

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

FELIPE GONÇALVES OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)
SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2012**

FELIPE GONÇALVES OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)
SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

**Uberlândia – MG
Novembro – 2012**

FELIPE GONÇALVES OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)
SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de
Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em ____ de ____ de 2012.

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho
Membro da Banca

Prof. Dr. Cláudio Ricardo da Silva
Membro da Banca

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo
Orientador

RESUMO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta considerada bastante promissora devido a sua ótima capacidade de produção de óleo vegetal, que serve de matéria prima para produção de biocombustíveis. Esta planta é apresentada por alguns autores como uma espécie resistente à seca, surgindo então a necessidade de estudos quantitativos mais conclusivos a cerca do seu uso da água. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de pinhão-manso submetidas a diferentes regimes hídricos controlados em casa de vegetação por um período de noventa dias. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Uberlândia, município de Uberlândia. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com duas repetições dentro, 3 blocos e 4 tratamentos que correspondem a disponibilidade de água às plantas de pinhão-manso nos níveis de 40, 70, 100 e 130 % da capacidade de campo. As características avaliadas foram: altura das plantas, diâmetro de caule, número de folhas, peso seco da parte aérea, peso seco das raízes e análise química foliar de macronutrientes e micronutrientes. A faixa ótima de umidade do solo para o cultivo do pinhão-manso até os 90 dias é de 85 a 90 % da capacidade de campo do substrato. A diminuição do nível de água da faixa ótima para 70 % da capacidade de campo apresentou perdas muito pequenas dos parâmetros analisados.

PALAVRAS – CHAVE: Irrigação; *Jatropha curcas* L.; Restrição hídrica

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
Tabela 1	Resumo do quadro de análise de variância para valores médios referentes ao diâmetro de caule (mm), altura de planta (cm), número de folhas, peso seco da parte aérea (g/planta) e peso seco da raiz (g/planta) em função de diferentes níveis de irrigação. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	17
Tabela 2	Resumo do quadro de análise de variância para valores médios referentes aos macronutrientes em função de diferentes níveis de irrigação. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	24
Tabela 3	Tabela 3: Resumo do quadro de análise de variância para valores médios referentes aos micronutrientes em função de diferentes níveis de irrigação. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	25

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
Figura 1	Altura das plantas de pinhão manso em função de diferentes níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	18
Figura 2	Diâmetro de caule das plantas de pinhão manso em função dos diferentes níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	19
Figura 3	Número de folhas das plantas de pinhão manso em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	20
Figura 4	Peso seco da parte aérea das plantas de pinhão manso em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	21
Figura 5	Peso seco da raiz das plantas de pinhão manso em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	22
Figura 6	Teores de nitrogênio (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	27
Figura 7	Teores de fósforo (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	27
Figura 8	Teores de cobre (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	28
Figura 9	Teores de zinco (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	28

Figura 10	Teores de enxofre (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	29
Figura 11	Teores de manganês (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	30
Figura 12	Teores de cálcio (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.	31
Figura 13	Teores de magnésio (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.	31
Figura 14	Teores de boro (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.	32

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	7
2.OBJETIVO	9
3.JUSTIFICATIVA	10
3.1.Descrição, origem e importância econômica do pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.)	10
3.2.Demanda hídrica do pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.)	12
4.MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1.Instalação do experimento	14
4.2.Avaliações	15
4.2.1.Altura das plantas	15
4.2.2.Diâmetro de caule.....	15
4.2.3.Número de Folhas.....	15
4.2.4.Massa seca da parte aérea.....	15
4.2.5.Massa seca das raízes	16
4.2.6.Análise química foliar	16
4.3. Análise estatística.....	16
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5.1.Altura das plantas	17
5.2.Diâmetro de caule.....	18
5.3.Número de folhas	19
5.4.Massa seca da parte aérea.....	20
5.5.Massa seca da raiz	22
5.6.Análise química foliar de macronutrientes e micronutrientes.....	24
6.CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e mandioca. É uma planta arbustiva, com altura de dois a três metros e tronco com aproximadamente vinte centímetros de diâmetro (Cortesão, 1956). A sua ocorrência na maioria das vezes é de forma espontânea em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável, quando se comparado a outras culturas tradicionais do Brasil. Isso se deve à sua exigência em insolação e forte resistência à seca, sendo mais facilmente encontrada em regiões com tais características, como o centro-oeste e nordeste do país.

Esta cultura é considerada muito promissora, pois possui ótima capacidade de produção de óleo vegetal, que serve de matéria prima para a produção de biocombustíveis. Este tipo de combustível ecologicamente correto ganhou muita importância devido à crescente preocupação mundial no que diz respeito à conservação do meio ambiente e a busca por fontes renováveis de energia, já que o petróleo, nossa principal fonte, tem dias contados, além de emitir grande quantidade de poluentes quando sofre combustão nos mais diversos tipos de motores. O biocombustível não é tóxico e praticamente livre de enxofre e compostos aromáticos, sendo denominado um combustível ecológico, reduzindo a emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos quando em substituição ao diesel convencional no motor (Storck Biodiesel, 2008).

O biodiesel é um exemplo de biocombustível que segundo Grainger (2008), é fabricado através da transesterificação, onde a glicerina é separada do óleo vegetal, gerando o combustível, além da glicerina que é usada na produção de sabões e subprodutos como a torta e o farelo, que auxiliam na renda do produtor rural.

A tecnologia para produção de mudas de pinhão manso ainda é incipiente e está em estudo, pois a cultura não possui tradição de cultivo em nenhum país e os plantios atuais estão sendo feitos em muitos casos, sem validação técnica. Geralmente a produção de mudas desta espécie é feita com técnicas aperfeiçoadas para outras culturas de similar desenvolvimento, bem como os tratamentos culturais.

De acordo com Purcino e Drummond (1986) o pinhão-manso possui todas as qualidades para a produção do óleo diesel. É uma planta perene, de fácil cultivo, altamente resistente a doenças, não sofre ataque de insetos, pois secreta látex cáustico nas folhas arrancadas e em ferimentos, e por fim, apresenta boa conservação das sementes colhidas, podendo assim se tornar uma grande cultura produtora de matéria prima como fonte opcional de combustível.

O Brasil, país com vasta extensão agricultável e com elevada diversidade de solos e climas, apresenta reais condições para se tornar um dos maiores produtores de biodiesel do mundo, tendo potencialidade para o cultivo de várias oleaginosas.

Dentre os diferentes fatores climáticos que interferem no desenvolvimento de uma cultura, a disponibilidade hídrica é reconhecidamente um dos mais importantes e passíveis de ser manejado, desde a formação da muda até a lavoura adulta. A produção de mudas de alta qualidade pode assegurar um perfeito estabelecimento da cultura, reduzindo a ocorrência de falhas no transplante e os custos de implantação. Sabe-se ainda que, as primeiras semanas de estabelecimento das mudas no campo, é um período considerado crítico, em especial devido a exigência de disponibilidade hídrica mínima adequada para que ocorra o enraizamento. Todavia, o excesso de água também pode acarretar prejuízos na implantação da lavoura, demandando também um controle rigoroso. Apesar de apresentada por alguns autores como sendo uma espécie resistente à seca, percebe-se a necessidade de estudos quantitativos mais conclusivos sobre o pinhão-mansão, em especial na fase de implantação da lavoura, ocasião em que as plantas estão mais sensíveis.

2. OBJETIVO

Avaliar o desenvolvimento de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetidas a diferentes regimes hídricos controlados em casa de vegetação por um período de noventa dias.

3. JUSTIFICATIVA

3.1. Descrição, origem e importância econômica do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), também chamado de pinhão-bravo, pinhão-paraguaio, figo-do-inferno, pinhão-da-índia e pinhão-de-purga, pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca. Segundo Cortesão (1956), possui característica arbustiva, de crescimento rápido, com altura normal de dois a três metros, podendo atingir até 5 metros em condições especiais de cultivo. Seu tronco tem aproximadamente 20 cm de diâmetro, liso e com raízes curtas e pouco ramificadas. O xilema é mole e a medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estendem por toda planta e onde circula um suco leitoso, o látex, que escorre com abundância de qualquer ferimento. O tronco tem divisões desde a base, em ramos compridos e com muitas cicatrizes advindas da queda das folhas da estação seca, que logo ressurgem após as primeiras chuvas.

