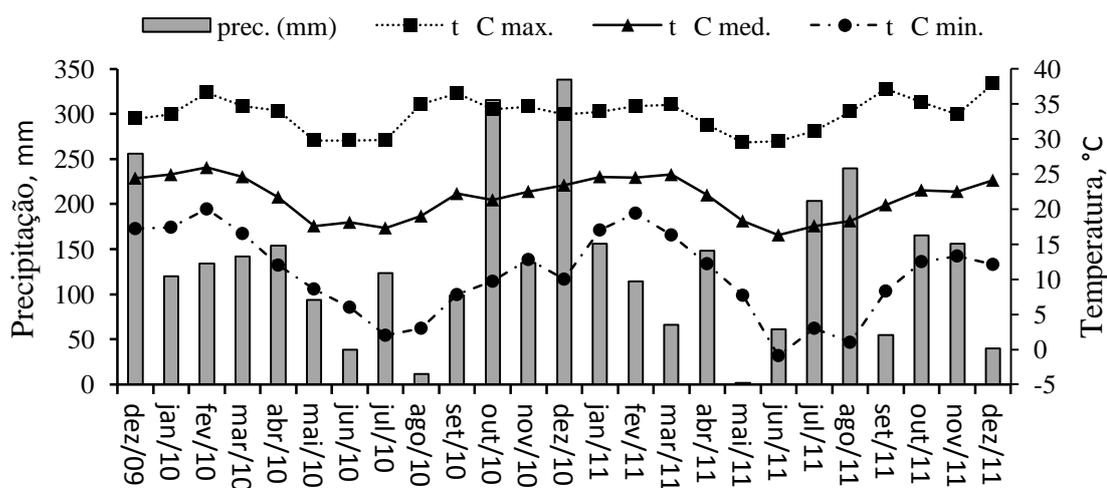


Figura 1 – Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. Pato Bragado - PR, 2009-2011. Fonte: Instituto das águas do Paraná-Estação Porto Britânia.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006). Para a determinação dos atributos físicos e químicos do solo da área experimental, foram realizadas nove coletas de amostras simples nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Os resultados da análise química estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1: Atributos químicos e físicos do Latossolo Vermelho distrófico da área de implantação do experimento, Pato Bragado, 2009

Amostra	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	pH
cm	g dm ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	
Antes da calagem										
0-20	21,2	6,6	0,53	2,7	1,29	0,40	6,10	10,6	42,7	4,6
20-40	15,9	2,9	0,31	2,3	1,14	0,40	5,50	9,3	40,3	4,5
60 dias após calagem										
0-20	25,97	6,4	0,35	4,07	2,14	0,00	4,70	11,26	58,3	5,1
20-40	21,87	2,3	0,26	2,45	1,32	0,05	4,67	8,7	46,5	4,8
Argila			Silte			Areia				
-----g kg ⁻¹ -----										
0 - 20		597,0				275,77			127,23	
20 - 40		638,0				269,98			92,02	

M.O. - Walkey Black; P e K – extrator Mehlich - 1; Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1 mol L⁻¹; pH – CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹.

4.2.1 Produção de mudas

Para a produção das mudas, foi utilizada semeadura direta de sementes procedentes da EMBRAPA Dourados-MS em tubetes de 120 cm³ preenchidos com substrato comercial Plantmax HA[®]. Foi empregada fertilização do substrato, adicionando-se 4 kg m⁻³ da formulação N-P-K (10-10-10) e adubação de cobertura, composta por 200 g de N e 150 g de K₂O por 0,1 m³, parcelada quinzenalmente após a emergência das plantas (GONÇALVES et al., 2005).

O tempo de formação das mudas foi de 60 dias após a semeadura (Figura 2), em ambiente de casa de sombra com 50% de sombreamento. As mudas foram irrigadas diariamente com teor de umidade mantida próxima a capacidade de saturação do substrato durante 45 dias. Os últimos 15 dias de formação foram destinados à rustificação, com redução gradativa do regime de regas, bem como, com a redução da densidade de mudas na bandeja. Antes do transplante, foi realizada medição da altura e diâmetro do coleto das mudas (Figura 2), as quais apresentaram valores médios de 18,6 cm e 1,29 cm, respectivamente.



Figura 2 - Mudas de pinhão manso com 60 dias após sementeira, Pato Bragado, 2009.

Fonte: Jucenei Fernando Frandoloso

4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi constituído de 32 parcelas experimentais. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, aos 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 e 720 dias após transplante, sendo realizadas coletas de quatro plantas dentro da área homogênea de forma intercalada deixando uma bordadura.

4.2.3 Sistema de plantio e condução do experimento

O sistema de plantio adotado foi em quadras, com espaçamento de 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas (Figura 3a). Na área foi realizada a calagem conforme a necessidade utilizando-se o método de saturação por base, visando a elevação da mesma a 60%, o que correspondeu a 2,42 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 80%, aplicadas 60 dias antes do plantio. Após calagem foi realizada duas operações de gradagem.

A dimensão da cova foi em média de 0,25 m de raio, por 0,30 m de profundidade sendo as mesmas adubadas com 3,0 kg de esterco de curral curtido, 100 g do formulado 05-20-20 mais 50 g de Umostart (46% P₂O₅, 11% de N e 2% de Zn), visando à correção do teor de fósforo do solo. Os adubos foram misturados ao solo e adicionados na parte inferior da cova. O plantio foi realizado no dia 1º de dezembro de 2009. Os tratamentos culturais envolveram a roçada de plantas oportunistas nas entre linhas, catação manual de lianas, bem como capina de plantas oportunistas na linha de plantio num raio de 0,60 m (Figura 3b e c).

No período de condução as plantas receberam adubação de cobertura com nitrogênio e potássio na forma de ureia e KCl, na dose de 40 kg ha^{-1} de N e 40 kg ha^{-1} de K_2O , no primeiro e segundo ano aplicadas a uma distância de 50 cm da base.

O controle do oídio, doença que atacou com grande severidade as plantas na entrada do outono (Figura 3d), foi feito com o uso de priori Xtra[®], fungicida sistêmico dos grupos Azoxistrobina (Estrobilurina) e Ciproconazol (Triazol) na saída do período de dormência (setembro), na dose de 300 mL ha^{-1} , aplicados com bomba costal.

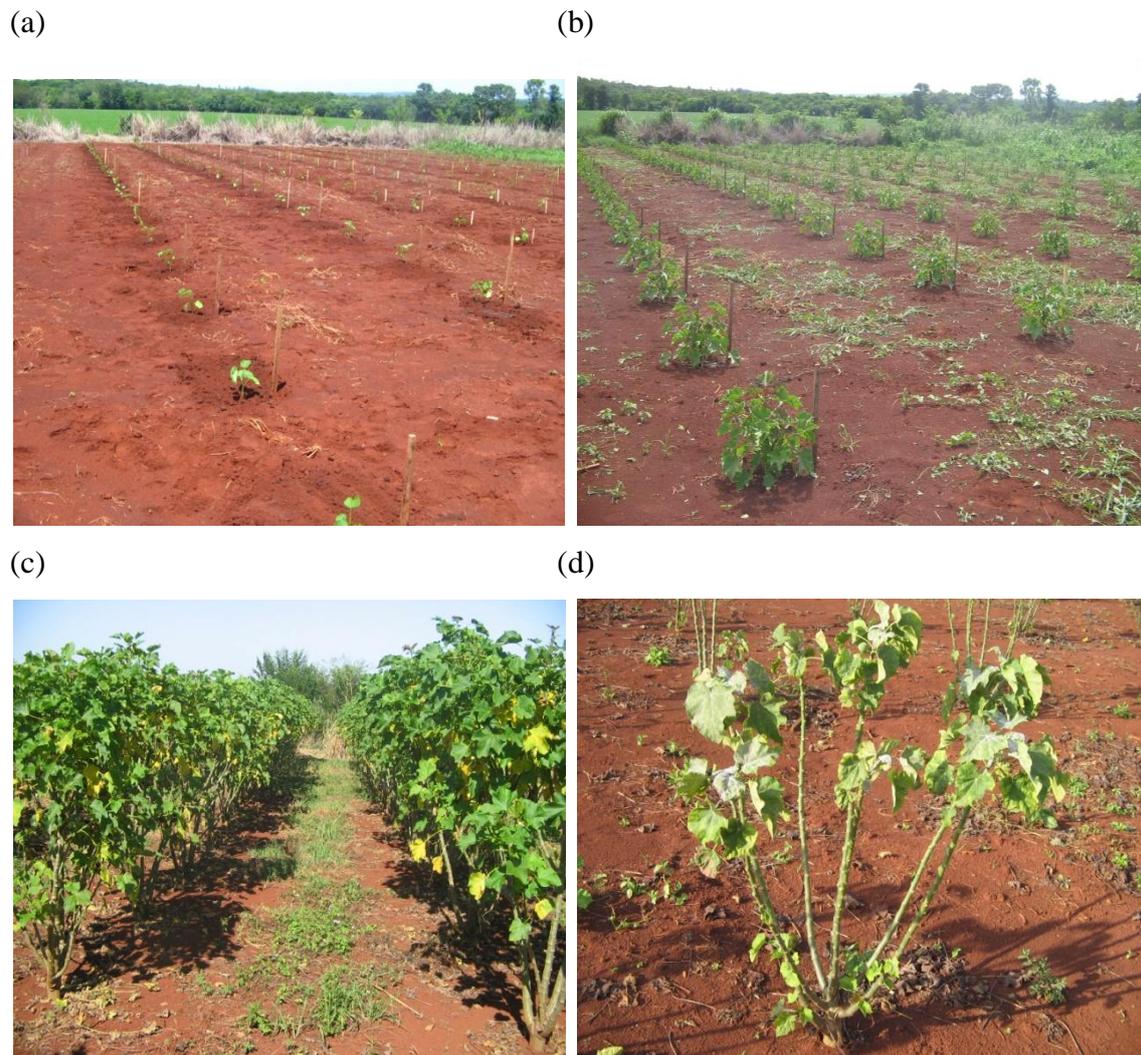


Figura 3 – Fotos da instalação do experimento em 01/12/2009 (a), tratos culturais realizados em 06/01/2010 e 15/03/2011 (b e c) e planta com ataque de oídio em 03/06/2010 (d), Pato Bragado.

Fonte: Jucenei Fernando Frandoloso

4.2.4 Avaliações

Aos 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 e 720 dias após o transplante (DAT) foi realizada as medidas de crescimento sendo elas destrutivas e não destrutivas. A coleta das plantas foi realizada sempre no início de cada mês.

4.2.4.1 Medidas biométricas

Dimensões lineares (não destrutivas):

Altura de planta: avaliadas da superfície do solo até o ápice apical da haste principal com auxílio de uma trena.

Diâmetro do caule: realizado com auxílio de um paquímetro, sendo tomadas quatro medidas por planta a uma altura de 5 cm do solo.

Área de projeção da copa (sombreamento): foi realizada na porção mediana da copa tomando-se quatro medidas envolvendo toda a circunferência da copa.

Número de unidades estruturais

Número de folhas: As folhas foram separadas das ramificações e do pecíolo e contadas.

4.2.4.2 Medidas de massa (destrutivas)

Para quantificar a massa de matéria seca dos diferentes órgãos das plantas após as medidas biométricas não destrutivas, as plantas foram cortadas rente ao solo e levadas ao laboratório, onde foram separadas em folhas, pecíolo, ramos, tronco e inflorescência e frutos quando presentes (Figura 4). As folhas, pecíolos e inflorescências e frutos foram colocadas inteiros para secar, já a base (tronco) e os ramos foram cortados no sentido longitudinal (Figura 4f) para que o processo de secagem fosse mais uniforme e mais rápido.

O material de cada órgão foi acondicionado separadamente em sacos de papel e colocados em estufa de circulação forçada a temperatura de 65° C até atingir peso constante. Após peso constante foi determinada a massa de matéria seca de cada órgão em balança semianalítica.

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



Figura 4 – Plantas de pinhão-mansó recém coletadas (a), separadas em órgãos: ramos (b), pecíolo (c) e folhas (d) e preparação dos ramos para encaminhar à estufa (e e f), Pato Bragado, 2010 e 2011.

Fonte: Jucenei Fernando Frandoloso

4.2.4.3 Parâmetros da análise de crescimento

Área foliar: Para a determinação da área foliar foi utilizado o método da massa seca de discos foliares (BENINCASA, 2004), que constitui da retirada de discos foliares com um perfurador de área conhecida (Figura 5) e posterior relação da massa seca destes com a massa seca total de folhas. A área foliar foi obtida pela equação: $AF = (AF_{am} * MSF) / MSF_{am}$, onde AF_{am} = área foliar amostrada; MSF = massa seca total de folhas e MSF_{am} = massa seca folhas amostradas.



Figura 5 – Determinação da área foliar das plantas de pinhão-manso pelo método da massa seca de discos foliares (BENINCASA, 2004).

Fonte: Jucenei Fernando Frandoloso

Taxa de crescimento absoluto (TCA): Calculada pela seguinte equação: $TCA = (MST2 - MST1) / (T2 - T1) = g \text{ dia}^{-1}$ ou semana, onde $MST1$ e $MST2$ é a variação da massa da matéria seca total em duas amostras e $T1$ e $T2$ é o intervalo de tempo entre duas amostragens.

Taxa de crescimento relativo (TCR): Calculada pela equação: $TCR = (\ln MST2 - \ln MST1) / (T2 - T1) = g \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ onde \ln é o logaritmo neperiano; $MST1$ e $MST2$ representam a massa da matéria seca total nos tempos $T1$ e $T2$.

Razão de área foliar (RAF): Definida pela equação: $RAF = AF / MST$, expressa em cm^2 ou $\text{dm}^2 \text{ g}^{-1}$

Razão de peso foliar (RPF): Definida por: $RPF = MSF / MST$, onde MSF é a matéria seca de folhas e MST matéria seca total. Expressa em g g^{-1} .

Índice de área foliar (IAF): $IAF = AF / S$, sendo S a área do terreno ocupada e/ou sombreada pelas folhas.

Para a determinação da produtividade foi realizada periodicamente a colheita manual de todos os frutos de coloração amarela, com manchas marrom e marrom a preto, de 32 plantas cultivadas em área adjacente as parcelas experimentais, em dois períodos de coletas sendo elas no mês de fevereiro de 2011 e de maio a julho de 2011.

Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão para a confecção das curvas de crescimento, as quais foram ajustadas a modelos de equação polinomial, sendo escolhidos os modelos que apresentaram maior coeficiente de determinação (R^2).

4.3 Resultados e Discussão

A altura de planta avaliada a partir dos 90 dias após transplante (DAT) até o término das avaliações apresentou comportamento linear (Figura 6a), partindo de valores estimados de 89,3 cm aos 90 DAT (mar/2010) e alcançando valores de 274 cm de altura aos 720 DAT, com um crescimento médio de 8,8 cm ao mês neste período. Considerando que as mudas apresentavam em média 18,6 cm de altura no momento do transplante, nota-se que o maior incremento deste parâmetro ocorreu nos primeiros três meses após transplante com aumento de aproximadamente 24 cm ao mês, resultando em um incremento de 380% até os 90 DAT. A partir desta dada a velocidade de crescimento apresentou reduções gradativas partindo de incrementos de 30% nas primeiras avaliações chegando este valor a 10% nas últimas avaliações. Segundo Avelar et al. (2008) as plantas de pinhão-manso apresentam maior taxa de crescimento nos dois primeiros anos de cultivo.

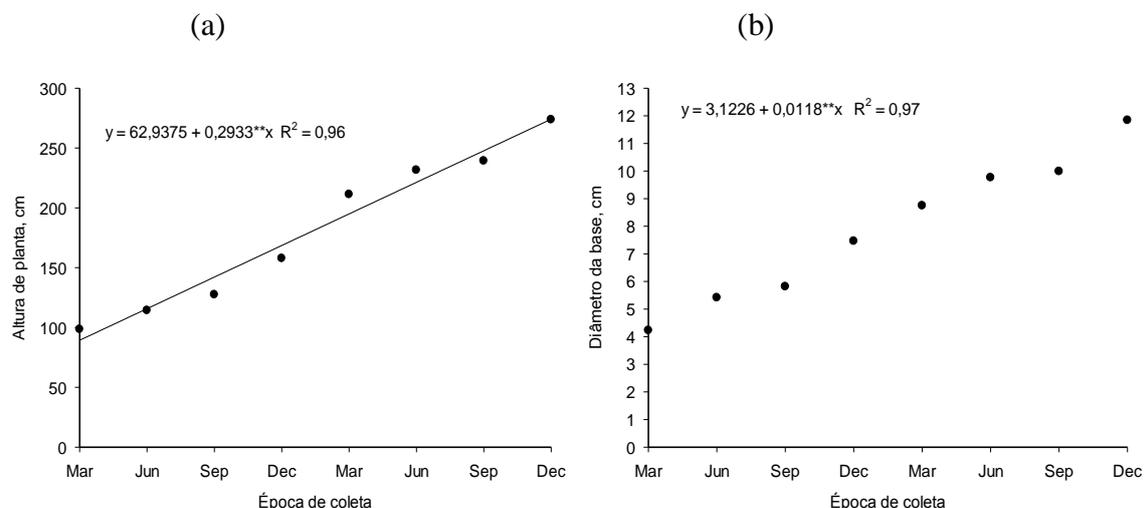


Figura 6 – Altura de planta (a) e diâmetro do caule (b) em função das épocas de coletas das plantas de pinhão-manso no primeiro (dez/2009 a dez/2010) e segundo (dez/2010 a dez/2011) ano de avaliação, Pato Bragado.