As folhas são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, pecioladas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e com nervuras salientes e esbranquiçadas na face dorsal (Cortesão, 1956; Brasil, 1985). Ainda segundo estes autores, o pinhão-manso é uma planta monóica, apresentando os dois sexos na mesma planta, de forma separada. As flores masculinas, presentes em maior número se localizam nas extremidades das ramificações, enquanto as femininas nas ramificações.

O fruto desta espécie é capsular ovóide, com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm. É trilocular com uma semente em cada cavidade, formado por uma casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando por amarelo, castanho e preto, quando atingiu seu estágio de maturação. Seu peso varia de 1,53 a 2,85 gramas. A semente é relativamente grande, medindo cerca de 2,0 cm de comprimento e 1,0 cm de largura. Seu tegumento é rijo, quebradiço, de fratura resinosa.

A semente pesa de 0,551 a 0,797 gramas, dependendo da variedade e dos tratamentos culturais. Cada semente contém 27,90 a 37,33 % de óleo, enquanto na amêndoa se encontra 52,54 a 61,72 % de óleo (Silveira, 1934). Para Braga (1976) as sementes de pinhão manso encerram de 25 a 40 % de óleo inodoro e fácil de extrair por pressão. Segundo Peckolt (1977) este óleo, com peso específico a +19 °C = 0,9094 e poder calorífico superior a 9,350 kcal kg⁻¹ (Brasil, 1985), é incolor, inodoro, muito fluido, porém deixa precipitar-se a frio e congela-se a alguns graus acima de zero. De acordo com este autor, o óleo extraído possui solubilidade na

benzina e seus homólogos, sendo insolúvel no álcool a 96°C e solúvel em água, se eliminado a toxidez, quando aquecido a 100°C, em solução aquosa com apenas 15 minutos de calor.

A origem do pinhão manso é bastante controversa. Acredita-se que esta planta seja originária da América do Sul, possivelmente no Brasil, onde foi descoberta por navegadores portugueses no final do século XVIII e levada para as ilhas do Cabo Verde e Guiné, onde mais tarde foi disseminada pelo continente africano. Martin e Mayeux (1984) colocaram o estado do Ceará como um possível centro de origem, mas sem dar qualquer argumento. No passado o pinhão manso era utilizado na divisa de sítios, cerca viva para porcos, matéria prima para fazer sabão e remédio para prisão de ventre.

Esta espécie vem sendo considerada uma boa opção agrícola, principalmente para a região nordeste, pois além de ser nativa da região, é exigente em insolação e tem forte resistência à seca. Segundo Carnielli (2003) é uma planta oleaginosa viável para obtenção do biodiesel, pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir idade produtiva, que pode se estender até 40 anos.

Segundo Purcino e Drummond (1986) o pinhão é uma planta que satisfaz todas as necessidades para a produção do óleo diesel. É perene e de fácil cultivo, apresentando boa conservação das sementes colhidas, podendo se tornar grande produtora de matéria prima como fonte opcional de combustível. Ainda segundo estes autores, essa cultura pode ser desenvolvida em pequenas propriedades e com mão-de-obra familiar, como acontece com a cultura da mamona na Bahia, sendo assim mais uma fonte de renda para as propriedades rurais do Nordeste. Além disso, pode ser usado na conservação do solo, cobrindo-o com uma camada de matéria seca, reduzindo a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta.

3.2. Demanda hídrica do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)

A água é, sem dúvida, um dos componentes fundamentais para a sobrevivência de qualquer planta, constituindo um fator limitante para obtenção de uma boa produção, uma vez que participa de diversos processos bioquímicos e fisiológicos, como transporte de nutrientes e fotossíntese. Daí a necessidade de se quantificar a disponibilidade de água às plantas, visando melhorar o rendimento das culturas.

As plantas estão continuamente a absorver e perder água, grande parte dela perdida por transpiração foliar, à medida que o dióxido de carbono, necessário para a fotossíntese, é absorvido da atmosfera. Através do fluxo de água as plantas conseguem transportar os minerais existentes no solo que são absorvidos pelas raízes. Este movimento é conduzido pela difusão simples ou fluxo de massa, ou pela combinação de ambos os mecanismos de transporte em resposta a uma diferença de potencial hídrico (Steudle, 2000). A difusão simples acontece devido ao constante movimento térmico das moléculas, que ocorre na presença de um gradiente de concentrações, enquanto que o movimento por fluxo de massa é contínuo ao longo do sistema solo-planta-atmosfera (Wei, 1999).

A baixa disponibilidade de água é um dos fatores ambientais que mais interferem no desenvolvimento vegetativo e uma das principais causas da redução do rendimento das colheitas por todo o mundo (Jiang e Zhang, 2002), surgindo então a necessidade do desenvolvimento de linhagens de plantas tolerantes à seca. Durante o ciclo de vida das plantas, estas sofrem por diversas vezes períodos de déficit hídrico no solo e/ou na atmosfera, mesmo fora de regiões áridas e semi-áridas. Diante disto as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação à falta de água como o fechamento dos estômatos, ajustamento osmótico, ajustamento da parede celular, produção de folhas menores, redução da área foliar e aumento da densidade e profundidade das raízes. No entanto, o fechamento estomático e a redução da área foliar são mecanismos que limitam a produtividade, uma vez que provocam a diminuição da absorção do dióxido de carbono e radiação solar, respectivamente (Mattos, 1999). Esses mecanismos possibilitam a sobrevivência imediata ao déficit hídrico, porém, para que a planta seja capaz de suportar um estresse mais longo, é necessária uma aclimatação, a qual produz novas capacidades metabólicas e/ou estruturais mediadas pela alteração da expressão gênica (Sharp, 2004).

À medida que as plantas absorvem CO₂, perdem água pelas folhas. Essa perda ocorre principalmente pelos estômatos, que possuem mecanismos para controlar o seu grau de abertura. Como a abertura estomática regula a saída de vapor de água da planta, e ao mesmo

tempo, a entrada de CO₂ para a fotossíntese, em geral, a fotossíntese decresce para níveis próximos de zero em potenciais hídricos que induzem o fechamento estomático (Ni e Pallardy, 1992). Quando ocorre o déficit hídrico, um dos primeiros acontecimentos na planta é o fechamento dos estômatos. Este fechamento permite evitar a desidratação da planta momentaneamente, possibilitando a sua sobrevivência (Yordanov, 2003). A diminuição do CO₂ intracelular após o fechamento e a consequente baixa eficiência do uso da luz pode induzir, a longo prazo, uma modificação no maquinário fotossintético, no sentido de se adequar ao carbono disponível (Chaves, 2002). Com o déficit hídrico, a atividade fotossintética declina juntamente com a diminuição do volume celular e, portanto, concomitantemente ao declínio da turgescência (Morais, 2003).

Normalmente espera-se que plantas submetidas a um estresse apresentem características como baixas taxas de crescimento e fotossíntese, elevada razão raiz/parte aérea, menor capacidade de aquisição de recursos e de renovação de tecidos. Estes fatores quando somados, conferem as plantas maior resistência para se desenvolverem em ambientes extremos (Ramos, 2004). Segundo Jaleel (2009) os efeitos negativos no desenvolvimento da altura e do diâmetro da planta em condições de estresse hídrico ocorrem devido a um declínio no crescimento celular. Efeito este que também foi encontrado por diversos autores em *Jatropha curcas* L. (Achten, 2010) (redução na altura de 90 cm para 50 cm), *Ricinus communis* cultivar BRS 149 Nordestina (Sausen, 2007) (redução de até 200 %), cultivares de *H. brasiliensis* (Conforto, 2008) e em *Zea mays* (Costa, 2008).

Segundo Miranda (1999) o conhecimento da evapotranspiração de uma cultura ao longo do seu ciclo é de suma importância para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, contribuindo para o aumento de produtividade e otimização do uso dos recursos hídricos, energia elétrica e equipamentos de irrigação. A evapotranspiração pode ser definida como um processo combinado de transferência de água do solo para a atmosfera, incluindo a evaporação da água e o processo de transpiração dos tecidos vegetais (Vescove e Turco, 2005). De acordo com Coletti et al. (2010), em condições potenciais, o pinhão manso evapotranspira 341,1 mm mês⁻¹, resultando em uma média de 11,42 mm dia⁻¹ por planta.

Conforme Carmélio (2006) há a necessidade da realização de mais pesquisas relacionadas às necessidades hídricas da cultura do pinhão manso, bem como o manejo da mesma, pois se trata de uma cultura em franca expansão pelo país e ainda não se tem muitos estudos relacionados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido no período de 19/08/2011 a 16/11/2011, em casa de vegetação com cobertura de vidro incolor, localizada na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Umuarama, Uberlândia-MG (18°53'05"S e 48°15'37"W). O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados com duas repetições dentro, três blocos e quatro tratamentos, perfazendo 24 parcelas. Os tratamentos corresponderam a disponibilidade de água às plantas de pinhão-manso nos níveis de 40, 70, 100 e 130 % da capacidade de campo. Cada parcela foi representada por 2 vasos plásticos de 5 litros, totalizando 48 vasos.

Cada vaso plástico foi preenchido com substrato composto por 50 % de areia e 50 % de Plantmax HA. Pedras do tipo brita no tamanho 2 (12,5 a 25 mm) foram utilizadas no fundo de cada vaso, em camada de 3 centímetros para auxiliar na drenagem do excesso de água. A adubação foi comum a todos os tratamentos, com 2 kg m⁻³ de calcário, 1 kg m⁻³ de cloreto de potássio e 5 kg m⁻³ do Termofosfato Yorin Master.

As mudas utilizadas foram obtidas através da semeadura direta das sementes em tubetes de 280 ml, no período de 08/07/2011 a 17/08/2011, quando foram transferidas para os vasos 40 dias após a semeadura. Na data do transplante das mudas e início do ensaio, os vasos contendo brita, substrato e muda foram dispostos em bancada na casa de vegetação e irrigados a condição de 100 % da capacidade de campo, a fim de recuperar as mudas do estresse sofrido no transplante e homogeneizar o teor de água do substrato em todas as parcelas. O experimento foi conduzido por 90 dias.

Para a aferição da capacidade de campo, foram utilizados três vasos chamados de vaso controle. A composição do substrato destes, era a mesma dos demais e dispunham de um recipiente na parte inferior, para coleta da água percolada no fundo do vaso. Para o cálculo da capacidade de campo, uma vez ao dia os três vasos controle eram irrigados com um volume de água conhecido. Depois de vinte minutos eram feitas as medições dos volumes de água percolados por vaso. A capacidade de campo de cada vaso era obtida pela subtração do volume de água aplicado pelo volume de água armazenado no recipiente. Fazia-se então a média aritmética dos três vasos para obter uma capacidade de campo média. A partir dessa capacidade de campo os vasos eram irrigados uma vez ao dia, por volta das 14 horas.

4.2. Avaliações

Aos noventa dias após o transplante das mudas para os vasos, foram realizadas as avaliações de altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas, peso seco de raízes e peso seco de parte aérea, além da secagem de folhas para realização de análise química foliar.

4.2.1. Altura das plantas

Com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, foi medida a altura de planta, tendo como referência, a distância entre o nível do solo e a extremidade superior da haste principal de cada planta.

4.2.2. Diâmetro de caule

A medida do diâmetro de caule de cada planta foi realizada utilizando-se um paquímetro digital da marca Digimess. As medições foram feitas três centímetro acima do nível do solo e a unidade expressa em milímetros, com duas casas decimais.

4.2.3. Número de Folhas

A contagem do número de folhas de cada planta foi feita manualmente, excluindo-se as folhas cotiledonares e sendo computadas apenas as folhas completamente formadas.

4.2.4. Massa seca da parte aérea

Para a obtenção da massa seca da parte aérea, todas as plantas foram seccionadas ao nível do solo e separadas em parte aérea e raízes. Imediatamente após o corte, as partes aéreas foram colocadas em sacos de papel individualmente identificados e secas em estufa de circulação forçada de ar da marca Marconi, a 60 °C, por 72 horas (VIEIRA; CARVALHO, 1994). Após este período, as amostras foram pesadas em uma balança Gehaka BG 440 para a obtenção da massa seca, em gramas, com precisão de duas casas decimais.

4.2.5. Massa seca das raízes

Para a obtenção da massa seca das raízes, todas as plantas tiveram o seu sistema radicular cuidadosamente lavado em água corrente para evitar a perda de raízes mais finas. As raízes foram expostas sobre papel pardo para perder o excesso de umidade por aproximadamente 1 hora. Cada sistema radicular foi colocado em saco de papel identificado e secas em estufa de circulação forçada de ar Marconi, a 60 °C, por 72 horas (VIEIRA; CARVALHO, 1994). Após este período as amostras foram pesadas em uma balança Gehaka BG 440 para obtenção da massa seca, em gramas, com precisão de duas casas decimais.

4.2.6. Análise química foliar

Após feito a pesagem da parte aérea e raiz, as amostras das plantas foram submetidas a análise foliar para determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes, realizada no Laboratório de Análises de Solos e Calcário da UFU, onde a metodologia utilizada foi à digestão nitroperclórica. Foram realizadas análises químicas para determinação das concentrações de macronutrientes e micronutrientes nos tecidos foliares.

4.3. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao programa SISVAR (FERREIRA, 1999), efetuando-se teste de regressão para todos os parâmetros avaliados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resumo do quadro de análise de variância para os parâmetros avaliados: diâmetro de caule, altura de planta, número de folhas, peso seco da parte aérea e peso seco da raiz. Para todas as variáveis analisadas houve diferenças significativas em função dos diferentes níveis de irrigação. Todos os parâmetros avaliados se ajustaram ao modelo de regressão quadrática, com exceção do número de folhas que se ajustou no modelo linear.

Tabela 1: Resumo do quadro de análise de variância para valores médios referentes ao diâmetro de caule (mm), altura de planta (cm), número de folhas, peso seco da parte aérea (g/planta) e peso seco da raiz (g/planta) em função de diferentes níveis de irrigação. UFU, Uberlândia – MG, 2012

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO				
		Diâmetro de Caule	Altura de Planta	Número de Folhas	Peso Seco da Parte Aérea	Peso Seco da Raiz
Níveis de Irrigação	3	4,9266*	14,5386*	6,8437*	2,5729*	0,0251*
Reg. Linear	1	8,4907*	2,6255ns	18,8020*	0,0000ns	0,0031ns
Reg. Quadrática	1	6,2220*	11,4126*	1,2604ns	6,5281*	0,0603*
Bloco	2	0,5008	291.314	60.312	0,8569	0,0349
Resíduo	18	0,6786	250.547	215.625	0,594	0,0051
CV (%)		8,30	12,05	15,78	26,10	21,09

ns - Regressão não significativa; * - Regressão significativa ao nível de 5% pelo teste F

5.1. Altura de planta

Foi verificado que, à medida que os níveis de irrigação aumentaram (Figura 1), a altura de planta também se elevou, atingindo a altura máxima de 10,68 cm aos 91 % da capacidade de campo, a partir do qual é esperado o decréscimo da altura das plantas.