A pluviosidade nos primeiros três meses após transplante foi de 510 mm, o que juntamente com a adubação, proporcionou um bom desenvolvimento da planta. Drumond et al. (2008) verificaram que plantas de pinhão manso com 12 meses de idade, cultivadas em área experimental de Petrolina-PE, apresentaram altura média de 1,6 m sem irrigação e 2,2 m com irrigação por gotejamento durante oito meses, totalizando 832 mm aproximadamente. Drumond et al. (2010) estudaram o desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso cultivados no Município de Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco, irrigados por gotejamento, e constataram que aos três meses de idade as plantas apresentavam altura média de 1,3 m e aos 12 meses, de 2,59 m. Já Albuquerque et al. (2009) avaliando o crescimento inicial do pinhão-manso em condições de sequeiro observaram uma altura de planta de 91,6 cm aos 210 dias após emergência, confirmando que, apesar de ser relativamente tolerante à seca a disponibilidade hídrica é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento do pinhão manso. Santos et al. (2010) observaram que o pinhão-manso apresentou média de 30 cm de altura aos seis meses de idade, atingindo, aos 21 meses a altura de 147cm.

O diâmetro do caule apresentou um ajuste ao modelo linear, semelhante à altura de plantas, partindo de valor estimado de 4,18 cm aos 90 DAT e alcançando valor de 11,62 cm de diâmetro aos 720 DAT, com um crescimento médio de 0,35 cm ao mês (Figura 6b). Este crescimento uniforme no diâmetro foi observado por outros autores (ALBUQUERQUE et al., 2009; SILVA et al. 2011). Assim como a altura, o diâmetro apresentou maior incremento nos três meses após o transplante, com incrementos de 224% quando comparado o diâmetro das mudas (1,29 cm) com o da primeira avaliação (90 DAT). A partir desta data também ocorreu reduções na velocidade de expansão caulinar partindo de incremento de 25% nas primeiras avaliações culminado com incrementos de apenas 10% nas últimas avaliações.

O número de folhas e a área foliar apresentaram um comportamento ajustado ao modelo polinomial quadrático nos dois anos de avaliação (Figura 7a e 7b). Nas primeiras avaliações realizadas em março de cada ano (90 DAT e 450 DAT) as plantas apresentavam 277 e 700 folhas e área foliar de 177 dm² e 514 dm² no primeiro e segundo ano respectivamente, e esses valores foram reduzidos a zero próximo aos 200 e 560 DAT. Estes decréscimos coincidiram com o período de frio na região (mês de junho) e já se esperava este comportamento tanto na área foliar como no número de folhas, pois segundo Castro Neto (2007), o pinhão-manso é uma planta caducifólia, as folhas caem em parte ou totalmente quando termina a estação chuvosa ou durante a estação fria do ano, quando a planta entra em um período de repouso vegetativo. Neste estado, a planta permanece até o começo da

primavera ou da estação chuvosa. O término do repouso vegetativo é demonstrado com o rápido surgimento dos brotos no ápice dos galhos da planta. Na mesma ocasião do surgimento dos brotos surgem também as inflorescências. Nota-se que com o aumento da temperatura a planta apresenta um crescimento exponencial com incrementos significativos no número de folhas e área foliar.

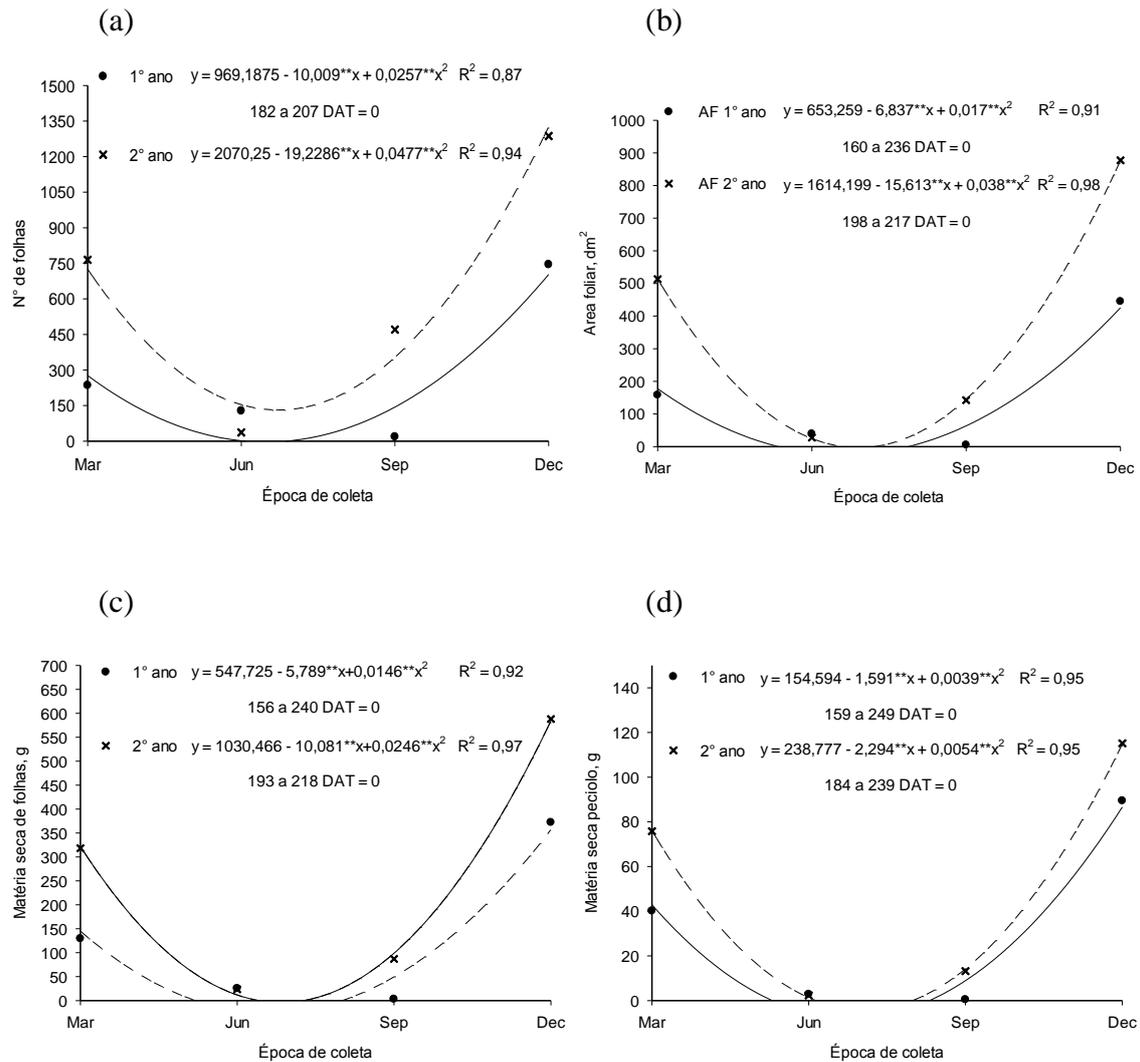


Figura 7 – Número de folhas (a) área foliar (b), massa de matéria seca de folhas (c) e pecíolo (d) do pinhão-manso em função das épocas de coleta das plantas no primeiro (mar/2010 a dez/2010) e segundo (mar/2011 a dez/2011) ano de avaliação, Pato Bragado.

No mês de dezembro de cada ano (360 DAT e 720 DAT) a área foliar foi de 421 dm² e 879 dm², representando um aumento de 109% de um ano a outro. Para Severino et al. (2005) a área foliar interfere na cobertura do solo, na competição com outras plantas, se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética de interceptação de luz e em várias outras características, sendo esta variável de grande importância para o desenvolvimento vegetal.

Souza e Guerra (2012) avaliando o crescimento inicial da cultura do pinhão manso em função da irrigação obtiveram valores de área foliar entre 2,42 a 7,08 m² utilizando lâminas de irrigação entre 50 a 125 % da evapotranspiração aos 257 dias após semeadura. Segundo Openshaw (2000) o pinhão manso responde bem a irrigação, interferindo diretamente nas variáveis do crescimento e na produção. No período de condução do experimento as chuvas foram bem distribuídas (Figura 1), principalmente nos meses de maior taxa de crescimento da cultura o que favoreceu o aumento da área foliar.

A área foliar pode sofrer declínios à medida que a planta se desenvolve, podendo ser decorrente do autossombreamento, acarretando abscisão de folhas (BENINCASA, 2004), mas este declínio não ocorreu nos dois anos de avaliação, indicando novamente que as plantas apresentam maior taxa de crescimento nos primeiros anos de cultivo.

Assim como o número de folhas e área foliar, a produção de matéria seca de folhas e pecíolo (Figura 7c e 7d) apresentou melhor ajuste ao modelo quadrático apresentando o valor estimado de mínimo entre os 198 e 212 DAT, sendo este valor igual a zero grama. Os maiores valores de massa de matéria seca foram encontrados no mês de dezembro de cada ano, sendo estes 356 e 590 g de folhas por planta e 87 e 112 g de pecíolo por planta no primeiro e segundo ano, respectivamente.

A produção de matéria seca de caule e total apresentaram o mesmo comportamento sendo possível o ajuste ao modelo polinomial cúbica nos dois anos de avaliação (Figura 8a e 8b). No primeiro ano a massa de matéria seca do caule apresentou ponto de máxima estimado pela equação aos 108 DAT com uma produção de 291g por planta, já o ponto de mínima foi obtido aos 205 DAT com valor de 246 g. Para o segundo ano de cultivo não foi possível definir o ponto de mínimo e de máximo da equação, o que se esperava, pois o caule apresenta apenas redução na velocidade de crescimento no período de frio na região (meses de maio a setembro), apresentando grande aumento nos meses mais quentes do ano.

A massa de matéria seca total, devido a queda de folhas no período de dormência da cultura que na região constatou-se que é nos meses de maio a setembro, apresentou ponto de máximo acúmulo no primeiro ano aos 95 DAT com valor de 462g por planta com queda de massa nos meses seguintes chegando aos 203 DAT com massa de 339g por planta, sendo retomado o crescimento nos meses seguintes alcançando massa de matéria seca total de 1910 g por planta aos 360 DAT (mês de dezembro de 2010) . No segundo ano o ponto de máximo acúmulo ocorreu aos 137 DAT com valores de 3682g e o ponto de mínimo ocorreu aos 218 DAT com valor de 3576g. No final do segundo ano de avaliação (720 DAT) as plantas apresentaram um acúmulo de 5702 g por planta.

Estes valores do ponto de máximo e de mínimo da massa de matéria seca total próximos, principalmente no segundo ano de avaliação se deve ao fato do caule ser o maior responsável pelo acúmulo de matéria seca em plantas de pinhão manso (Figura 8c), sendo que sua menor contribuição neste acúmulo foi de aproximadamente 60% observado na primeira avaliação após transplante (90 DAT) realizada no mês de março de 2010.

No mesmo período no ano seguinte, aos 450 DAT esta proporção é de aproximadamente 90% apresentando aumento neste valor a 100% nas épocas de predomínio de baixa temperatura no período de junho a setembro de 2011, devido queda de folhas e pecíolos, com nova redução a aproximadamente 90% (720 DAT) em decorrência do aumento da temperatura média e conseqüente retomada no crescimento vegetativo das plantas.

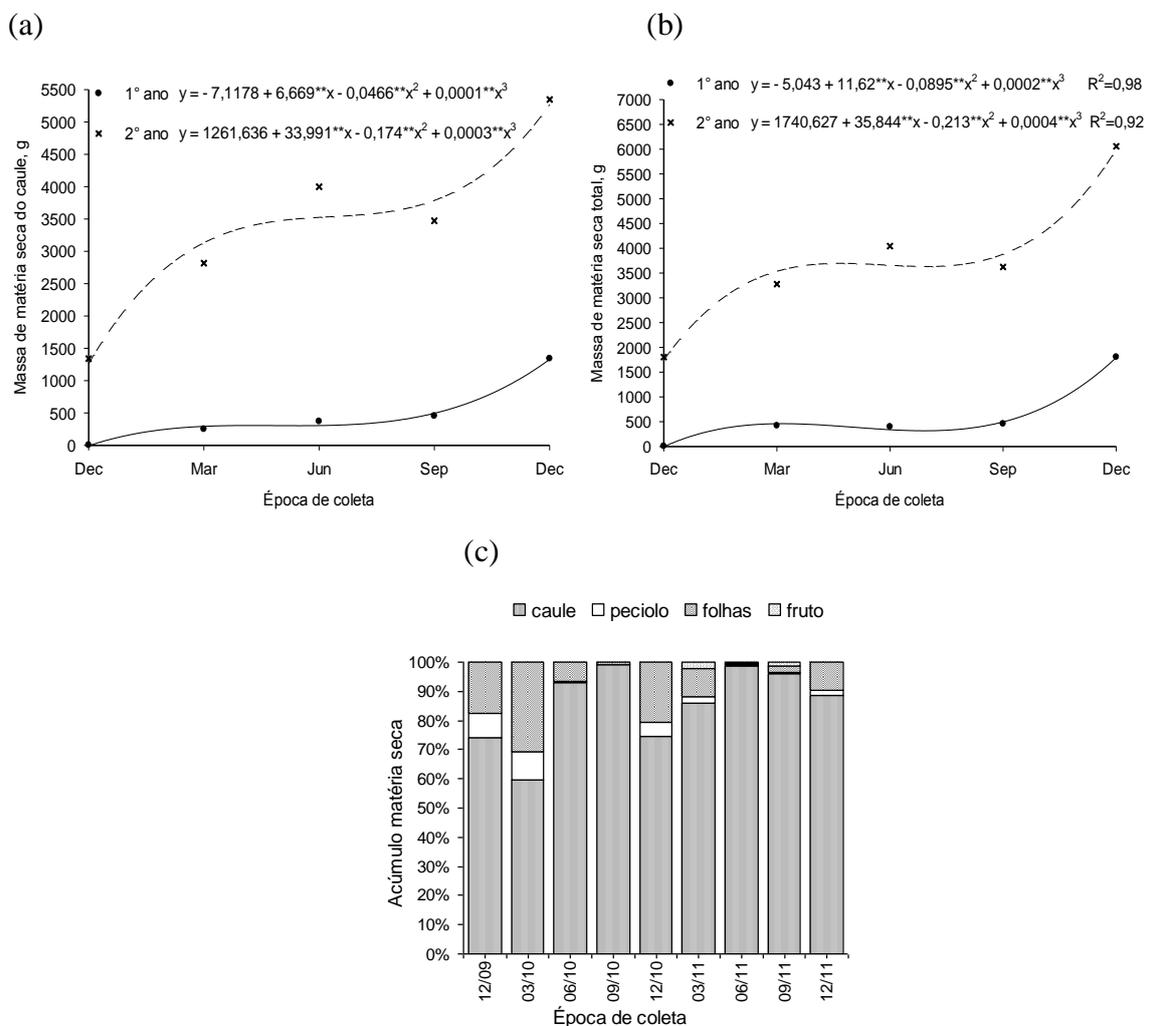


Figura 8 – Produção de matéria seca do caule (a) e da planta inteira (b) em função das épocas de coleta das plantas de pinhão-manso no primeiro (mar/2010 a dez/2010) e segundo (mar/2011 a dez/2011) ano de avaliação e o acúmulo relativo (c). Pato Bragado.

Os parâmetros de crescimento apresentaram melhor ajuste ao modelo polinomial quadrático (Figura 9), o que já se esperava devido à ocorrência da queda de folhas e pecíolos nos meses de baixa temperatura na região, ocasionando redução de massa de matéria seca da planta.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) que representa o incremento de matéria seca entre duas amostragens sucessivas apresentou no mês março de cada ano um incremento de 150 g e 566 g ao mês sendo este valor reduzido à zero aos 195 e 217 DAT (mês de jun/jul) no primeiro e segundo ano, respectivamente, período este em que a planta apresenta repouso vegetativo, com posterior crescimento chegando a taxas de incremento de 441 e 731 g ao mês nos últimos três meses de cada ano (Figura 9a).

Como a taxa de crescimento nos dá uma ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação (BENINCASA, 2004), pode-se notar que na região em estudo, a cultura do pinhão manso apresenta uma fase de crescimento acelerado a partir do mês de setembro de cada ano até o mês de março do ano seguinte, e uma fase de redução do crescimento nos meses de março a setembro de cada ano.

A taxa de crescimento relativo (TCR) que expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo (REIS e MULLER, 1979), foi significativa apenas no primeiro ano de avaliação, com valores de $1,43 \text{ g g}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ aos 90 DAT e este conforme estimativa do modelo ajustado reduzido à zero aos 253 DAT (mês de agosto), culminando com ganhos de $0,53 \text{ g g}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ na última avaliação realizada no ano.