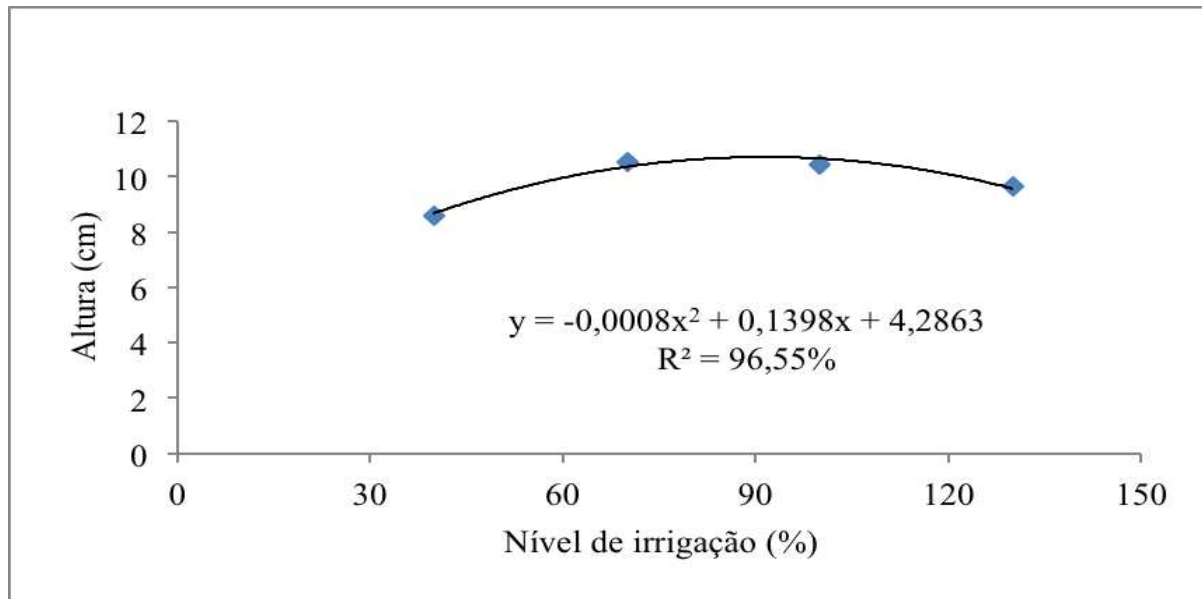


Figura 1: Altura das plantas de pinhão-manso em função de diferentes níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

A redução do nível de água no solo da condição de 91 % da capacidade de campo para 40 % provocou diminuição de 18,91 % na altura de planta. Em contrapartida, a equação de regressão indica que o ajuste do nível de água de 91 % para 70 % da capacidade de campo, resulta numa redução da altura da planta de apenas 3,28 %.

Silva (2009) verificou que as plantas de pinhão-manso têm incremento no crescimento caulinar quando há aumento na quantidade de água disponível no solo e segundo Barboza (2011), quando mudas de pinhão-manso são submetidas a um estresse hídrico em um substrato com 40 % da sua capacidade de campo, há significativa redução no crescimento caulinar e redução na expansão foliar.

5.2. Diâmetro de caule

Para o parâmetro diâmetro de caule, à medida que os percentuais relativos à capacidade de campo aumentaram (Figura 2), os diâmetros do caule também se elevaram, atingindo o diâmetro máximo de 11,32 mm aos 106 % da capacidade de campo. A partir deste volume é esperado um decréscimo do diâmetro do caule.

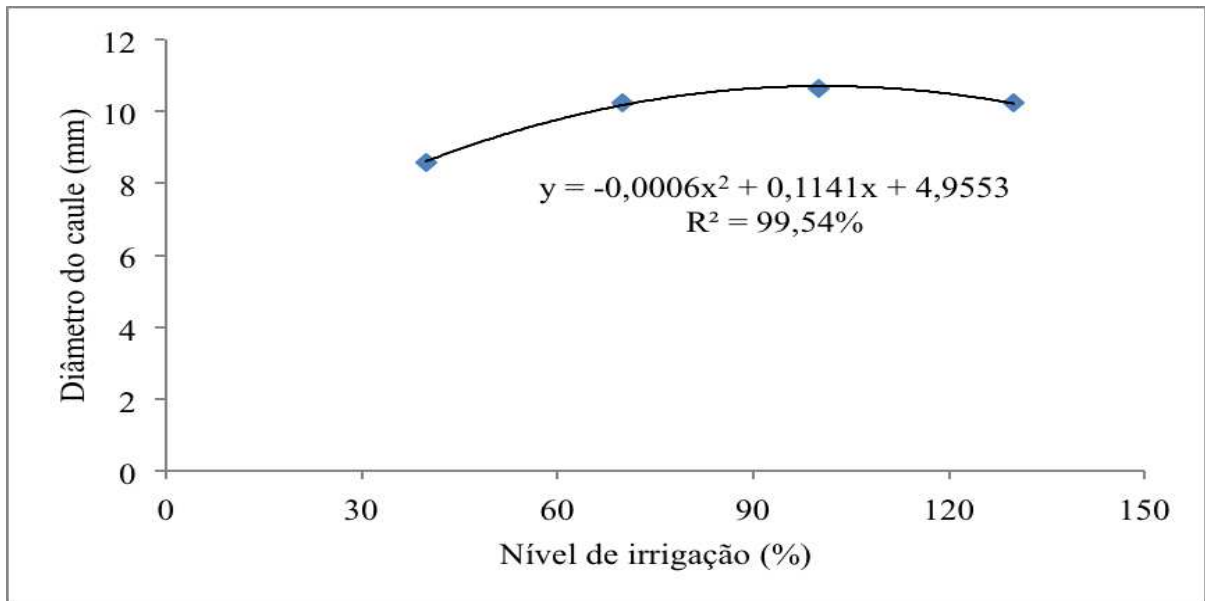


Figura 2: Diâmetro de caule das plantas de pinhão-mansão em função dos diferentes níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.

As mudas de pinhão manso apresentaram uma redução de 21,73 % no diâmetro do caule quando o nível de água foi reduzido de 106 para 40 % da capacidade de campo no substrato. Com a redução do nível de água de 106 para 70 % foi observada uma redução do diâmetro do caule de 6,45 %.

Xavier (2007) observou o maior crescimento do diâmetro do caule da mamoneira com os níveis de 80 e 100 % de água disponível. Silva (2009) verificou os maiores diâmetros de caule com o incremento do nível da evapotranspiração, indicando sensibilidade do pinhão manso ao estresse hídrico.

5.3. Número de folhas

Foi observada a elevação linear do número de folhas em função do aumento dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo (Figura 3), sendo que no menor percentual testado (40 %) o número médio de folhas esperado foi de 5,75.

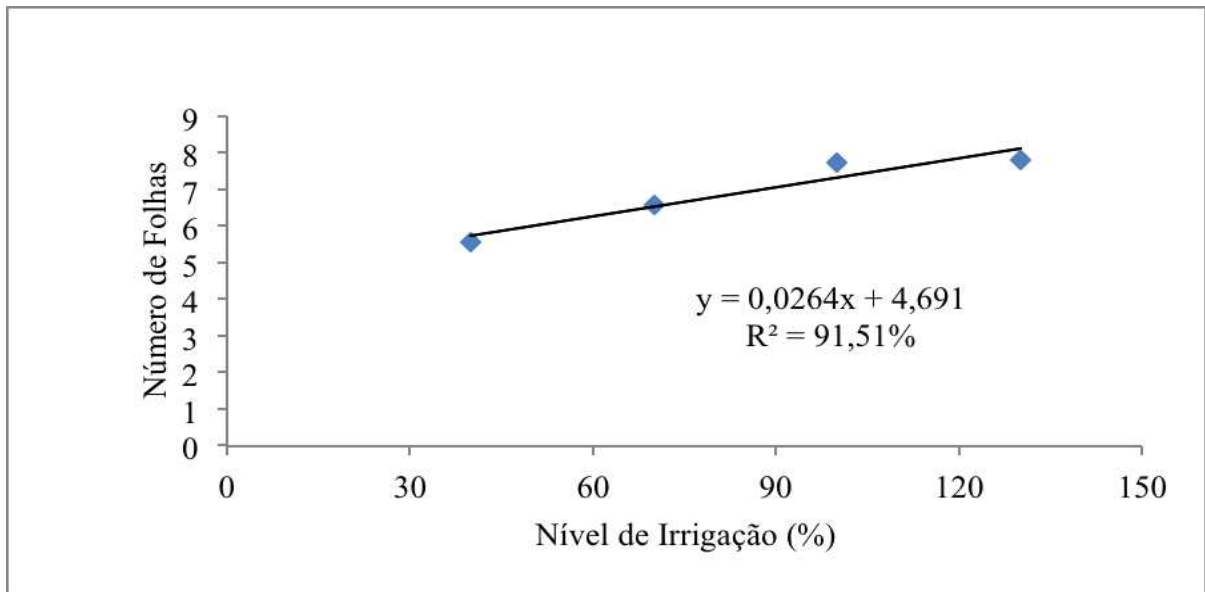


Figura 3: Número de folhas das plantas de pinhão-manso em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.

A redução no nível de água no solo provocou uma diminuição no número de folhas por planta, sendo neste caso a redução de 21,55 %, quando o nível de água no solo de 100 % da capacidade de campo foi reduzido para 40 %, sugerindo relativa susceptibilidade da planta ao déficit hídrico. Segundo Achten et al. (2010), o crescimento de folhas cessa quando o pinhão manso é submetido a estresse hídrico severo e suas folhas são eliminadas muito rapidamente, assim como ocorre em plantas suculentas caducifólias. Em ensaio conduzido por Barboza (2011), foi observado um elevado índice de abortamento de folhas devido ao alto grau de estresse hídrico promovido com o nível de água do solo em 20 % da capacidade de campo.

5.4. Massa seca da parte aérea

Na avaliação da massa seca da parte aérea, foi determinado que à medida que se elevou a disponibilidade de água (Figura 4), a massa seca da parte aérea da planta aumentou, atingindo o peso máximo de 3,61 gramas aos 85 % da capacidade de campo, segundo a equação de regressão. A partir deste volume é esperado o decréscimo da massa seca da parte aérea das plantas.

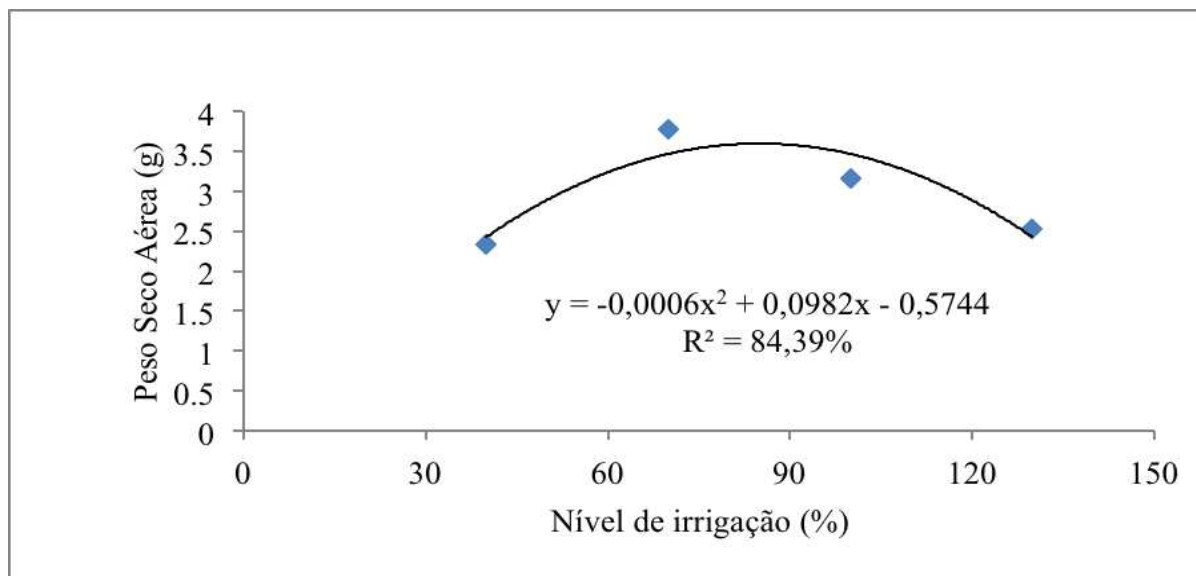


Figura 4: Peso seco da parte aérea das plantas de pinhão-mansão em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.

Com a redução no nível de água do solo de 85 para 40 % da capacidade de campo, espera-se uma queda de 32,69 % na produção de massa seca da parte aérea, enquanto que, com a redução para 70 % da capacidade de campo, a redução esperada da produção de massa seca da parte aérea é de apenas 3,6 %.

Segundo Barboza (1991), a produção de matéria seca é um parâmetro que permite inferir sobre a translocação orgânica, facilitando a compreensão do desempenho do vegetal em termos de produtividade. Sendo assim, como consequência da baixa disponibilidade hídrica no solo, podem ocorrer reduções em sua produção. Silva et al. (2007), estudando a resposta estomática e a produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira sob diferentes regimes hídricos, observaram uma tendência nas plantas submetidas a disponibilidade hídrica de 75 % da capacidade de campo (estresse semi moderado) de produzir uma maior quantidade de matéria seca do que nos demais tratamentos hídricos impostos, tanto menores quanto maiores que 75 %. Barboza (2011) observou que em plantas de pinhão manso submetidas a estresse hídrico de 20 % da capacidade de campo, o incremento de matéria verde foi drasticamente reduzido e muitas vezes negativo, devido tanto à redução no crescimento do caule e expansão foliar, quanto à abscisão de folhas e baixa taxa de emissão de novas folhas.

5.5. Massa seca da raiz

Muito próximo ao descrito para a avaliação da massa seca de parte aérea, a massa seca de raiz apresentou elevação até o valor de 88 % da capacidade de campo (Figura 5), com massa máxima de 0,401g. A partir deste valor, de acordo com a curva de regressão, é esperado o decréscimo da massa seca da raiz das plantas.

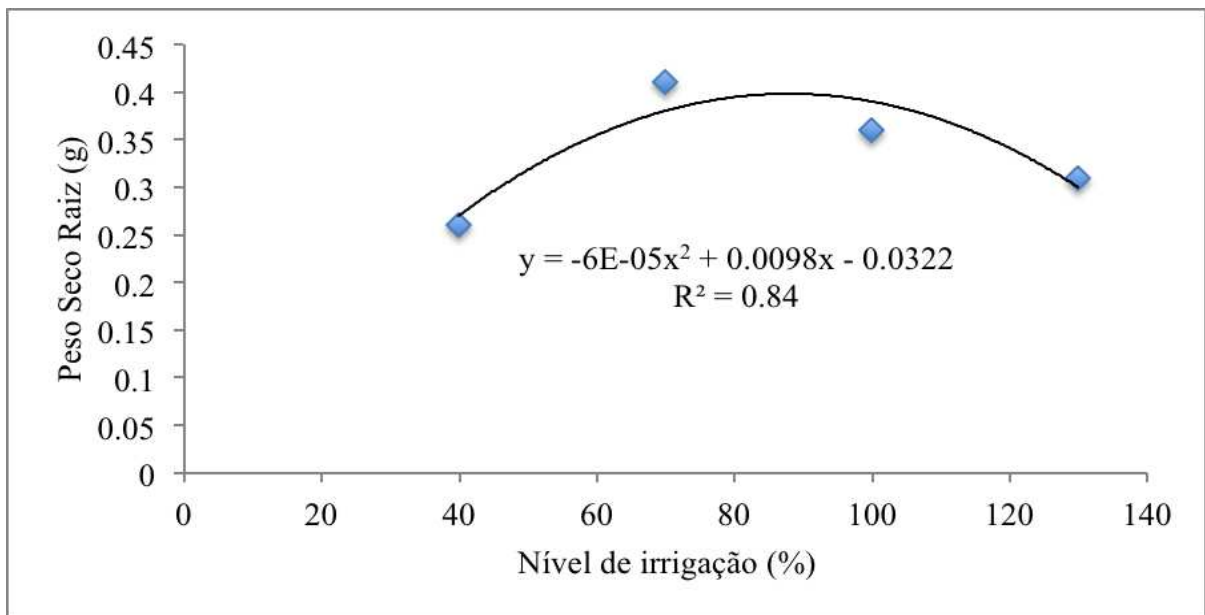


Figura 5: Peso seco da raiz das plantas de pinhão manso em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