No segundo ano não foi possível o ajuste deste parâmetro sendo apresentada a média de incremento que ficou em $0,10 \text{ g g}^{-1} \text{ mês}^{-1}$. As curvas de TCA e TCR são distintas e para Magalhães (1985) a taxa de crescimento relativo é considerada como a medida mais apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado. No presente trabalho a TCR após o primeiro ano de avaliação apresenta valores baixos e com pouca variação o que pode ser explicado pela redução da razão de área foliar no segundo ano de avaliação já que este parâmetro se relaciona diretamente com a TCR, pois a mesma pode ser definida pela da equação $\text{TCR} = \text{RAF} \times \text{TAL}$.

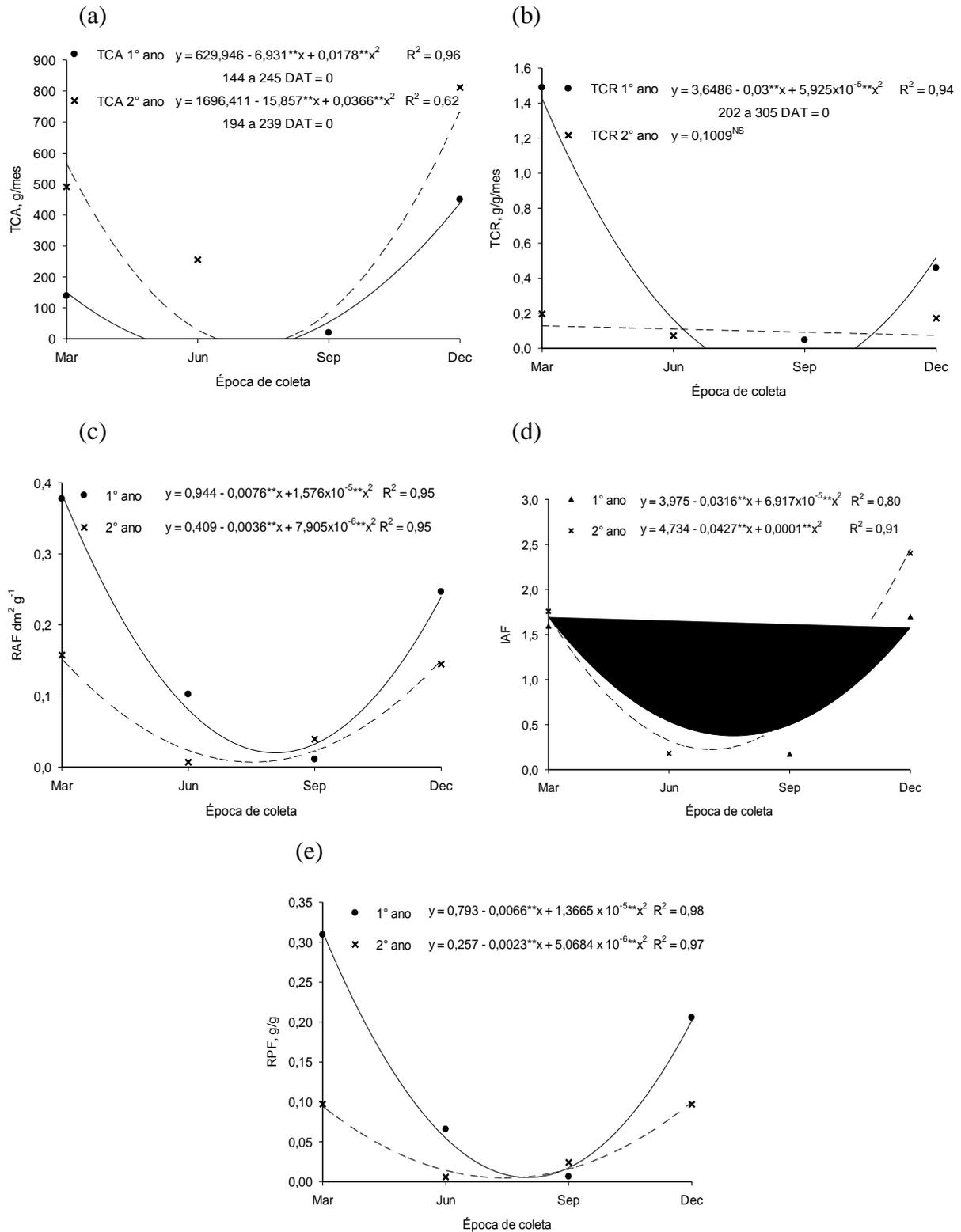


Figura 9 – Taxa de crescimento absoluto-TCA (a), crescimento relativo –TCR (b), razão de área foliar-RAF (c), índice de área foliar-IAF (d) e razão peso de folha-RPF (e) do pinhão-manso em função das épocas de coleta das plantas no primeiro (2010) e segundo (2011) ano de avaliação.

Para a razão de área foliar (Figura 9c), que expressa a área útil para fotossíntese, pois é a razão entre a área foliar (responsável pela interceptação de luz e CO₂) e a massa de matéria seca total (produto da fotossíntese), os maiores valores foram obtidos no primeiro ano de avaliação, sendo necessário uma área de 0,39 dm² para a produção de 1 grama de matéria seca aos 90 DAT com acentuada queda neste valor até os 241 DAT (mês de agosto) devido a queda de folhas atingindo valor igual a zero. Com o retorno do crescimento vegetativo das plantas, este valor voltou a aumentar sendo necessária ao final do ano (360 DAT) uma área de 0,25 dm² para a produção de 1 grama de matéria seca, valor este 56% menor que na primeira avaliação, mostrando que as plantas aumentam sua eficiência fotossintética com o passar do tempo sendo necessária menos área útil fotossintética para uma mesma produção de matéria seca.

No segundo ano de avaliação no mês de março de 2010 aos 450 DAT foram necessárias apenas 0,15 dm² para a produção de 1 grama de matéria seca, redução de 160% quando comparada com a mesma época do ano anterior e de 67% quando comparada com a última avaliação do ano anterior. Este valor novamente reduziu-se a zero no mês de julho do corrente ano chegando ao final do ano com a necessidade de 0,14 dm² para a produção de 1 grama de matéria seca.

Estes dados permitem verificar que a RAF declina a medida que a planta cresce, pois, com o crescimento aumenta a interferência de folhas superiores sobre as folhas inferiores (autossombreamento), e a tendência é a diminuição da área útil a partir de uma certa fase (BENINCASA, 2004). No caso do pinhão manso, desconsiderando o período de repouso vegetativo, foi desde a primeira avaliação (90 DAT) até aos 450 DAT, período em que a planta apresenta crescimento acelerado.

O índice de área foliar (Figura 9d), variável esta que representa a área foliar da planta por unidade de área do terreno funcionando como indicador da superfície disponível para interceptação e absorção de luz, apresentou comportamento semelhante ao da área foliar com valores de 1,69 e 1,70 no mês de março de cada ano sendo este reduzido a 0,37 aos 228 DAT e 0,17 aos 213 DAT no primeiro e segundo ano, respectivamente, chegando ao final de cada ano (360 DAT) a valores de 1,56 e 2,32. Nota-se que no primeiro ano a variação do IAF nas épocas em que a planta está em pleno crescimento é menor, indicando que ocorre expansão da copa, pois mesmo com o aumento da área foliar houve redução no IAF, devido a planta apresentar crescimento acelerado neste período. Já no final do segundo ano, aos 720 DAT o IAF atingiu seu maior valor sendo este 36% maior que na primeira avaliação do corrente ano,

o que indica que ocorreu grande aumento na área foliar porém a expansão da copa não foi tão expressiva causando possível auto sombreamento.

À medida que a área foliar cresce o IAF também cresce, até atingir um valor a partir do qual o autossombreamento passa a ser prejudicial, aumentando o número de folhas que são mantidas sob iluminação precária, diminuindo sua eficiência fotossintética.

Segundo Benincasa (2004) é muito difícil definir índices de área foliares ótimos para as culturas, por que este será sempre uma função das condições ambientais predominantes durante o crescimento das plantas, principalmente em trabalhos de campo, onde simultaneamente a fotossíntese ocorre outro processo que é a transpiração e no caso de uma área cultivada a evapotranspiração.

A razão de peso de folhas (RPF) expressa à fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta quando as folhas são consideradas os centros de produção de matéria seca (fotossíntese) e que o resto da planta depende da exportação deste material. Aos 90 DAT a RPF apresentou valor de $0,31 \text{ g g}^{-1}$ com decréscimo ao longo do ciclo, assim como aconteceu com a RAF, chegando ao valor de $0,08/\text{g}$ de material retido na folha no final do experimento (720 DAT), indicando que a medida que a planta cresce, menor é a fração de material retido na folha, ou seja, maior a exportação.

A produtividade do pinhão manso varia muito em função da região de plantio, técnica de cultivo, tratos culturais e idade da cultura. No presente trabalho a produtividade obtida foi de $83,23 \text{ kg/ha}$ na primeira colheita realizada em fevereiro de 2011 e na segunda colheita realizada no período de maio a julho de 2011 a produção foi de $71,94 \text{ kg ha}^{-1}$, resultando em uma produção acumulada de 155 kg/ha aos 18 meses de idade o que representa uma produção de 93 g por planta. Esta baixa produtividade foi encontrada por outros autores (ALBUQUERQUE et al. 2008 e 2009; COLETTI et al. 2008), e a mesma já era esperada tendo em vista que o pinhão-manso só apresenta produção satisfatória a partir do 4º ano agrícola (CARNIELLI, 2003).

Drumond et al. (2008) estudando o comportamento da cultura durante 12 meses relatam uma produção de 1156 kg de semente por hectare quando irrigado e de 330 kg/ha sem irrigação, dados estes superiores aos encontrados neste trabalho. Adam (1953) constatou um rendimento de 4 a 5 kg de frutos por planta e Peixoto (1973) afirma que o rendimento dessa cultura varia de 500 a 1.200 kg de sementes limpas por hectare.

4.4 Conclusão

O período de repouso vegetativo (queda das folhas) é bem definido, sendo este nos meses de março a setembro, devido a queda na temperatura na região, onde as plantas se apresentam com poucas ou completamente sem folhas.

A maior massa de matéria seca de folhas, massa de pecíolo e o maior número de folhas ocorrem no mês de dezembro de cada ano juntamente com a maior área foliar com incremento de mais de 100% neste parâmetro de um ano a outro.

O caule (ramos) é o órgão responsável pelo maior acúmulo de matéria seca total.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) e o índice de área foliar apresentam maiores valores no final de cada ano (dezembro), já a taxa de crescimento relativo (TCR), a razão de área foliar (RAF) e a razão peso de folhas (RPF) apresentam maiores valores no início de cada ano (março).

4.5 - Referências Bibliográficas

ABA – Anuário Brasileiro de Agroenergia. Pinhão manso. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2007. 520p.

ADAM, J. Les plantes à matiere grasse. Paris: [s.n.], 1953. v. 4, 224p.

ALBUQUERQUE, F. A. de; OLIVEIRA, M. I. P. de.; LUCENA, A. M. A. de; BARTOLOMEU, C. R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e Desenvolvimento do pinhão manso: 1º ano agrícola**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 21 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 197).

ALBUQUERQUE, F. A. de; CASTRO, N. H. A. de; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A. de; SOUZA, S. L. de; FREIRE, M. A. O.; SAMPAIO, L. R.; Análise de crescimento inicial do *Jatropha curcas* em condições de sequeiro. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**. Campina grande, v. 13, n. 3, p. 99-106, set/dez. 2009.

ALVES, J.M.A.; SILVA, S.R.G.; SOUSA, A.A.; LOPES, G.N. SMIDERLE, O.J.; UCHÔA, S.C.P.; **Pinhão-Manso: Uma Alternativa para Produção de Biodiesel na Agricultura Familiar da Amazônia Brasileira**. Agro@mbiente On-line, v.2, n. 1, p. 57-68. Boa Vista, 2008.

ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de Pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) como alternativa para o Semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799. 2004.

AVELAR, R. C.; SILVA, F. M.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Avaliação do desenvolvimento de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco de Germoplasma da UFLA, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5.; CLÍNICA TECNOLÓGICA EM BIODIESEL, 2., 2008, Lavras. **Biodiesel: tecnologia limpa: anais completos**. Lavras: UFLA, 2008. p. 2796 - 2801.

BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 41p.

BELTRÃO, N.E.M. **Agronegócio das oleaginosas no Brasil**. Inf. Agropec., v.26, p. 44-78, 2005.

BELTRÃO, N. E. M. & CARTAXO, W. V. Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. III CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2006, Anais. Varginha.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bul1413>>. Acesso em: 10 de setembro. 2011.

CASTRO NETO, M. **Pinhão-Manso: características botânicas**. 2007. Disponível em <http://brasilbio.blogspot.com/2007/11/caracteristicas-botanicas.html>. Acesso em: 10/02/2010.

COLETTI, A. J.; DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; DALCHIAVON, F. C.; SILVA, K. D. Produtividade inicial da cultura do pinhão manso em condições irrigadas e de sequeiro, na região de Tangará da Serra - MT. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DO MATO GROSSO, 4., 2008, Cáceres. **Anais...** Cáceres: Universidade do Mato Grosso, 2008. p. 01-04.

DRUMOND, M A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 40, n. 1, p. 44-47, 2010.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos.; MORGADO, L. B.; PAIVA, L. E. Comportamento do pinhão manso no semi-árido brasileiro, resultado do 1º ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, 2008, Botucatu. **Agroenergia e desenvolvimento sustentável: anais**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2008. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA-2009-09/39519/1/OPB1998.pdf>>, Acesso em: 28 jan. 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; NETO, S.P.M.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309-350.

HELLER, J. Physic nut (*Jatropha curcas*) – Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome: 1996, 66p.

JONGSCHAP, R. E. E. et al. Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. **Plant Research International B. V.**, Wageningen. Report 158. 2007.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, EPU, 1985. v.1, p.363 - 50.

MARTIN, G. AND A. MAYEUX. Réflexions sur les cultures oléagineuses énergétiques. II. - Le Pourghère (*Jatropha curcas* L.): un carburant possible. **Oléagineux Corps gras lipídios -OCL** v. 39(5), p.283-287, 1984.

NUNES, C.F. Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Lavras, 2007. 78p.

OPENSHAW, K.; A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, n. 4, p. 1-15, 2000.

PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284p.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. Análise de crescimento de plantas - mensuração do crescimento. Belém, CPATU, 1979. 35p.

SANTOS, C. M. DOS; ENDRES, L; WANDERLEY FILHO, H. C.; DE L.; ROLIM, E. V.; MARQUES FERREIRA, V. Fenologia e crescimento do pinhão-manso cultivado na zona da mata do Estado de Alagoas, **Scientia Agraria**. Curitiba, v. 11, n. 3, p.201-209. maio-junho, 2010.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.26, p.44-78, 2005.

SEVERINO, L. V.; CARDOSO, G.D; VALE, L.S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, **55**. Campina Grande, 2005. 20p.

SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; NETO, J. D.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIÉGAS, R. A. Crescimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 6, p. 621-629, 2011.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. de; AMORIM NETO, M. S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 18 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 34).

SOUZA, J. A.; GUERRA, H. O. C.; Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da irrigação, adubação orgânica e cobertura do solo. **Revista caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 104 – 112, 2012.

5 ACÚMULO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE PINHÃO-MANSO NOS DOIS PRIMEIROS ANOS APÓS TRANSPLANTIO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a marcha de absorção e acúmulo de nutrientes nos diferentes órgãos da cultura do pinhão manso na região oeste do Paraná, instalou-se um experimento em um Latossolo Vermelho distrófico(LVd) de textura argilosa em Pato Bragado-PR em área pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições, sendo constituído de 32 parcelas experimentais. Cada tratamento corresponde a uma época de amostragem, aos 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 e 720 dias após transplântio. A área foi preparada efetuando-se a correção da acidez do solo visando elevar a saturação por bases a 60%. As covas foram abertas com auxílio de um enxadão nas dimensões de 0,25 m de raio e 0,30 m de profundidade, no espaçamento de 2x3m e adubadas com 100 g da fórmula 05-20-20 e 3,0 kg de esterco de curral curtido mais 50 g de Umostart (46% P₂O₅, 11% de N e 2% de Zn). Durante a condução do experimento foi realizada adubação de cobertura no período que antecedeu a floração utilizando 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Durante o período de condução do experimento os tratos culturais consistiram em controle de oídio e de plantas daninhas. A coleta das amostras foi realizada efetuando-se o corte das plantas rente ao solo, encaminhadas ao laboratório e separadas em folhas, caule, pecíolo, inflorescência e frutos e postas para secar, foram moídas e o material vegetal foi submetido a digestão sulfúrica para determinação de N. Para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn e Mo, as amostras foram submetidas a digestão nitro-perclórica (relação 3:1). O B foi determinado após queima em mufla a 550° C. O acúmulo total de macronutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente: K>Ca>N>Mg>P>S. Os macronutrientes P, K e Mg apresentam redistribuição para o caule no período de senescência foliar. Nos frutos (semente + casca) a ordem de acúmulo foi: N>K>Ca>P>Mg>S. O acúmulo total de micronutrientes obedeceu a seguinte ordem: Mn>Fe>Zn>B>Cu>Mo, e em frutos maduros a ordem foi: Fe>Mn>B>Zn>Cu>Mo. Os micronutrientes Cu, Zn e Fe apresentam redistribuição para o caule no período de senescência foliar. A exportação de macronutrientes pelos frutos é elevada, sendo necessários 199, 69 e 306 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente para produção de 4000 g/planta em uma população de 1667 plantas ha⁻¹. As recomendações de adubações de cobertura na região oeste do Paraná devem ser realizadas no período de setembro a março, dependendo do regime hídrico, sugerindo-se utilizar formulados com a relação N:P₂O₅:K₂O de 2,88:1,0:4,4.

Palavras-chave: Absorção, redistribuição, macronutrientes, micronutrientes, *Jatropha curcas*.

ACCUMULATION OF NUTRIENTS FOR PLANTS OF PIÑON IN THE FIRST TWO YEARS AFTER TRANSPLANTING

ABSTRACT

With the objective to evaluate the gait of absorption and accumulation of nutrients in the different organs of the culture of jatropha in the western region of Paraná, An experiment was carried out in an Oxisol dystrophic anagen bulbs (LVd) clay texture in Pato Bragado – PR In area belonging to the core of Experimental Stations of UNIOESTE. The experimental design was a randomized complete block with four repetitions, and consisted of 32 experimental portion. Each treatment corresponds to a time of sampling, to 90,180,270,360,450,540,630 and 720 days after transplanting. The area was prepared by using the correction of soil acidity aiming to raise the saturation of bases to 60 %. The pits were open with the aid of a hoe in the dimensions of 0,25 m radius and 0,30 m deep, the spacing of 2x3m and fertilized with 100 g of the formula 05-20-20 and 3,0 kg cattle manure accustomed more 50 g of Umoplast (46% P₂O₅, 11% of N and 2% of Zn). During the conduct of the experiment was performed fertilizing coverage during the period prior to flowering using 40 kg ha⁻¹ of N and 40 kg ha⁻¹ of K₂O. During the period of conduction of the experiment, the cultural treatments consisted in control of powdery mildew and weed. The collection of samples was done, effecting the cutting of plants close to the soil, sent to laboratory and separated in leaves, stems, petioles, inflorescence and fruit and put to dry, they were ground and the plant material was subjected to sulfuric digestion for determination of N. For determination of P, K, Ca, Mg, S Cu, Zn, Fe, Mn and Mo, the samples were submitted to nitro-perchloric digestion (ratio 3:1) the B was determined after burn in over at 550 C. The total accumulation of macronutrients followed the following descending order K, Ca,N,Mg,P,S. The macronutrients P, K, and Mg present redistribution to the stem in the period of leaf senescence. In the fruits (seed + shell) the order of accumulation was N,K,Ca, P, Mg, S. The total accumulation of micronutrients obeyed the following order: Mn, Fe, Zn, B, Cu, Mo and in ripe fruits the order was: Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo. The micronutrients Cu, Zn and Fe present redistribution to the stem in the period of leaf senescence. The export of macronutrients by fruits is high, and is needed 199, 69 and 306 Kg ha⁻¹, of N, P₂O₅ and K₂O, respectively for the production of 4000 g/plant in a population of 1667 plants ha⁻¹. The recommendations for fertilization of coverage in the western region of Paraná must be carried out in the period from september to march, depending on the water regime it is suggested to use formulated with the relationship N:P₂O₅:K₂O of 2,88:1,0:4,4.

Keywords: Absorption, redistribution, macronutrients, micronutrients, *Jatropha curcas*.

5.1 Introdução

A procura mundial por combustíveis alternativos vem se intensificando cada vez mais devido a carência por fontes de energia renovável, principalmente no que diz respeito a fontes menos poluidoras. A substituição do diesel pelo biodiesel ganhou atenção difundida na Índia nos últimos anos (FRANCIS et al., 2005).

O pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*), espécie que apresenta alto teor de óleo em suas sementes vem se destacando neste cenário como planta promissora para produção de biodiesel. Sua origem não é bem definida, mas acredita-se que seja originário da América Central, porém vegeta espontaneamente em diversas regiões do Brasil (HELLER, 1996; BELTRÃO, 2005). O pinhão-manso pertence à família das Euforbiáceas e é considerada uma planta perene, robusta e adaptada as mais diversas condições edafoclimáticas (COSTA et al, 2009), sobrevivendo em condições de solo de baixa fertilidade (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005; DIAS et al., 2007). Para Purcino e Drummond (1986), o pinhão manso é uma planta produtora de óleo, com todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel. Segundo Möller (2006), possui excelente rusticidade, tolerância à seca, sementes com teor de óleo de 35 a 38% e a torta pode ser aproveitada na produção de adubos orgânicos.

Contudo, em alguns plantios recentes, há evidências que o pinhão-manso é uma espécie exigente e que o seu cultivo extensivo deve ser feito em solos naturalmente férteis ou fertilizados artificialmente. Para Urchei (2006) é preciso conhecer melhor a cultura do pinhão manso e desenvolver sistemas de produção adequados para cada região. A cultura também apresenta importância socioeconômica, por ser facilmente inserida na agricultura familiar podendo, assim, criar melhores condições de vida em regiões carentes, valorizando a potencialidade de cada região e oferecendo opções para enfrentar os problemas econômicos e socioambientais (RAMOS et al, 2003).

Apesar de se apresentar como uma opção para produção de biocombustível, não há na literatura informações suficientes sobre o manejo da cultura bem como suas exigências nutricionais, que possam subsidiar o seu cultivo intensivo. Segundo Laviola et al. (2007) a recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e reprodutivo. A composição química tanto quanto o acúmulo de nutrientes são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta. No momento, estas informações são escassas, principalmente, em razão do número reduzido de pesquisas o que tem dificultado o conhecimento dos hábitos da espécie.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a marcha de acúmulo de macro e micronutrientes nos diferentes órgãos da planta, a ordem de extração e fases do desenvolvimento em que ocorre maior acúmulo de nutrientes nos dois primeiros anos de cultivo.

5.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Pato Bragado-PR, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon – PR, nas coordenadas geográficas 24°39'43"S e 54°15'53"W, e altitude de 247 metros. O clima da região segundo classificação de Köppen denomina-se de Subtropical Úmido Mesotérmico com verões quentes (temperatura média superior a 22 °C) com tendência a concentração de chuvas e invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18 °C), e precipitação média anual de 1.500 mm. Os dados climáticos de precipitação e temperaturas máxima, mínima e média ocorridas durante o período de execução do experimento estão plotados na figura 1.

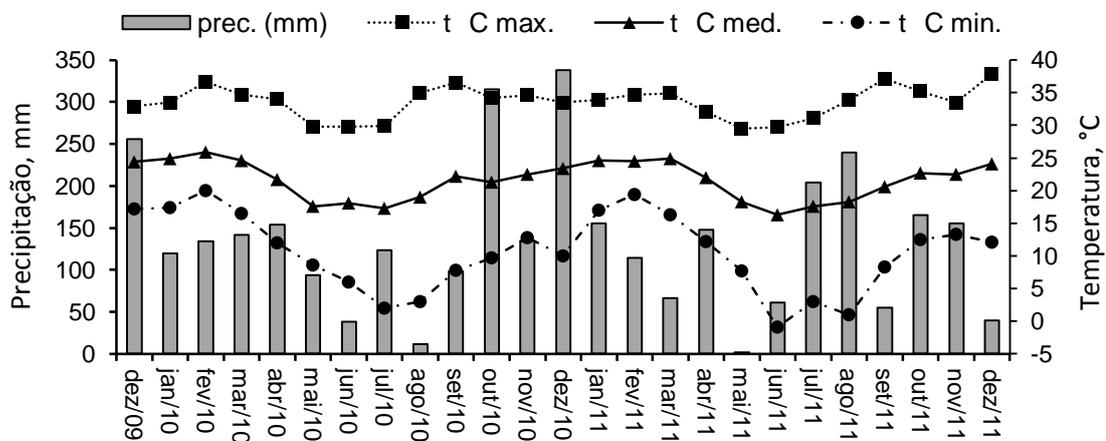


Figura 1 – Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental, Pato Bragado - PR, 2009-2011. Fonte: Instituto das águas do Paraná - Estação Porto Britânia.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico(LVd), de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Para a determinação dos atributos físicos e químicos do solo da experimental, foram realizadas nove coletas de amostras simples nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, sendo feita inicialmente uma análise de rotina para ver a necessidade de calagem e posteriormente uma análise completa. Os resultados das análises química e física do solo estão expressos na tabela 1.

Tabela 1: Atributos físicos e químicos (antes e após a calagem) do Latossolo Vermelho distrófico da área de implantação do experimento

Amostra	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	pH
cm	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----						%	
Antes da calagem										
0-20	21,2	6,6	0,53	2,7	1,29	0,40	6,10	10,6	42,7	4,6
20-40	15,9	2,9	0,31	2,3	1,14	0,40	5,50	9,3	40,3	4,5
60 dias após calagem										
0-20	25,97	6,4	0,35	4,07	2,14	0,00	4,70	11,26	58,3	5,1
20-40	21,87	2,3	0,26	2,45	1,32	0,05	4,67	8,7	46,5	4,8
	Cu	Mn	Zn	Fe	Argila	Silte	Areia			
	-----mg dm ⁻³ -----				----- g kg ⁻¹ -----					
0 – 20	13,3	113,0	1,8	45,7	597,0	275,77	127,23			
20 – 40	12,5	215,0	1,4	39,9	638,0	269,98	92,02			

M.O. - Walkley Black; P, K e micronutrientes – extrator Mehlich - 1; Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1 mol L⁻¹; pH – CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹.

5.2.1 Produção de mudas

Para a produção das mudas, foi utilizada semeadura direta em tubetes de 120 cm³ preenchidos com substrato comercial Plantmax HA[®]. Foi empregada fertilização de base, adicionando-se 4 kg m⁻³ da formulação N-P-K (10-10-10) e adubação de cobertura, composta por 200 g de N e 150 g K₂O por 0,1 m⁻³, parcelada quinzenalmente após a emergência das plantas (GONÇALVES et al., 2005).

O tempo de formação das mudas foi de 60 dias após a semeadura, em ambiente de casa de sombra com 50% de sombreamento. As mudas foram irrigadas diariamente com teor de umidade mantida próxima a capacidade de saturação do substrato durante 45 dias. Os últimos 15 dias de formação foram destinados à rustificação, com redução gradativa do regime de regas, bem como, com a redução da densidade de mudas na bandeja. Antes do transplante, foi realizada medição da altura e diâmetro das mudas, as quais apresentaram valores médios de 18,6 cm e 1,29 cm, respectivamente.

5.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi constituído de 32 parcelas experimentais. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, aos 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 e 720 dias

após transplântio, sendo realizadas coletas de quatro plantas dentro da área homogenia de forma intercalada deixando uma bordadura.

5.2.3 Sistema de plantio e condução do experimento

O sistema de plantio adotado foi em quadras, com espaçamento de 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas. Na área foi realizada a calagem conforme a necessidade utilizando-se o método de saturação por base, visando a elevação da mesma a 60%, o que correspondeu a 2,42 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 80%, aplicadas 60 dias antes do plantio. Após calagem foi realizada duas operações de gradagem.

A dimensão da cova foi em média de 0,25 m de raio, por 0,30 m de profundidade sendo as mesmas adubadas com 3,0 kg de esterco de curral curtido, 100 g do formulado 05-20-20 mais 50 g de Umohart (46% P₂O₅, 11% de N e 2% de Zn), visando a correção do teor de fósforo do solo. Os adubos foram misturados ao solo e adicionados na parte inferior da cova. O plantio foi realizado no dia 1º de dezembro de 2009. Os tratos culturais envolveram a roçada de plantas oportunistas nas entre linhas, a catação manual de lianas, bem como a capina de plantas oportunistas na linha de plantio num raio de 0,60 m.

No período de condução as plantas receberam adubação de cobertura com nitrogênio e potássio na forma de ureia e KCl, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, no primeiro e segundo ano aplicadas a uma distância de 50 cm da base.

O controle do oídio, doença que atacou com grande severidade as plantas na entrada do outono foi feito com o uso de Priori xtra®, fungicida sistêmico dos grupos Azoxistrobina (Estrobilurina) e Ciproconazol (Triazol) na saída do período de dormência (setembro), na dose de 300 mL ha⁻¹, aplicados com bomba costal.

5.2.4 Coletas de amostras de plantas

Aos 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630 e 720 dias após o transplântio (DAT), que corresponde ao início dos meses de março, junho, setembro, dezembro de 2010 e de março, junho, setembro, dezembro de 2011, respectivamente, foi realizada a coleta das plantas as quais foram separadas nos diferentes órgãos: caule, pecíolo, folhas e inflorescências e frutos quando presentes. Deste material foi retirada uma amostra representativa e homogênea a qual foi lavada em água corrente para remoção de sujeiras superficial e de possíveis

contaminantes. Posteriormente foram acondicionadas separadamente em sacos de papel e colocados em estufa de circulação forçada a temperatura de 65° C até atingir peso constante. Após secas as amostras foram moídas (moinho tipo Willye), passadas por peneira de 1,0 mm, acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em caixa de isopor para posterior análise química.

5.2.5 Análise Química

Para determinação do teor de nitrogênio total nos órgãos das plantas as amostras foram submetidas a digestão sulfúrica sendo o mesmo determinado por arraste a vapor pelo método semi micro kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997).

Na determinação de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn e Fe foi realizada digestão nitro-perclórica (3:1) seguindo metodologia proposta por Alvarez V. (2001), sendo o fósforo determinado por complexometria do azul de molibdênio e quantificado por espectrofotometria UV-vis, o potássio foi determinado em fotômetro de chama, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe determinados em espectrofotômetro de absorção atômica, e o enxofre determinado pela método da turbidimetria com cloreto de Bário e quantificado por espectrofotometria UV-vis (ALVAREZ V., 2001).

Para análise de boro, amostras de aproximadamente 500 mg de material vegetal foi queimado em forno mufla a 550° C por 3 horas (obtenção de cinzas brancas), posteriormente diluídas com solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ e acondicionadas em frascos plásticos para futura quantificação do teor de boro em espectrofotômetro UV-vis regulado em 420 nm através do método da azometina -H (MALAVOLTA et al., 1997).

Para a determinação do molibdênio utilizou-se a metodologia descrita por Yatsimirskii (1964), estudada e modificada por Dallpai (1996), onde amostra de 1,0 g de material vegetal foi submetida a digestão nitro-perclórica (3:1), aferido para 50 ml após completa digestão em balão volumétrico em seguida transferida uma alíquota de 20 ml para béquer de 50 ml, levada para chapa de aquecimento a 250°C onde permaneceram até completa evaporação dos ácidos, restando apenas um resíduo branco no fundo do copo, o qual foi solubilizado com ácido clorídrico 0,125 mol L⁻¹. O teor de Mo foi quantificado em espectrofotômetro UV-vis a 350 nm em cubeta de quartzo.

O acúmulo de nutrientes (g/planta) foi calculado pela seguinte expressão:

$$A_{\text{nutrientes}} = \text{Matéria seca da planta/orgão (kg)} \times \text{concentração de nutrientes (g kg}^{-1}\text{)}$$

O ajuste para o acúmulo dos nutrientes, em função do tempo foi realizado por meio de modelos de regressão, utilizando-se o modelo de Gaussian com três parâmetros, descrito a partir da seguinte equação genérica:

$$\hat{y} = a e^{-0,5 \left[\frac{(x - x_0)^2}{b} \right]} \quad (1)$$

em que: \hat{y} = acúmulo de nutrientes; a = corresponde ao valor de máximo acúmulo; x_0 = corresponde ao valor de x , em DAT, que proporciona o máximo em \hat{y} ; e b = corresponde à amplitude no valor de x , em DAT, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo.

A partir do modelo ajustado foi possível determinar, o valor do ponto de inflexão (PI) na curva da seguinte forma:

$$PI = X_0 - b \quad (2)$$

Matematicamente, o PI corresponde ao valor de x em que a curvatura do modelo ajustado muda de sinal; na prática, isso corresponde ao valor de x , em DAT, em que a taxa de acúmulo diário, ainda que positiva, passa a decrescer.

Para os micronutrientes manganês e molibdênio não foi possível o ajuste pelo modelo de Gaussian com três parâmetros, sendo então efetuado o ajuste ao modelo polinomial quadrático conforme equação:

$$\hat{y} = a + b.x + c.x^2$$

Para os ajustes dos modelos matemáticos foi utilizado o programa software SigmaPlot 12 (2012), sendo a regressão do modelo testada pelo teste F e os coeficientes da equação pelo teste t a 1 e 5 % de probabilidade.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Concentração e acúmulo de macronutrientes

As concentrações médias de nutrientes nas folhas, pecíolos e caule em cada coleta estão apresentados na Tabela 2. As maiores concentrações de macronutrientes nestes órgãos, com exceção do K e Mg foram encontradas nas folhas, órgão este considerado a principal fonte de redistribuição dos nutrientes móveis na planta. Apesar do K e Mg serem considerados nutrientes com alta mobilidade (MARSCHNER, 1995), suas maiores concentrações foram encontradas no pecíolo.