A redução no nível de água do solo de 88 para 40 % da capacidade de campo provocou uma drástica queda de 31,67 % na produção de massa seca da raiz. Com a redução do nível de água de 88 para 70 % da capacidade de campo do solo, foi observada uma diminuição na produção de massa seca da raiz de apenas 4,24 %, novamente bastante próximo do observado no estudo do peso seco de parte aérea. Barboza (2011) verificou um decréscimo de 3,6 % de matéria seca radicular ao diminuir o nível de água de 80 para 60 % da capacidade de campo, indicando, segundo o autor que, a falta de água no substrato ocasionou a morte de raízes.

Freire et al (2011) concluíram que mudas de pinhão manso podem ser cultivadas a 50 % da capacidade de campo sem que ocorram alterações fisiológicas significativas no crescimento e desenvolvimento de mudas. Entretanto, Barboza (2011) concluiu que o nível ideal de água para produção de mudas de pinhão manso em tubetes é de 60 % da capacidade

de campo, proporcionando mudas de melhor qualidade. Segundo Loué (1993), a perda de água por meio da transpiração causa um fluxo de massa de íons na superfície das raízes, e na ausência de água pode ocorrer redução significativa na absorção desses nutrientes pelas raízes das plantas.

Ramos et al (2004) citam o pinhão manso como uma espécie resistente à seca, contudo, de acordo com os resultados obtidos pôde-se verificar uma sensibilidade da espécie ao déficit hídrico nas fases iniciais do seu ciclo de vida.

Os resultados das análises de crescimento e desenvolvimento de plantas demonstraram que após um valor considerado ideal do nível de água do solo, ocorre redução nos respectivos parâmetros. Solos tornam-se hipóxicos (deficientes em oxigênio) dentro de horas depois da saturação por água, porque o consumo de oxigênio abaixo do solo é rápido. As raízes de plantas respiram a taxas mais rápidas do que a parte aérea (Amthor, 1989).

As raízes alteram seu metabolismo à medida que os solos se tornam hipóxicos, antes mesmo de o potencial redox do solo cair muito (Drew, 1997). O transporte de elétrons na mitocôndria, a fosforilação oxidativa e o ciclo do ácido tricarboxílico (TCA) diminuem sob condições de oxigênio baixo. A glicólise continua por meio da fermentação de piruvato a lactato, mas gera apenas pequenas quantidades de ATP – meros 2 por açúcar hexose catabolizado via fermentação, contra 36 via ciclo do TCA. As ATPases que translocam prótons no tonoplasto ficam mais lentas, devido a deficiência de ATP e, junto com o acúmulo de lactato, levam o citoplasma a acidificar-se. Sob pH mais baixos, a via de fermentação muda para a do etanol ou a alanina, que em vez de lactato, servem como receptores finais de elétrons. Raízes, entretanto, podem sobreviver em fermentação apenas poucas horas e, sob tais condições limitadas de energia, param de absorver nutrientes ou translocá-los para a parte aérea. O processo de absorção é ativo e requer oxigênio e ATP para que a absorção dos nutrientes ocorra. Na presença de excesso de água no solo a absorção é reduzida devido a menor entrada de nutrientes nos vasos crivosos (Emanuel e Bloom, 2004).

Segundo Barboza (2011), os valores de crescimento das mudas de pinhão manso diminuíram quando estas foram submetidas a tratamentos próximos ou maiores que a capacidade de campo do substrato. Isso pode ter ocorrido devido ao estresse causado pelo excesso de água, já que o substrato ficava saturado, diminuindo a aeração e dificultando as trocas gasosas na zona radicular, reduzindo assim a taxa de crescimento.

5.6. Análise química foliar de macro e micronutrientes

Foi verificado que, com exceção do potássio, as concentrações foliares dos demais macronutrientes sofreram variações significativas em função dos diferentes níveis de irrigação (Tabela 2). Todavia, enquanto nitrogênio, fósforo e enxofre se ajustaram ao modelo de regressão linear, cálcio e magnésio apresentaram variações segundo o modelo de regressão quadrática. Para os micronutrientes, foi verificado que, com exceção do ferro, todos os demais nutrientes avaliados também apresentaram diferenças significativas em seus teores em resposta aos diferentes níveis de irrigação (Tabela 3). Cobre e manganês se ajustaram ao modelo de regressão linear, enquanto que boro e zinco ao modelo quadrático.

Tabela 2: Resumo do quadro de análise de variância para variação da concentração foliar de macronutrientes em função de diferentes níveis de irrigação. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Níveis de irrigação	3	65,90*	14,32*	16,01 ns	15,91*	29,42*	2,25*
Reg. Linear	1	190,26*	39,44*	43,20 ns	10,80ns	0,20 ns	6,76*
Reg. Quadrática	1	4,95 ns	2,04 ns	0,04 ns	33,60*	78,84*	0,00 ns
Bloco	2	2,94	2,02	32,37	1,71	6,14	0,2
Resíduo	18	3,68	1,45	10,15	3,66	7,19	0,16
CV (%)		14,91	28,50	9,48	18,74	22,11	20,10

ns - Regressão não significativa; * - Regressão significativa ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 3: Resumo do quadro de análise de variância para variação da concentração foliar de micronutrientes em função de diferentes níveis de irrigação. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO				
		Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
Níveis de Irrigação	3	5081,16*	8,93*	1181,37 ns	9354,93*	570,88*
Reg. Linear	1	2484,30 ns	23,40*	2176,00 ns	25784,00*	1555,20*
Reg. Quadrática	1	12512,66*	0,37 ns	876,04 ns	900,37 ns	80,66*
Bloco	2	6185,04	0,87	2168,16	402,12	63,37
Resíduo	18	1120,58	0,83	1742,52	261,58	10,69
CV (%)		22,96	14,36	23,22	19,17	10,72

ns - Regressão não significativa; * - Regressão significativa ao nível de 5% pelo teste F.

Em análise aos resultados apresentados para nitrogênio (Figura 6), fósforo (Figura 7), cobre (Figura 8) e zinco (Figura 9), é possível observar que ocorreu elevação em seus teores à medida que os níveis de irrigação aumentaram. Segundo Furtini et al. (2001), a disponibilidade de nutrientes é influenciada diretamente pelo fator planta, onde o seu papel é cada vez mais reconhecido na aquisição de nutrientes do solo, alterando e, em alguns casos, controlando a disponibilidade dos nutrientes no solo. Sendo assim, com um maior e melhor desenvolvimento da planta, maior será a sua capacidade de absorção de nutrientes do solo, fato que, segundo este experimento, ocorre com disponibilidade de água no solo, na faixa de 85 a 90 % da capacidade de campo. Principalmente para nutrientes de baixa mobilidade como o fósforo, os últimos autores ressaltam que a morfologia e o crescimento radicular exercem papel fundamental na disponibilidade deste para a planta.

A disponibilidade de nutrientes como o fósforo, potássio e zinco é bastante afetada pelo fator transporte, dado a dependência da difusão para o suprimento dos mesmos até as raízes. Para o fósforo, a sua quase total dependência na difusão é uma séria limitação na aquisição deste nutriente pelas plantas. Ruiz et al. (1988), ao estudarem a importância do teor de água no solo para a aquisição de fósforo pelas plantas, comprovaram que a incorporação de doses relativamente menores de fósforo, com um manejo adequado da água para assegurar as melhores condições de difusão, apresentam um efeito positivo mais acentuado que o decorrente da incorporação de grandes quantidades de fósforo, com oscilações pronunciadas do conteúdo de água.