Nas folhas a concentração de macronutrientes apresentou maior incremento aos 90 DAT, com queda neste valor aos 540 DAT (mês de junho de 2011), o que pode ter sido ocasionado pela baixa precipitação que ocorreu em período anterior causando a senescência das folhas. Neste órgão a concentração de nutrientes seguiu a seguinte ordem: $N > Ca > K > Mg > P > S$ com valores médios de 33,59; 27,32; 22,67; 4,16; 2,75 e 2,10 g kg⁻¹, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por outros autores como Laviola & Dias (2008); Saturnino et al. (2005); Beltrão et al. (2007), com ligeira diferenças no teor dos elementos. Viegas et al. (1992) estudando plantas de seringueira, culturas da mesma família que o pinhão manso verificaram que o acúmulo de nutrientes na massa da matéria seca total de folhas foi descrito por: $N > K > Ca > P > S > Mg$.

O N, assim como constatado por Laviola & Dias (2008), foi o nutriente requerido em maior quantidade para formação das folhas. As plantas de pinhão-manso apresentam alta taxa de crescimento principalmente nos dois primeiros anos de cultivo (AVELAR et al. 2008), sendo o N essencial para a assimilação do C e formação de novos órgãos (Taiz & Zeiger, 2004). Guimarães et. al. (2007) avaliando doses crescentes de nitrogênio fornecidas por meio de diferentes fontes, observaram que as melhores respostas das plantas foram obtidas com 255 e 340 kg ha⁻¹ de N.

Para o K a partir dos 90 DAT as maiores concentrações foram encontradas nos pecíolos. Nota-se que a redistribuição de K ocorre de forma mais acentuada para o pericarpo (casca) do fruto com média de 65,7 g kg⁻¹ (Tabela 3), e não para a semente (média de 8,9 g kg⁻¹), indicando que apesar da grande extração de K pela cultura a exportação deste nutriente nas sementes é baixa, permitindo a reciclagem do K acumulado.

Tabela 2 – Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas partes vegetativas da planta (folhas, pecíolos e caule) apresentada pelas mudas e em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplântio)

Coleta	g kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S

	Folhas					
Mudas (12/2009)	24,81	1,99	9,55	19,22	4,06	1,51
90 DAT (03/2010)	35,28	2,43	23,21	24,52	4,23	2,06
180 DAT (06/2010)	35,06	3,02	24,47	27,40	4,26	2,06
270 DAT (09/2010)	37,59	3,79	23,94	27,42	4,05	2,39
360 DAT (12/2010)	35,61	2,36	19,51	37,50	4,76	2,44
450 DAT (03/2011)	34,73	2,67	26,13	24,56	4,27	1,92
540 DAT (06/2011)	21,51	2,05	17,82	19,02	3,09	1,48
630 DAT (09/2011)	36,65	3,46	24,01	25,61	4,22	2,54
720 DAT (12/2011)	32,28	2,20	22,26	32,53	4,45	1,95
Média	33,59	2,75	22,67	27,32	4,16	2,10
	Pecíolo					
Mudas (12/2009)	10,37	1,79	10,50	24,20	1,89	0,52
90 DAT (03/2010)	13,36	1,38	52,79	17,93	5,66	0,57
180 DAT (06/2010)	20,22	2,44	74,62	15,05	4,63	1,30
270 DAT (09/2010)	21,62	3,01	71,76	13,80	5,90	1,00
360 DAT (12/2010)	13,37	1,25	56,06	13,82	5,80	0,56
450 DAT (03/2011)	12,58	1,48	49,30	11,15	4,90	0,48
540 DAT (06/2011)	11,01	1,18	37,34	19,31	4,03	0,60
630 DAT (09/2011)	18,67	3,22	66,88	14,89	5,75	1,67
720 DAT (12/2011)	11,33	1,16	68,05	15,81	3,78	0,76
Média	15,27	1,85	59,60	15,22	5,06	0,87
	Caule					
Mudas (12/2009)	4,27	1,60	4,87	15,54	2,31	0,59
90 DAT (03/2010)	19,14	2,04	37,18	29,27	7,13	1,75
180 DAT (06/2010)	10,99	1,13	23,67	15,58	3,78	0,72
270 DAT (09/2010)	12,83	1,10	23,76	15,50	3,79	0,77
360 DAT (12/2010)	6,21	0,85	16,54	14,61	3,56	0,46
450 DAT (03/2011)	7,50	0,96	14,65	13,04	3,84	0,62
540 DAT (06/2011)	8,90	1,09	15,36	12,62	3,81	0,70
630 DAT (09/2011)	10,08	1,07	16,95	14,73	3,50	0,65
720 DAT (12/2011)	6,89	0,69	14,37	13,41	2,57	0,43
Média	8,72	0,95	17,21	13,66	3,40	0,62

No caule, nota-se redução nos teores de macronutrientes a partir dos 90 DAT, sendo esta redução mais acentuada a partir dos 270 DAT, principalmente nos teores de N e K, indicando que ocorre redistribuição dos nutrientes do caule para a formação de novas estruturas vegetativas e/ou reprodutivas, lembrando que na região em estudo a cultura se apresenta praticamente sem folhas nos meses de junho a setembro (outono/inverno), e juntamente com as folhas novas surgem às inflorescências.

As concentrações de nutrientes nas sementes maduras seguiram a seguinte ordem: N>Ca>K>Mg>P>S com valores médios de 28,63 g kg⁻¹, 9,34 g kg⁻¹, 8,99 g kg⁻¹, 4,88 g kg⁻¹, 4,43 g kg⁻¹ e 1,52 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Avaliando o fruto como um todo, Laviola e Dias (2008) encontraram a seguinte ordem de concentração de nutrientes: N > K > Ca > P > Mg > S, considerando que os frutos apresentaram em média 36,5% de casca e 63,5% de semente. No presente trabalho, as proporções foram em média 35,2 % de casca e 64,8 % de semente, proporções determinadas previamente, resultando em ordem de concentração de nutrientes no fruto (casca + semente) diferente da obtida por estes autores, e com valores um pouco superior sendo: K= 28,9, N=21,3, Ca= 10,33, Mg= 5,21, P=3,16 e S = 1,30 g kg⁻¹. Esta marcha de absorção também difere da encontrada para as folhas neste trabalho. A absorção de nutrientes é diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, intensificando-se no florescimento, na formação e no crescimento dos frutos ou do órgão que será colhido (VITTI et al., 1994; MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 3 – Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos órgãos reprodutivos (inflorescência, pericarpo e semente) em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplântio)

Coleta	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
	Inflorescência					
360 DAT (12/2010)	34,03	4,20	28,64	11,98	1,31	1,83
630 DAT (09/2011)	34,29	4,26	34,42	11,68	1,57	2,14
720 DAT (12/2011)	33,09	3,98	32,54	12,32	1,73	1,48
Média	33,80	4,14	31,87	11,99	1,54	1,82
	Frutos (colheita 02/11 e 05 a 07/2011)					
	Semente					
450 DAT (03/2011)	28,35	4,44	9,92	10,55	5,00	1,58
540 DAT (06/2011)	29,49	4,46	8,53	8,81	4,96	1,54
630 DAT (09/2011)	28,04	4,39	8,51	8,65	4,67	1,44
Média	28,63	4,43	8,99	9,34	4,88	1,52
	Pericarpo					
450 DAT (03/2011)	7,96	0,65	67,39	11,91	6,67	0,99
540 DAT (06/2011)	8,78	0,91	69,97	11,44	5,01	0,82
630 DAT (09/2011)	7,81	1,07	59,85	13,18	5,77	0,94
Média	8,18	0,88	65,74	12,18	5,82	0,92

A relação N/K, considerando-se as médias destes nutrientes, foi de 1,54 nas folhas e de 0,74 nos frutos (sementes (64,8%) + cascas (35,2%)), indicando que na fase de produção ocorre aumento no seu requerimento por K, conforme constatado por Laviola & Dias (2008). Este nutriente possui papel importante na formação dos frutos, atuando no transporte de fotoassimilados no floema (MARSCHNER, 1995). A deposição de biomassa no fruto é

acompanhada, necessariamente, pelo acúmulo de K. Além disso, este é um nutriente requerido na ativação de diversas enzimas essenciais à síntese de compostos orgânicos, entre eles o amido (MARSCHNER, 1995; MARENCO & LOPES, 2005)

As marchas de absorção e acúmulo no caule e total dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, assim como a distribuição percentual destes nas partes das plantas, podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3. Os parâmetros do modelo ajustado estão descritos na Tabela 5. Cabe salientar que ocorre uma redução no acúmulo de nutrientes no caule e total na coleta aos 630 DAT (set/2011) devido à ocorrência de geada no mês de junho, causando perda de massa de caule devida a morte e seca do ápice de alguns ramos.

A partir dos resultados encontrados verifica-se que o acúmulo de macronutrientes pelas plantas tanto no caule como total, obedeceram a mesma sequência de absorção $K > Ca > N > Mg > P > S$ (Tabelas 4 e 5), diferindo da sequência encontrada por Prates et al. (2011) avaliando a cultura durante 20 meses em um Planossolo na região de Seropédica - RJ que obtiveram a seguinte ordem de acúmulo $Ca > K > Mg > N > P$. Outros autores em estudos com culturas pertencentes a mesma família encontraram para a cultura da mandioca a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes na matéria seca total: $N > K > Ca > Mg > P > S$ (LORENZI et al. 1981). Já Nascimento et al. (2012) para híbrido de mamona encontraram a seguinte ordem de absorção: $N > K > Ca > Mg > S > P$. Observa-se que o caule é o órgão que apresenta os maiores acúmulo de nutrientes a partir do primeiro ano de avaliação, sendo o K o nutriente que mais se acumula, seguido pelo Ca (Tabela 4).

5.3.1.1 Acúmulo de N, P e K

O nitrogênio no caule (Figura 2a) assim como os outros macronutrientes, apresentou um acúmulo acentuado a partir da primeira avaliação atingindo o ponto máximo estimado pelo modelo de Gaussian ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) aos 648 DAT com um acúmulo de 38 g por planta (Tabela 5), o que representa uma absorção de 63 kg ha^{-1} de N. Considerando o acúmulo total de N o ponto de máxima absorção ocorreu aos 844 DAT com valores 58 g por planta, com acúmulo de 97 kg ha^{-1} de N utilizando o espaçamento de 3 m x 2 m (1667 plantas). Prates et al. (2011) encontraram acúmulo total de N igual a 45,4 g por planta aos 600 DAT.

Tabela 4 - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos diferentes órgãos da planta de pinhão manso em função das épocas de coleta (DAT), Pato Bragado, 2012

Parte planta	Dias após transplantio (DAT)								
	0	90	180	270	360	450	540	630	720
----- N g/planta -----									
Folha	0,021	4,571	0,893	0,117	13,254	11,266	0,502	3,179	18,953
Pecíolo	0,004	0,539	0,057	0,007	1,193	0,953	0,025	0,250	1,310
Caule	0,015	1,750	2,192	3,950	6,754	19,786	37,308	33,395	37,369
Fruto	--	--	--	--	--	1,486	0,413	0,882	--
Total	0,041	6,860	3,142	4,074	21,201	33,491	38,249	37,707	57,632
----- P g/planta -----									
Folha	0,002	0,315	0,076	0,011	0,876	0,851	0,048	0,302	1,305
Pecíolo	0,001	0,055	0,007	0,001	0,112	0,113	0,003	0,042	0,134
Caule	0,006	0,183	0,281	0,349	0,899	2,576	3,944	3,460	3,387
Fruto	--	--	--	--	--	0,219	0,060	0,140	--
Total	0,008	0,553	0,364	0,361	1,887	3,759	4,054	3,944	4,825
----- K g/planta -----									
Folha	0,008	2,769	0,632	0,068	7,200	8,246	0,421	2,090	13,123
Pecíolo	0,004	2,122	0,212	0,022	5,005	3,731	0,085	0,876	7,873
Caule	0,018	3,056	5,616	7,631	16,943	34,351	53,889	54,699	71,873
Fruto	--	--	--	--	--	1,837	0,569	1,156	--
Total	0,030	7,947	6,460	7,722	29,147	48,166	54,964	58,821	92,869
----- Ca g/planta -----									
Folha	0,017	3,193	0,699	0,070	14,023	7,869	0,463	2,231	19,399
Pecíolo	0,010	0,707	0,043	0,005	1,234	0,856	0,047	0,197	1,824
Caule	0,053	2,636	4,051	5,395	16,790	37,469	50,309	49,700	66,318
Fruto	--	--	--	--	--	0,731	0,168	0,426	--
Total	0,080	6,536	4,793	5,470	32,047	46,925	50,987	52,555	87,542
----- Mg g/planta -----									
Folha	0,003	0,550	0,109	0,012	1,767	1,362	0,077	0,370	2,641
Pecíolo	0,001	0,226	0,013	0,003	0,510	0,376	0,010	0,077	0,442
Caule	0,008	0,596	0,850	1,065	3,058	6,588	8,578	8,074	9,344
Fruto	--	--	--	--	--	0,372	0,094	0,228	--
Total	0,012	1,372	0,972	1,079	5,335	8,698	8,758	8,749	12,428
----- S g/planta -----									
Folha	0,001	0,267	0,052	0,007	0,900	0,608	0,035	0,221	1,147
Pecíolo	0,000	0,023	0,004	0,000	0,050	0,036	0,001	0,022	0,088
Caule	0,002	0,165	0,182	0,256	0,530	1,472	2,565	2,262	2,297
Fruto	--	--	--	--	--	0,094	0,024	0,054	--
Total	0,004	0,455	0,238	0,263	1,481	2,209	2,625	2,559	3,533

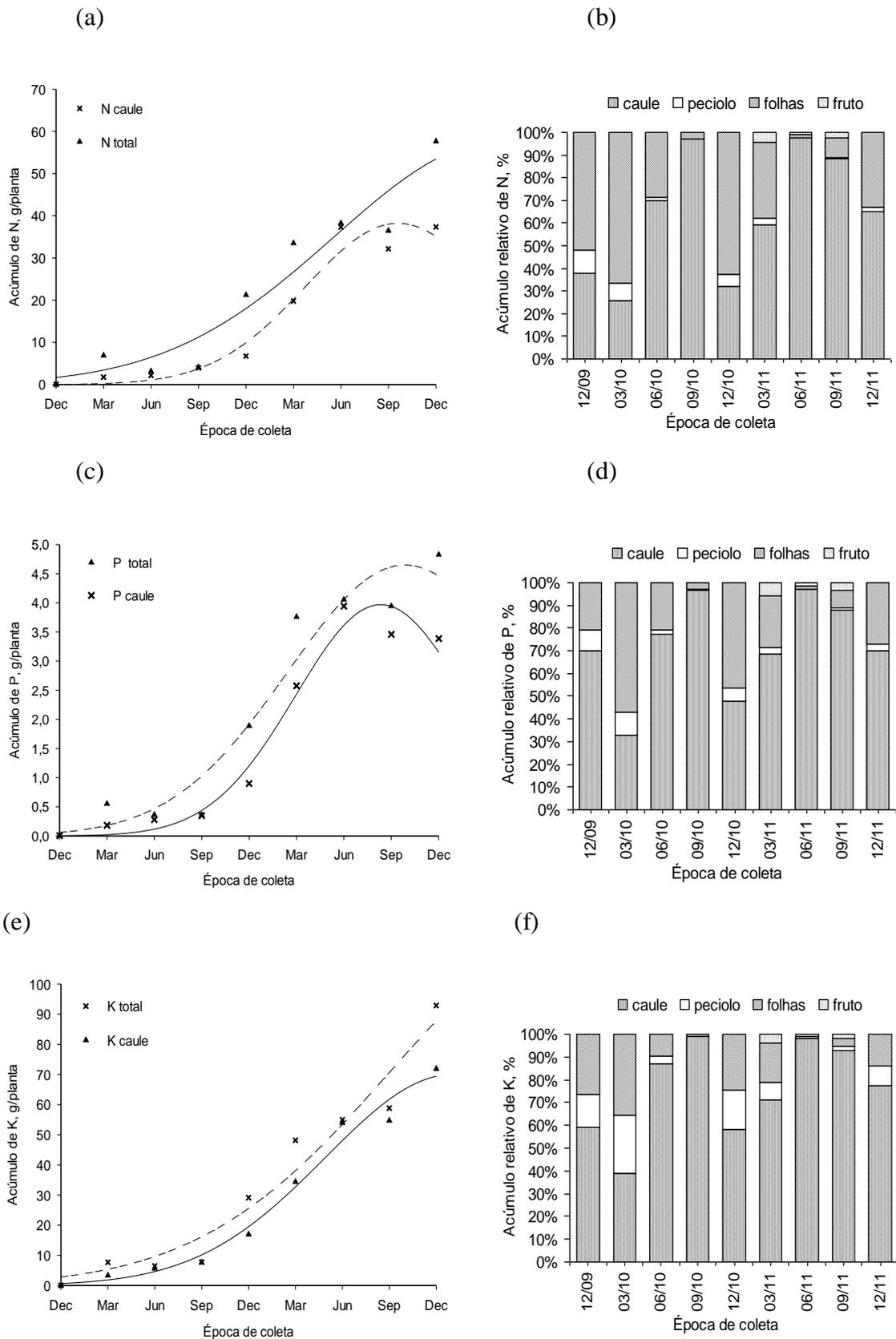


Figura 2 – Marcha de absorção de macronutrientes primários da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-manso. (a) e (b): nitrogênio; (c) e (d): fósforo; (e) e (f): potássio, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011.

A extração de P foi de 4,65 g/planta (Tabela 5), correspondendo a 7,75 kg ha⁻¹ de P (17,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅). O acúmulo máximo de P ocorreu aos 656 DAT (outubro) relacionado com a época de maior disponibilidade hídrica que influencia a difusão de P no solo e, portanto, maior acúmulo nesta época. O P assim como os demais macronutrientes apresenta um incremento da concentração no caule no período de março a setembro refletindo a redistribuição dos nutrientes que tendem a se acumular no caule e a partir de setembro aumenta a redistribuição para as folhas. O teor de P é alto nas folhas em crescimento (3,2 g kg⁻¹) e apresenta redução a cada novo estágio fenológico, atingindo o valor de 2,0 g kg⁻¹ no folheto (LIMA et al., 2011). Apesar do P estar entre o quinto nutriente mais requerido, ele é limitante, principalmente, na fase inicial de crescimento do pinhão-mansão, pois resultados de pesquisas indicam que a cultura é muito responsiva à adubação fosfatada nos primeiros anos de cultivo (SILVA et al., 2007; SANTOS et al., 2007).

O fornecimento de P para a cultura principalmente nos primeiros anos de cultivo deve ser superior a quantidade que é acumulada pela planta, pois além dos solos brasileiros apresentarem baixo teor de P, este é rapidamente adsorvido pela fração argila, constituída principalmente por óxidos de Fe e Al (NOVAIS & SMYTH, 1999).

O K foi o elemento exigido em maiores quantidades pelo pinhão manso, tendo em vista que o valor do ponto de máximo acúmulo de K foi de 117,58 g/planta aos 1000 DAT (Tabela 5) correspondendo a extração de 196 kg ha⁻¹ (236 kg ha⁻¹ K₂O). Na cultura do girassol Zobiole et al. (2010) também constataram maior acúmulo de K em relação aos demais nutrientes e também o caule apresentou maior acúmulo em relação aos demais órgãos da planta.

Além da maior exigência, a distribuição do K absorvido pelo pinhão manso (Figura 2f) difere do padrão verificado para N e P, pois, apresentou maior acúmulo no período no mês de março com aproximadamente 25% do K estava alocado no pecíolo e em proporções semelhantes no caule e nas folhas. A partir dessa época devido a queda de temperatura ocorre a abscisão foliar, e como o K tem alta mobilidade no floema (MARSCHNER, 1995) a redistribuição ocorre preferencialmente para o caule, sendo este o órgão com maior acúmulo relativo deste elemento nas avaliações seguintes. Lima et al. (2011) estudando a redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão manso verificaram que os teores de K são mais altos em folhas jovens com atividades fisiológicas mais intensas, mas à medida que esses processos sofrem redução o K é redistribuído para outras partes da planta. Segundo Pacheco et al. (2009), o caule é um órgão estrutural da planta e, também, um órgão de reserva. Devido a redistribuição a perda de K pela queda das folhas é reduzida.

Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na planta inteira e no caule em função da época de coleta das plantas e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI) e do coeficiente de determinação (R^2)

Nutrientes	Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado ¹			PI (X_0-b)	R^2
	a g/planta	X_0 -----dias após transplântio-----	b		
Acúmulo Total					
Nitrogênio	57,69**	844,16**	317,37**	527	0,90
Fósforo	4,65**	655,90**	222,26**	434	0,92
Potássio	117,58**	999,76**	366,27**	633	0,93
Cálcio	106,16*	986,25**	365,78**	620	0,90
Magnésio	11,37**	714,27**	266,43**	448	0,90
Enxofre	3,31**	738,54**	272,04**	467	0,93
Acúmulo caule					
Nitrogênio	38,20**	647,71**	175,17**	473	0,93
Fósforo	3,97**	610,03**	161,84**	448	0,95
Potássio	70,05**	753,48**	245,98**	507	0,96
Cálcio	62,82**	723,31**	235,52**	488	0,94
Magnésio	9,52**	636,31**	196,46**	440	0,93
Enxofre	2,58**	622,40**	163,55**	459	0,95

¹ a: corresponde ao valor de máximo acúmulo; X_0 : corresponde ao valor de x, em DAT, que proporciona o máximo em \hat{y} ; b: corresponde a amplitude no valor de x, em DAT, entre o ponto de inflexão (PI) e o ponto de máximo. **,*: significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste t.

O acúmulo de nutrientes nos frutos ocorreu no período de março a setembro de 2011 (colheita realizada de fevereiro a julho de 2011). Este período de colheita corresponde com a época de colheita em Minas Gerais, onde a florada aparece após período da seca e os frutos podem ser colhidos de fevereiro a abril (DRUMMOND et al. 1984) ou até o mês de julho em períodos de chuva mais prolongados (SATURNINO et al. 2005).

A exportação pelos frutos foi baixa no período avaliado comparada a exigência da planta inteira devido à baixa produtividade de sementes no período de estudo (93 g de sementes/planta ou 155 kg de semente/ha), com exportações médias de nutrientes pelos frutos (casca + semente) no período de 4,63 kg ha⁻¹ de N, 0,7 kg ha⁻¹ de P, 5,94 kg ha⁻¹ de K, 2,2 kg ha⁻¹ de Ca, 1,15 kg ha⁻¹ de Mg e 0,28 kg ha⁻¹ de S para população de 1667 plantas ha⁻¹ (Tabela 4). Estes valores, com exceção do P, estão acima dos encontrados por Laviola e Dias (2008) que estimaram uma extração de 3,65 kg ha⁻¹ de N, 0,7 kg ha⁻¹ de P, 2,6 kg ha⁻¹ de K, 1,45 kg ha⁻¹ de Ca, 0,67 kg ha⁻¹ de Mg e 0,11 kg ha⁻¹ de S, para uma produção de sementes no primeiro ano de 100 g por planta com população de 1250 plantas ha⁻¹. Considerando-se a produção esperada no quarto ano de cultivo de 4000 g/planta (TOMINAGA et al., 2007), a

extração de nutrientes pelos frutos corresponderia a uma retirada de aproximadamente 199, 69 e 306 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, apresentando uma relação de 2,9 : 1,0 : 4,4.

O ponto de inflexão (Tabela 5), determinado a partir do modelo ajustado, ocorreu aos 434 DAT para P (fevereiro/2011), 527 DAT para o N (maio/2011), enquanto que para o K ocorreu aos 633 DAT, período em que a planta sai do repouso vegetativo e apresenta elevado crescimento juntamente com a emissão de inflorescências e frutos, portanto, as adubações de cobertura para suprir N, P e K devem ser programadas antes desses períodos para que haja adequada disponibilidade desses nutrientes durante a fase produtiva.

5.3.1.2 Acúmulo de Ca, Mg e S

Dos macronutrientes secundários, Ca, Mg e S, o Ca foi exigido em maior quantidade pelo pinhão-mansão, sendo o segundo nutriente mais acumulado pela plantas, tendo em vista que o valor do ponto de máximo acúmulo foi de 106,16 g/planta aos 986 DAT (Figura 3a e Tabela 5) com extração correspondente a 177 kg ha⁻¹ de Ca, comportamento semelhante ao K, nutriente acumulado em maior quantidade (Figura 2e). Porém, diferente do K, no pecíolo encontra-se apenas 10% do total acumulado aos 90 DAT, sendo o maior acúmulo encontrado nas folhas nesta data com 50% do total acumulado (Figura 3b). Nota-se também que nas avaliações seguintes quando da presença de folhas na planta o Ca apresenta maior acúmulo nas folhas em relação ao K. O cálcio tem baixa mobilidade na planta razão pela qual se acumula nas folhas, sem ser redistribuídos para outras partes da planta antes da queda das folhas (EPSTEIN & BLOOM, 2006; MARSCHNER, 2002). Lima et al. (2011) encontraram teores variando de 4,9 g kg⁻¹ nas folhas jovens a 40,0 g kg⁻¹ no folheto (folhas recém caídas), indicando a baixa mobilidade deste elemento.

O acúmulo de Mg pelo caule e total ajustados ao modelo de Gaussian esta representado na Figura 3c. A exigência de Mg é bem inferior ao Ca com valor de máximo acúmulo de 11,37 g/planta ocorrendo aos 714 DAT (Tabela 4) representando uma extração de 19 kg ha⁻¹ de Mg. O acúmulo relativo de Mg foi similar ao Ca, porém com maior acúmulo no pecíolo em relação a este antes da abscisão foliar, indicando possível redistribuição de Mg para outros órgão da planta, pois este nutriente é considerado móvel (MARSCHNER, 1995), embora Lima et al. (2011) não observaram esta mobilidade sendo os maiores teores de Mg encontrados nas folhas mais velhas.

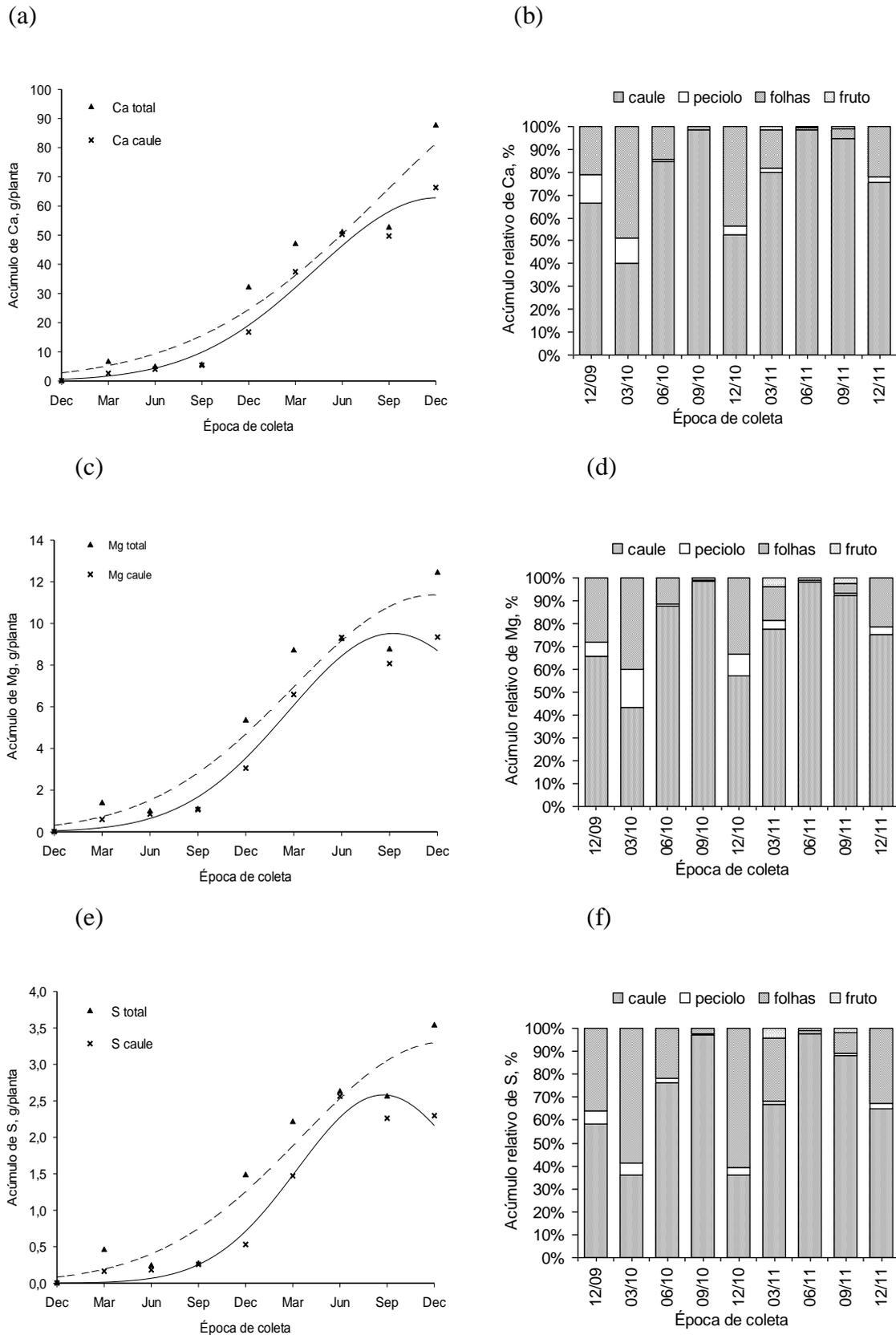


Figura 3 – Marcha de absorção de macronutrientes secundário da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-mansão. (a) e (b): cálcio; (c) e (d): magnésio; (e) e (f): enxofre, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011.

O S também ajustado ao modelo de Gaussian (Figura 3e) foi o macronutriente menos acumulado com valor de máximo acúmulo de 3,31 g/planta, correspondendo à extração de 5,52 kg ha⁻¹ de S aos 738 DAT (Tabela 4). Este elemento apresentou acúmulo relativo semelhante ao N sendo mais acumulado no caule e nas folhas quando presentes, com pouco acúmulo no pecíolo o que pode ser atribuído a sua baixa mobilidade no floema (MARSCHNER, 2002).

5.3.2 Concentração e acúmulo de micronutrientes

A absorção de micronutrientes pelo vegetal depende, entre outros fatores, do estágio de desenvolvimento da planta e da atividade metabólica desse micronutriente. Em uma determinada fase do desenvolvimento, os diferentes órgãos de uma planta podem apresentar diferentes estágios de desenvolvimento, o que, conseqüentemente, influenciará sua composição mineral (EPSTEIN, 1972).

As concentrações médias de micronutrientes nas folhas, pecíolos e caule, em cada época de coleta estão apresentadas na Tabela 6.

A absorção destes nutrientes apresentou a seguinte ordem decrescente: Mn = Fe > B > Zn > Cu > Mo nas folhas, Mn > Fe > B > Zn > Cu > Mo no pecíolo e Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo no caule. Um estudo sobre teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso foi realizado por Laviola e Dias (2008), os quais observaram que a quantidade absorvida de nutrientes descreve uma ordem determinada por: Mn>Fe>B>Zn>Cu nas folhas e frutos. Para Saturnino et al. (2005) os teores de micronutrientes em folhas definitivas (abaixo da primeira inflorescência) apresentou a seguinte ordem de absorção: Fe > Mn > B > Zn > Cu no limbo foliar e Mn > Fe > Zn > B > Cu no pecíolo. Nota-se que ocorre diferenças na ordem de extração de nutrientes entre os autores e os encontrados neste experimento o que pode ser devido às características do solo e da concentração e disponibilidade destes nutrientes para as plantas, bem como do material amostrado. Cabe resaltar que neste trabalho a análise foliar foi realizada coletando-se todas as folhas e pecíolos da planta e que o solo utilizado apresentava teores elevados de micronutriente, pois segundo Costa e Oliveira (2001) teores acima de 1,6 mg dm⁻³, 40,1 mg dm⁻³, 9,0 mg dm⁻³ e 1,6 mg dm⁻³ para Cu, Mn, Fe e Zn respectivamente, são considerados altos.

As concentrações de micronutrientes nos órgãos reprodutivos (inflorescência, semente e casca) do pinhão manso encontram-se na Tabela 7. Na inflorescência percebe-se um aumento considerável no teor de B com valor médio de 56,48 mg kg⁻¹. O B e Ca são

indispensáveis à germinação do grão de pólen, ao crescimento do tubo polínico e, conseqüentemente, à fecundação da flor (MARSCHNER, 1995).