Outra forma de absorção de nutrientes pelas plantas a ser considerada é a interceptação radicular, que consiste no contato direto das raízes das plantas com os nutrientes presentes ao longo da sua trajetória de crescimento. Assim, pode-se também, em parte explicar o fato de que com o aumento do teor de água, aumentaram-se os teores foliares dos referidos nutrientes. É possível inferir que, com o maior desenvolvimento da planta, bem como de seu sistema radicular, este conseguiu captar uma maior quantidade de nutrientes. Inicialmente pensou-se que a simples interceptação dos nutrientes no solo pelas raízes em crescimento seria o suficiente para a aquisição dos mesmos, todavia, considerando que o volume de solo ocupado pelas raízes é muito pequeno, cerca de 0,4 a 2 %, e que a quantidade requerida de nutrientes é muito maior que a quantidade no solo em direto contato com as raízes, concluiu-se que a contribuição da interceptação radicular é mínima (Furtini et al, 2001).

De acordo com os gráficos das Figuras 6, 7, 8 e 9, foi calculada a concentração de cada nutriente em questão, quando o solo estava com um teor de água num ponto considerado ideal para o melhor desenvolvimento das mudas de pinhão manso, 87,5 % da capacidade de campo. Este valor foi obtido através da média da faixa ótima de umidade do solo para o cultivo do pinhão manso até os 90 dias, que é de 85 a 90 % da capacidade de campo do substrato. Posteriormente estas concentrações foram comparadas aos valores de referência para interpretação dos resultados de análise de tecidos, conforme as Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, em culturas pertencentes à mesma família, como a mamona e mandioca. O teor calculado para o nitrogênio de 13,08 g kg⁻¹ está bem abaixo dos teores de referência da mamona e mandioca, 45 e 54,5 g kg⁻¹, respectivamente. O fósforo com teor de 4,33 g/kg se equiparou com o da mandioca, 4 g kg⁻¹, e com o da mamona, 3,8 g kg⁻¹. Os micronutrientes cobre e zinco foram comparados apenas com a cultura da mandioca, já que não existem dados para a mamoneira. Ambos ficaram abaixo dos valores de referência, sendo o cobre com 6,45 mg kg⁻¹ e o zinco com 28,57 mg kg⁻¹, enquanto que as referências eram 8 e 45 mg kg⁻¹, respectivamente.

Lacerda et al. (2010) verificaram que os teores de nitrogênio, fósforo e potássio em folhas de mamoneira da cultivar BRS 188 apresentaram tendências lineares decrescentes à medida que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, resultado contrário ao obtido no presente estudo, em relação ao fósforo e nitrogênio.

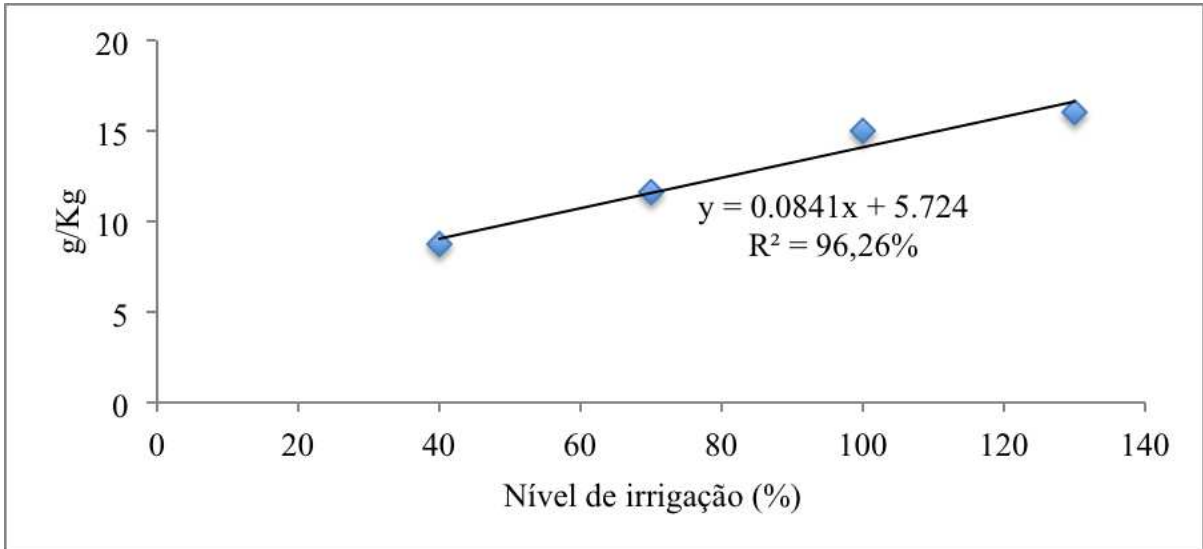


Figura 6: Teores de nitrogênio (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

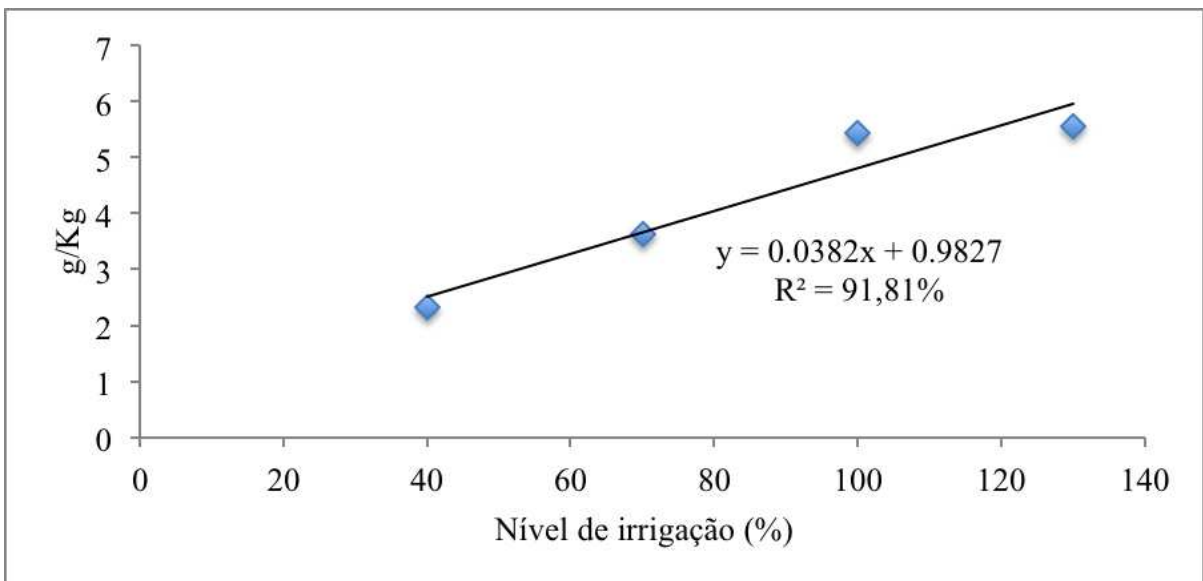


Figura 7: Teores de fósforo (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