Tabela 6 - Concentração de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe, B e Mo) nas diferentes partes da planta apresentada pelas mudas e em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplântio)

Coleta	Cu	Zn	Mn	Fe	B	Mo
	-----mg kg ⁻¹ -----					
	Folhas					
Mudas (12/2009)	8,19	32,11	66,98	271,86	0,00	0,62
90 DAT (03/2010)	13,48	22,05	235,61	420,89	40,28	0,51
180 DAT (06/2010)	15,15	26,70	263,06	259,45	28,29	0,54
270 DAT (09/2010)	18,93	43,37	326,75	197,59	38,39	0,55
360 DAT (12/2010)	13,29	28,76	317,49	160,61	43,68	0,35
450 DAT (03/2011)	12,07	41,13	164,33	171,21	38,99	0,55
540 DAT (06/2011)	9,04	20,23	185,91	140,60	38,40	0,47
630 DAT (09/2011)	14,37	37,80	237,23	422,89	35,67	0,53
720 DAT (12/2011)	17,33	29,03	175,58	137,11	34,67	0,59
Médias	14,21	31,13	238,2	238,8	37,30	0,51
	Pecíolo					
Mudas (12/2009)	5,80	19,60	38,41	22,73	0,00	0,00
90 DAT (03/2010)	9,84	31,30	192,38	51,63	25,13	0,41
180 DAT (06/2010)	33,42	47,86	490,78	113,31	56,55	0,45
270 DAT (09/2010)	32,27	41,80	464,73	111,14	76,39	0,54
360 DAT (12/2010)	14,83	36,40	404,87	24,86	36,08	0,51
450 DAT (03/2011)	12,87	23,28	216,00	20,52	26,28	0,36
540 DAT (06/2011)	16,11	15,69	378,00	9,74	62,49	0,52
630 DAT (09/2011)	18,56	42,49	276,63	70,64	45,37	0,63
720 DAT (12/2011)	15,50	32,36	284,94	12,83	30,17	0,54
Médias	19,17	33,90	338,5	51,84	44,81	0,50
	Caule					
Mudas (12/2009)	35,97	15,20	65,38	74,11	0,00	0,42
90 DAT (03/2010)	18,08	64,17	359,56	90,38	35,30	0,82
180 DAT (06/2010)	9,23	40,50	254,11	58,42	20,57	0,51
270 DAT (09/2010)	9,08	39,07	286,14	47,45	22,32	0,40
360 DAT (12/2010)	7,99	30,79	291,86	39,37	19,27	0,47
450 DAT (03/2011)	5,63	19,91	221,96	64,01	14,11	0,36
540 DAT (06/2011)	5,09	18,91	194,45	29,70	14,50	0,33
630 DAT (09/2011)	6,59	26,43	281,27	184,31	14,75	0,37
720 DAT (12/2011)	3,99	19,22	281,21	14,53	13,05	0,41
Médias	6,71	27,03	241,36	58,49	16,29	0,39

Nos frutos maduros a absorção de micronutrientes apresentou a seguinte ordem: Fe>Mn>B>Zn>Cu>Mo nas sementes e no pericarpo (casca). Souza et al. (2009) avaliando a composição mineral de sementes de pinhão manso descrevem uma ordem determinada por B>Fe>Zn>Mn>Cu diferindo da encontrada neste trabalho.

Considerando que o fruto seco é composto por 64,8% de semente e 34,8% de casca, sendo estas proporções determinadas previamente, pode-se determinar a concentração total de nutrientes absorvidos pelos frutos inteiros os quais apresentam teores de 201,6 mg kg⁻¹, 59,33 mg kg⁻¹, 35,89 mg kg⁻¹, 13,79 mg kg⁻¹, 8,01 mg kg⁻¹ e 0,90 mg kg⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo respectivamente. Estes valores, com exceção do Fe e do B são inferiores aos encontrados por Laviola e Dias (2008) que obtiveram teores de 43,0 mg kg⁻¹, 95,75 mg kg⁻¹, 23,5 mg kg⁻¹, 19,5 mg kg⁻¹ e 10,75 mg kg⁻¹ de Fe, Mn, B, Zn, Cu.

Tabela 7 - Concentração de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe, B e Mo) nos reprodutivos da planta e em função das épocas de coleta das plantas (DAT- dias após transplante)

Coleta	Cu	Zn	Mn	Fe	B	Mo
	-----mg kg ⁻¹ -----					
	Inflorescência					
360 DAT (12/2010)	14,47	39,61	199,68	72,52	66,69	1,36
630 DAT (09/2011)	15,69	32,94	133,29	150,43	51,35	0,67
720 DAT (12/2011)	12,93	28,17	181,67	75,56	51,40	0,62
Média	14,36	33,57	171,50	99,5	56,48	0,88
	Frutos (colheita 02/11 e 05 a 07/2011)					
	Semente					
450 DAT (03/2011)	11,43	29,44	27,64	45,86	20,49	0,59
540 DAT (06/2011)	10,22	13,02	37,32	48,68	29,22	1,32
630 DAT (09/2011)	8,56	14,47	31,36	13,41	18,32	0,86
Média	10,07	18,98	32,11	35,98	22,68	0,92
	Pericarpo					
450 DAT (03/2011)	4,56	7,78	79,76	213,34	57,01	0,92
540 DAT (06/2011)	4,38	2,38	138,13	707,04	64,63	0,95
630 DAT (09/2011)	3,76	2,55	112,06	599,73	58,96	0,82
Média	4,23	4,24	110,00	506,70	60,20	0,90

Para o acúmulo de nutrientes no caule e total foi possível ajustar os dados ao modelo de Gaussian com três parâmetros com exceção do Mn e Mo os quais foram ajustados ao modelo polinomial quadrático. As marchas de absorção e acúmulo no caule e total dos micronutrientes Cu, Zn, Fe, B, Mn e Mo assim como a distribuição percentual destes nas partes das plantas podem ser visualizadas nas Figuras 4 e 5. Os parâmetros do modelo de Gaussian estão descritos na Tabela 9 e os coeficientes do modelo polinomial estão apresentados na Tabela 10.

A partir dos resultados encontrados verifica-se que o acúmulo no caule e total de micronutrientes pelas plantas, obedeceu a sequência de absorção Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo (Tabela 8). Em estudo com a cultura da mamona, planta esta pertencente à mesma família do pinhão manso, Nascimento et al. (2012) descreve a seguinte ordem de extração de

micronutrientes: Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo. Com exceção do Mn e do Fe, a ordem de acúmulo é a mesma.

Tabela 1 - Acúmulo de micronutrientes (Cu, Zn, Fe, B, Mn e Mo) nos diferentes órgãos da planta de pinhão manso em função das épocas de coleta

Parte planta	Dias após transplântio (DAT)								
	0	90	180	270	360	450	540	630	720
----- Cu mg/planta -----									
Folha	0,01	1,75	0,38	0,06	4,88	3,89	0,22	1,24	7,23
Pecíolo	0,00	0,40	0,09	0,01	1,33	0,97	0,04	0,24	1,78
Caule	0,11	1,65	2,38	3,20	10,03	15,21	23,10	29,11	30,41
Fruto	--	--	--	--	--	0,63	0,15	0,29	--
Total	0,12	3,79	2,85	3,27	16,24	20,71	23,50	30,88	39,42
----- Zn mg/planta -----									
Folha	0,03	2,86	0,69	0,11	10,70	10,13	0,44	3,27	17,19
Pecíolo	0,01	1,23	0,14	0,02	3,24	1,71	0,04	0,55	3,62
Caule	0,05	5,73	7,49	12,20	30,29	67,82	77,03	86,80	127,94
Fruto	--	--	--	--	--	1,51	0,17	0,46	--
Total	0,09	9,82	8,31	12,33	44,23	81,17	77,68	91,08	148,75
----- Fe mg/planta -----									
Folha	0,23	54,41	6,42	0,70	58,04	56,63	3,34	35,74	81,34
Pecíolo	0,01	2,08	0,34	0,07	2,15	0,64	0,03	0,82	1,50
Caule	0,27	7,81	5,94	13,50	28,33	109,82	44,62	260,62	73,74
Fruto	--	--	--	--	--	6,35	5,13	9,93	--
Total	0,51	64,29	12,70	14,27	88,52	173,44	53,12	307,11	156,58
----- B mg/planta -----									
Folha	--	5,20	0,70	0,14	16,20	12,42	0,87	3,07	20,35
Pecíolo	--	1,01	0,16	0,04	3,22	1,99	0,14	0,59	3,44
Caule	--	3,02	4,73	6,56	20,79	36,38	49,45	42,21	59,81
Fruto	--	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	0,78	1,38	--
Total	--	9,23	5,59	6,74	40,21	52,92	51,24	47,25	83,60
----- Mn mg/planta -----									
Folha	0,06	30,50	6,82	0,98	117,46	52,42	4,42	20,61	104,27
Pecíolo	0,02	7,73	1,43	0,20	36,05	16,33	0,84	3,64	32,59
Caule	0,23	31,64	60,42	87,05	291,59	556,84	640,35	818,16	1394,61
Fruto	--	--	--	--	--	2,91	1,37	2,60	--
Total	0,31	69,87	68,66	88,23	445,11	628,50	646,98	845,01	1531,47
----- Mo mg/planta -----									
Folha	--	0,07	0,01	0,00	0,13	0,18	0,01	0,05	0,35
Pecíolo	--	0,02	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,01	0,06
Caule	--	0,07	0,11	0,12	0,56	0,81	0,85	0,90	1,79
Fruto	--	--	--	--	--	0,05	0,02	0,04	--
Total	--	0,16	0,12	0,12	0,73	1,06	0,88	0,99	2,20

O acúmulo de Cu no caule e total e sua respectiva distribuição nos órgãos da planta estão representados nas Figuras 4a e 4b. Pelo modelo ajustado o maior acúmulo total deste elemento ocorre aos 870 DAT com uma extração de 43,8 mg/planta, já para o caule a extração de 30,6 mg/planta foi alcançada aos 706 DAT (Tabela 7), representando 70% do total acumulado. O Cu foi o quinto micronutriente mais absorvido pelas plantas, concordando com dados obtidos por outros autores para a cultura do pinhão manso e da mamona pertencente à mesma família (LAVIOLA & DIAS, 2008; SATURNINO et al. 2005; NASCIMENTO et al., 2012).

Para o Zn o maior acúmulo total estimado pelo modelo de Gaussian foi encontrado aos 997 DAT com absorção de 188 mg/planta. No caule este acúmulo ocorreu aos 824 DAT com valores de 130 mg/planta o que, assim como o cobre, representa 70% do total acumulado. Neste trabalho o Zn foi o terceiro elemento mais acumulado pelas plantas, discordando de Laviola & Dias (2008) que descrevem o B como sendo o terceiro mais requerido. Estes autores avaliaram apenas a absorção foliar e como no presente trabalho, o acúmulo de B foi maior que o de Zn neste órgão, mas nota-se que o Zn acumula-se mais no caule que o B visto que as folhas são responsáveis por 24% do total acumulado para B e 11% do total acumulado para Zn aos 720 DAT (Figuras 4d e 5b), resultando em maior necessidade deste nutriente.

O maior acúmulo de zinco no caule em relação a outros órgãos da planta também foi constatado por Chaves et al. (2010). Gusmão et al. (2007) em trabalho de diagnose por subtração de nutrientes a omissão de Zn causou redução dos internódios e maior número de folhas. Também em diagnose por subtração, a omissão de Zn e Cu não provocaram sintomas de deficiência nas plantas (ANDRADE et al., 2007; CHAVES et al., 2009). O cobre e o zinco são nutrientes de baixa mobilidade (EPSTEIN & BLOOM, 2006), e segundo Lima et al. (2011) estes elementos não são redistribuídos na planta antes da senescência foliar.

O Fe apresentou seu ponto de máximo acúmulo total estimado pelo modelo de Gaussian aos 664 DAT com valor de 201 g/planta (Tabela 7). Analisando as plantas em período de pleno crescimento vegetativo o que na região ocorre a partir do mês de setembro com a elevação da temperatura, para este elemento os maiores acúmulos foram encontrados nas folhas sendo estas responsáveis por mais de 50% do acumulado no mês de dezembro de cada ano (Figura 4f).

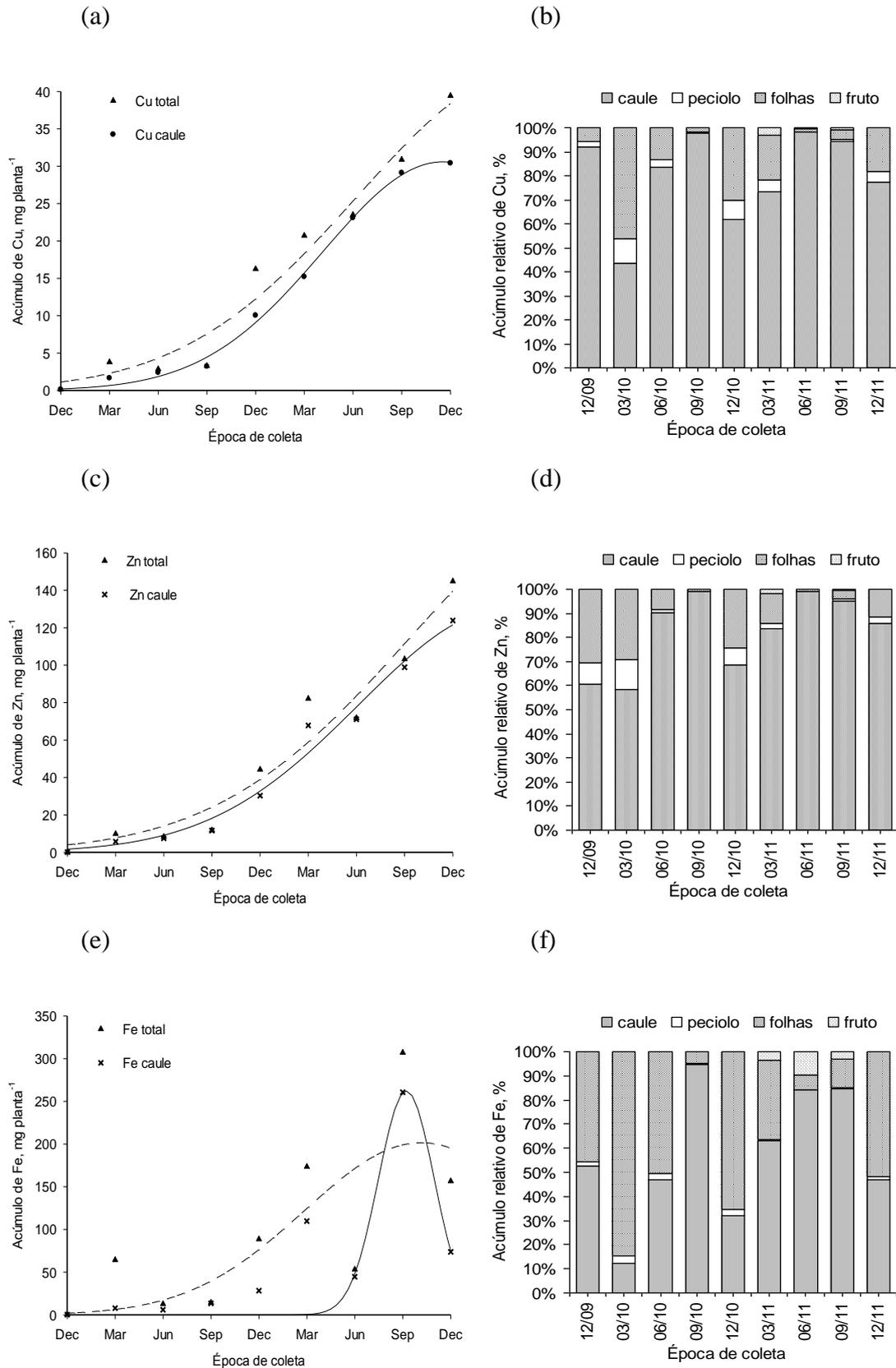


Figura 4 – Marcha de absorção de micronutrientes da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-manso. (a) e (b): Cobre; (c) e (d): zinco; (e) e (f): enxofre, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011.

Tabela 9 - Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de cobre, zinco, ferro, boro, manganês e molibdênio na planta inteira e no caule em função da época de coleta das plantas e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI) e do coeficiente de determinação (R^2)

Nutrientes	Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado ¹			PI (X_0-b)	R^2
	a g/planta	X_0 -----dias após transplântio (DAT)-----	b		
Acúmulo Total					
Cobre	43,76**	869,80**	322,26**	547	0,91
Zinco	188,15*	997,37**	359,14**	638	0,88
Ferro	201,56*	664,54**	218,69**	446	0,55
Boro	81,73**	868,42**	350,08**	518	0,85
Acúmulo caule					
Cobre	30,60**	706,38**	222,19**	484	0,92
Zinco	130,37**	824,46**	279,40**	545	0,91
Ferro	262,21**	636,77**	52,44**	584	0,67
Boro	55,33**	705,12**	245,82**	459	0,94

¹ a: corresponde ao valor de máximo acúmulo; X_0 : corresponde ao valor de x, em DAT, que proporciona o máximo em \hat{y} ; b: corresponde a amplitude no valor de x, em DAT, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo; ² a, b e c correspondem aos coeficientes da equação polinomial quadrática. ³ P_{max} : corresponde ao ponto de máximo em DAT e $MaxF$ corresponde ao valor máximo da função em $mg\ kg^{-1}$. **, * : significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste t.

O acúmulo B no caule e total e sua respectiva distribuição nos órgão da planta estão representados nas Figuras 5a e 5b. O boro apresentou comportamento semelhante ao cobre, porém com valores superiores sendo que, pelo modelo ajustado o maior acúmulo total deste elemento ocorre aos 869 DAT com uma extração de 81,7 mg/planta, já para o caule a extração de 55,3 mg/planta foi alcançada aos 705 DAT (Tabela 7). Neste estudo o B foi o quarto micronutriente mais absorvido pela parte aérea das plantas, já para Laviola e Dias (2008) os quais analisaram somente folhas localizadas entre a sexta e oitava folha abaixo da inflorescência este elemento foi o terceiro micronutriente mais requerido. Saturnino et al. (2005) colocam o boro como o terceiro micronutriente mais requerido no limbo foliar e o quarto no pecíolo de plantas de pinhão manso. Na cultura da mamona, pertencente à mesma família que o pinhão manso, considerando-se o acúmulo total o boro também foi o quarto micronutriente mais requerido (NASCIMENTO et al., 2012).

Para os micronutrientes cobre, zinco, ferro e boro os quais se ajustaram ao modelo de Gaussian foi possível determinar o ponto de inflexão da curva que variou de 446 a 638 DAT para o acúmulo total e de 459 a 584 DAT para o caule (Tabela 7).

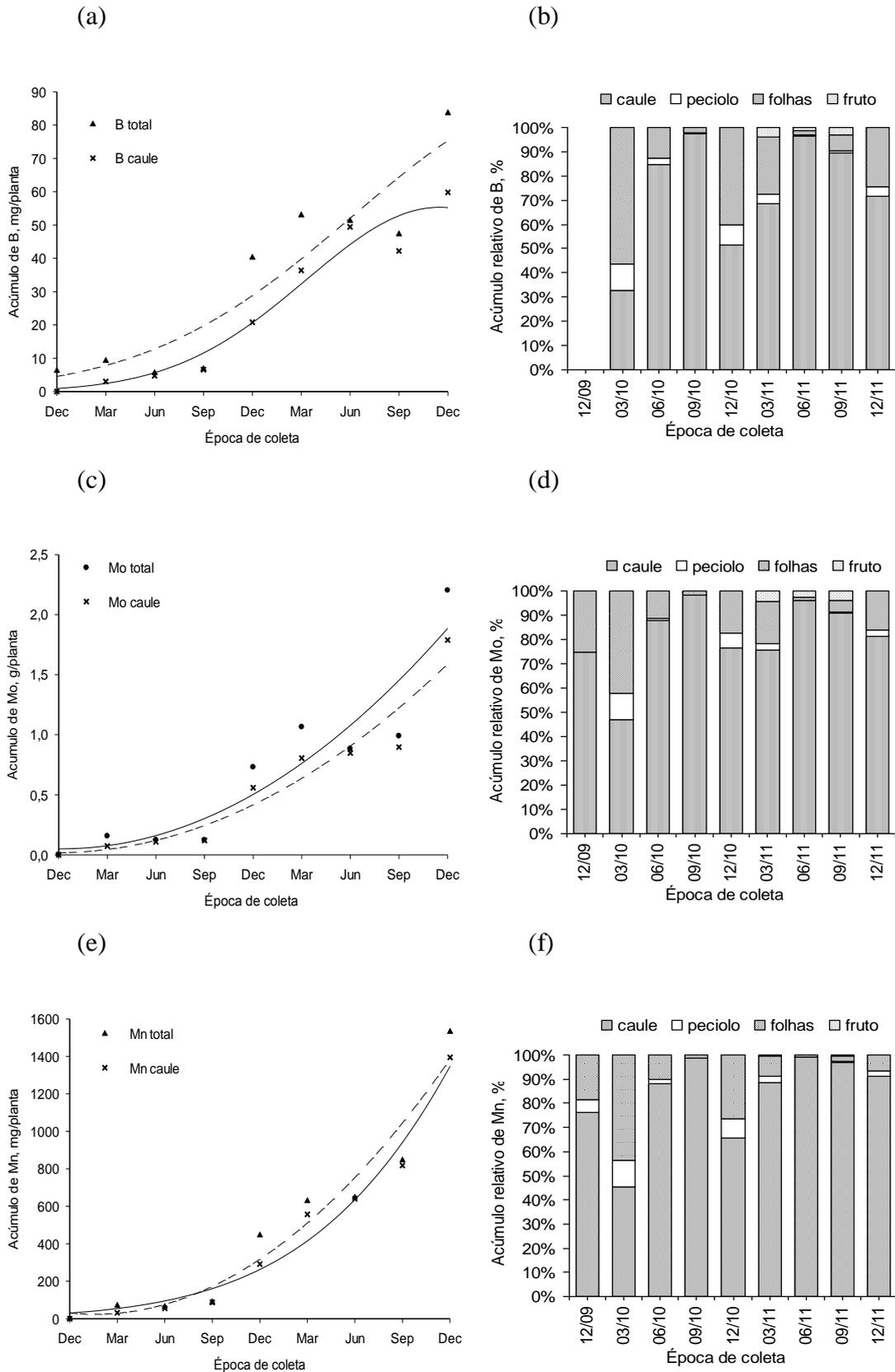


Figura 5 – Marcha de absorção de micronutrientes da planta inteira e do caule e respectivos acúmulo relativo nas partes da planta de pinhão-mansão. (a) e (b): boro; (c) e (d): molibdênio; (e) e (f): manganês, avaliados no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011.

Para os elementos manganês e molibdênio não foi possível o ajuste pelo modelo de Gaussian, sendo os mesmos ajustados ao modelo polinomial quadrático (Figuras 5c e 5e). Os coeficientes da equação quadrática assim como o ponto de mínimo da função em DAT (dias após transplante), o valor mínimo da função em mg/planta e o acúmulo aos 720 DAT encontram-se na Tabela 10.

O Mn, micronutriente mais acumulado pela cultura, o qual apresentou valores de acúmulo total de 1372,6 mg/planta e no caule de 1283,9 mg/planta aos 720 DAT, apresentou ponto de mínimo estimado pela curva aos 49 DAT considerando o acúmulo total e aos 68 DAT no caule, com valores de 23,0 e 7,0 mg/planta, respectivamente. Este maior requerimento de Mn pelas plantas de pinhão manso também foi obtido por Laviola & Dias (2008) ao analisarem o conteúdo na folha. Na cultura da mamona, outra Euforbiácea, o Mn também foi o micronutriente mais requerido (NASCIMENTO et al., 2012). Já Saturnino et al. (2005) encontraram maiores concentrações de Fe do que Mn nas folhas de pinhão manso, mas no pecíolo a absorção de Mn foi maior. Lima et al. (2011) avaliando a redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão manso, também encontraram maiores teores de Fe nas folhas maduras em relação aos demais micronutrientes.

Estas variações sazonais nos requerimento destes nutrientes podem ser atribuídas ao tipo de solo, aos teores destes elementos no solo e de sua disponibilidade para as plantas, o que varia de acordo com a região.

Tabela 10 - Coeficientes da equação polinomial quadrática ajustada para o manganês e molibdênio, o ponto de mínimo acúmulo, o mínimo da função e o acúmulo aos 720 DAT

Nutriente	----- Coeficientes -----			P _{min.} DAT	min.F. ----- mg/planta -----	Acúmulo 720 DAT	R ²
	a	b	c				
Acúmulo total							
Manganês	30,27	-0,296 ^{ns}	0,003 ^{**}	49	23,0	1372,6	0,90
Molibdênio	0,0299	0,00032 ^{ns}	3,074x10 ^{-6*}	52	0,06	1,85	0,78
Acúmulo caule							
Manganês	21,096	-0,406 ^{ns}	0,003 ^{**}	68	7,0	1283,9	0,92
Molibdênio	-0,0029	0,0003 ^{ns}	2,468x10 ^{-6**}	60	0,03	1,49	0,82

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

Para o Mo, nutriente menos exigido pela cultura, o ponto de mínimo no acúmulo total, estimado pela curva ocorreu aos 52 DAT com valor de 0,06 mg/planta, enquanto que para o caule o acúmulo mínimo de 0,03 mg/planta foi obtido aos 60 DAT. O acúmulo deste nutriente

no caule e total apresentou valores estimados de 1,49 mg/planta e 1,85 mg/planta, respectivamente aos 720 DAT. A exigência das culturas em relação aos micronutrientes é muito baixa, principalmente de Mo, Cu e Zn e pequena quantidade contida no solo são suficientes para suprir a demanda da cultura. Em mamoneira as omissões de Mo, Cu e Zn não causaram sintomas de deficiência (LANGE et al., 2005). Em pinhão manso Maia et al. (2011) não encontraram diferenças significativas quanto aos micronutrientes em trabalho com omissão de nutrientes.

5.4 Conclusões

O acúmulo total de macronutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente: K>Ca>N>Mg>P>S, mesma ordem apresentada pelo caule, órgão este responsável pelo maior acúmulo de nutrientes.

Os macronutrientes P, K e Mg apresentam redistribuição para o caule no período de senescência foliar.

Nas sementes maduras a ordem de acúmulo de nutrientes encontrada foi: N>Ca>K>Mg>P>S, e no fruto inteiro foi: N>K>Ca>P>Mg>S.

O acúmulo total de micronutrientes obedeceu a seguinte ordem: Mn>Fe>Zn>B>Cu>Mo, e em frutos maduros a ordem foi: Fe>Mn>B>Zn>Cu>Mo.

Os micronutrientes Cu, Zn e Fe apresentam redistribuição para o caule no período de senescência foliar.

Para produção de 4000 g/planta em uma população de 1667 plantas ha⁻¹, a exportação de macronutrientes pelos frutos é elevada, sendo necessários 199, 69, e 306 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

As recomendações de adubações de cobertura na região oeste do Paraná devem ser realizadas no período de setembro a março, dependendo do regime hídrico, sugerindo-se utilizar formulados próximos da relação N:P₂O₅:K₂O de 2,88:1,0:4,4.

5.5 Referências Bibliográficas

- ALVAREZ V. V. H., DIAS L. E., RIBEIRO J. R. E. S., SOUZA R. B. & FONSECA C. A., Métodos de análise de enxofre em solos e plantas. Editora UFV:Viçosa, 2001, 131p.
- ANDRADE, T.M.; SANTOS, H.O.; SILVA-MANN, R.; BISPO, M.V.C.; SANTOS JUNIOR, J.B.; SANTANA, U.A. Deficiência de micronutrientes em mudas de *Jatropha curcas* L.: resultados preliminares. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. Anais eletrônicos... Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura>>. Acesso em: 12 julho 2009.
- AVELAR, R. C.; SILVA, F. M.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Avaliação do desenvolvimento de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco de Germoplasma da UFLA, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5.; CLÍNICA TECNOLÓGICA EM BIODIESEL, 2., 2008, Lavras. **Biodiesel: tecnologia limpa: anais completos**. Lavras: UFLA, 2008. p. 2796 - 2801.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de Pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) como alternativa para o Semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, jan-abr. 2004
- BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**, 2006. Disponível em: www.mda.gov.br. Acesso em 26/10/2009.
- BELTRÃO, N.E.M. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.26, p. 44-78, 2005.
- BELTRÃO, N.E.M.; LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SAMPAIO, L.R.; SOFIATTI, V. & LEÃO, A.B. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo pinhão-manso sob interferência de plantas daninhas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., Varginha, 2007. Anais. Lavras, Universidade Federal de Lavras 2007. p.1892-1900.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. *R. Ceres*, v. 21, p. 73-85, 1974.
- CHAVES, L. H. G.; CUNHA, T. H. C. S.; JUNIOR, G. B.; LACERDA, R. D.; DANTAS JUNIOR, E. E. Zinco e cobre em pinhão manso. I. Crescimento inicial da cultura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 94-99, 2009.
- CHAVES, L. H. G.; MESQUITA, E. F.; ARAUJO, D. L.; FRANÇA, C. P. Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-manso. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 167-176, 2010.
- COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. **Fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas**. 2º Ed. Campo Mourão:Coamo/Coodetec, 2001. 96p.

COSTA, N. V.; ERASMO, E. A. L.; DORNELAS, B. F.; DORNELAS, D. F.; SARAIVA, A. S. **Crescimento de plantas de pinhão-manso em resposta à adubação fosfatada: 1º ano de avaliação.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

DALLPAI, D. L. **Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solos e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais.** Viçosa-MG:UFV, 1996. 56p. Dissertação Mestrado em solos e nutrição de Plantas, 1996.

DIAS, L.A.S. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. Viçosa, MG, 2007. v.1. 40p.

DRUMMOND, O. A.; PURCINO, A. A. C.; CUNHA, L. H. de S.; VELOSO, J. M. Cultura do pinhão manso. Belo Horizonte: EPAMIG. 1984, não paginado. (EPAMIG. Pesquisando, 131).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.** New York: J. Wiley, 1972. 412 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A. Concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. **Natural Resources Forum**, v.29, p.12-24, 2005.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; NETO, S.P.M.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Org.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2005. p.309-350.

GUIMARÃES, A. S.; MACEDO, B. N. E.; COSTA, S. G. Fontes e doses crescentes de adubos orgânicos e mineral no crescimento inicial de pinhão manso. In: 2º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2007, Brasília. Anais eletrônicos Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura/45.pdf>. Acesso em: 15 março 2011

GUSMÃO, C.A.G.; FERNANDES, L.A.; D'ANGELIS, S.J.; SOUZA, F.F.O.; VITORINO, D.S.J.; LEITE, G.L.D. Modificações no crescimento e na área foliar de plântulas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) ocasionadas por distúrbios nutricionais. In: 2º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2007, Brasília. Anais eletrônicos Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura/56.pdf>. Acesso em: 15 março 2011.

HELLER, J. Physic nut (*Jatropha curcas*) – Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. **Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome: 1996, 66p.**

LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da manomeira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 145-151, 2005.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; SALOMÃO, L.C.C. & CRUZ, C.D. Acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiros em viçosa-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., Águas de Lindóia, 2007. Anais... Águas de Lindóia, 2007. CD-ROM.

LAVIOLA, B.G. & DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 1969-1975, 2008.

LIMA, R. L. S. de; SEVERINO, L. S.; CAZETTA, J. O.; AZEVEDO, C. A. V. de; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão manso entre estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1175-1179, 2011.

LORENZI, J.O.; GALLO, J.R.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. **Bragantia**, v.40, p.145-156, 1981.

MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; PAULINO, M. A. O.; SILVEIRA, H. R. O.; FERNANDES, L. A. Efeito da omissão de macro e micronutrientes no crescimento de pinhão-manso. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 174-179, 2011.

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

MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 451p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. New York, Academic Press, 1995. 889p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic, 2002. 889p.

MÖLLER, M. **Perspectivas do pinhão manso desperta interesse em dia de campo** (08/06/2006). Dourados: EMBRAPA, 2006. Disponível em: www.embrapa.br. Acesso em: 14/12/2010.

NASCIMENTO, M. S. do; CRUSCIOL, C. A. C.; F.; A. M.; ZANOTTO, M. D.; Nutrient extraction and exportation by castor bean hybrid Iyra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. v.36, n.1, p. 123-124, 2012.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 300p.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; MENDES, L. D.; PRATES, F. B. S.; SOARES, F. R.; PAULA, T. O. M.; SOUZA, L. C. A. **Produção de massa vegetal e composição mineral de plantas de pinhão-manso**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

PRATES, F. B. S.; FERRARI, A. C.; GENUÍNO, G. C.; ZONTA, E.; LIMA, E.; DONAGEMMA, G. K.; Acúmulo de micronutrientes em plantas de pinhão manso num planossolo de Seropédica-RJ. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Uberlândia. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: Anais...[Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011. 1 CD-ROM.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O.A. **Pinhão manso**. Belo Horizonte: EPAMIG,1986. 7p.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHEIM, H. M. Biodiesel: Um Projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, n. 31, p.28-37, 2003.

SANTOS, S.; FERREIRA Jr., E.J.; PIRES, B. & NETTO, A.P.C. Efeito de diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., Varginha, 2007. Anais... Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. p.547-554.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.26, p.44-78, 2005.

SILVA, J.T.A.; COSTA, E.L.; SILVA, I.P. & NETO, A.M. Adubação do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) com nitrogênio e fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4, Varginha, 2007, Anais. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. p.1316-1320.

SIMÕES, W. L.; Drumond, M. A.; Evangelista, M. R. V.; Silva, D. J. **Respostas fisiológicas do pinhão-manso a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

TAIZ. L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Artmed Editora S.A., Porto Alegre, Brasil, 719p., 2004.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J. & YASUDA, E.K. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG, CPT, 2007. 220p.

URCHEI, M. **EMBRAPA – Perspectivas do pinhão manso desperta interesse em dia de campo** (08/06/2006). Dourados: EMBRAPA,2006. Disponível em: www.embrapa.br. Acesso em: 14/12/2010.

VIEGAS, I.de J.M., HAAG, H.P., BUENO, N. PEREIRA, J. da P. Nutrição mineral de seringueira. XII. Absorção de macro e micronutrientes nos primeiros 240 dias. **Rev.Ciência Agrícola**, Piracicaba.; v. 49, n. 1, p.41-52, 1992.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: **Simpósio Brasileiro sobre Fertilizantes Fluídos**. 1. Piracicaba, 1993. Anais. Piracicaba: Potafós, 1994. p. 261-280.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO C.; OLIVEIRA, F. A. de; JUNIOR, A. de O.; Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 34, p. 425-433, 2010.