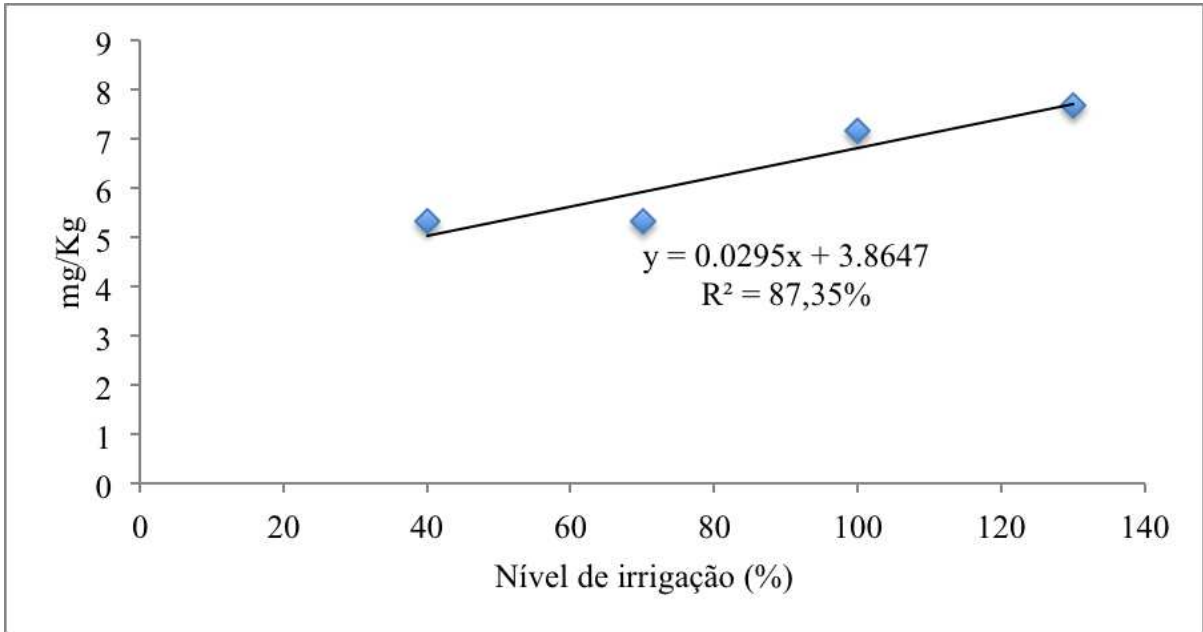


Figura 8: Teores de cobre (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

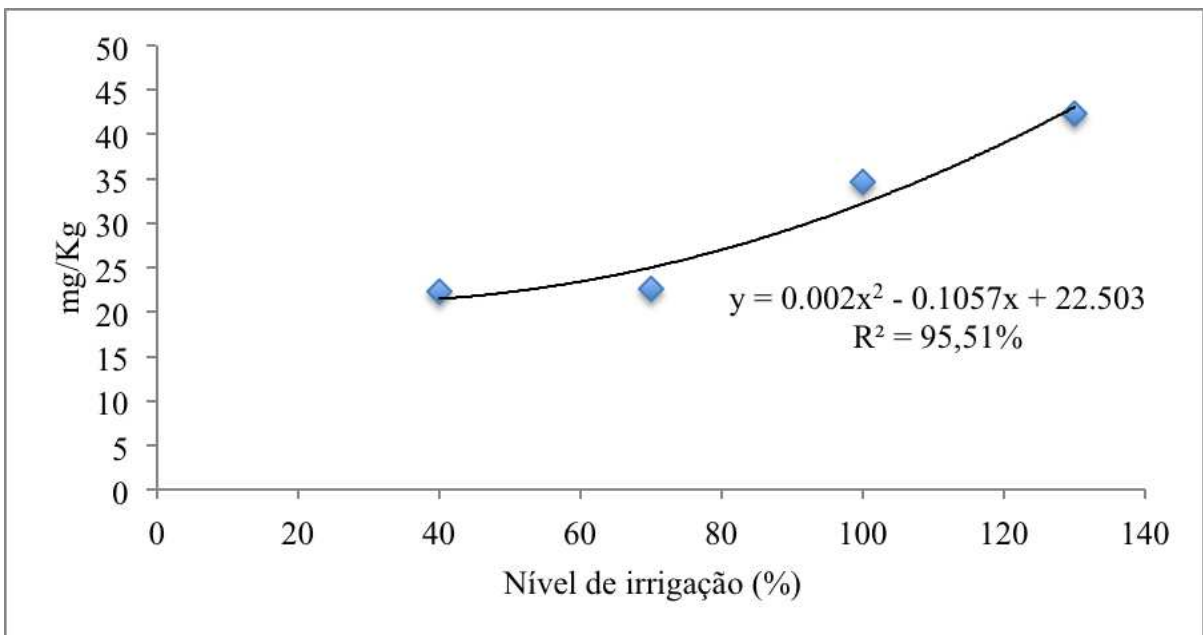


Figura 9: Teores de zinco (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

Ao analisar os resultados obtidos para enxofre (Figura 10) e manganês (Figura 11), notou-se que ambos tiveram seus teores foliares diminuídos à medida que os níveis de irrigação em relação à capacidade de campo do solo aumentaram.

O enxofre ocorre na solução do solo na forma de SO_4^{2-} , que é a forma absorvida pelas raízes das plantas, tratando-se de uma forma bastante solúvel. Ao formar pares iônicos com Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ lixivia com relativa facilidade no solo (Furtini et al, 2001).

Ao comparar o teor de enxofre encontrado nas mudas de pinhão manso na condição ideal de umidade do solo com os valores de referência para mamona e mandioca, nota-se que está um pouco abaixo, com $1,99 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto as referências são $3,5$ e $2,8 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. O teor do manganês de 82 mg kg^{-1} se aproximou do valor descrito para a mandioca, com 85 mg kg^{-1} .

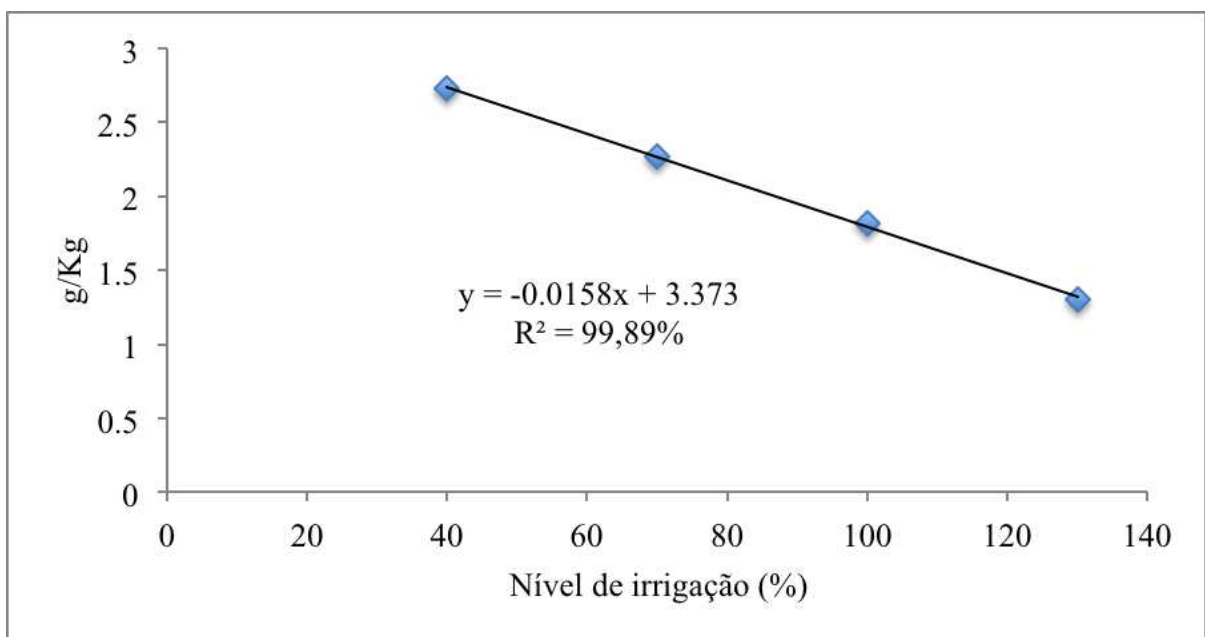


Figura 10: Teores de enxofre (g/kg) em folhas de mudas de pinhão-manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

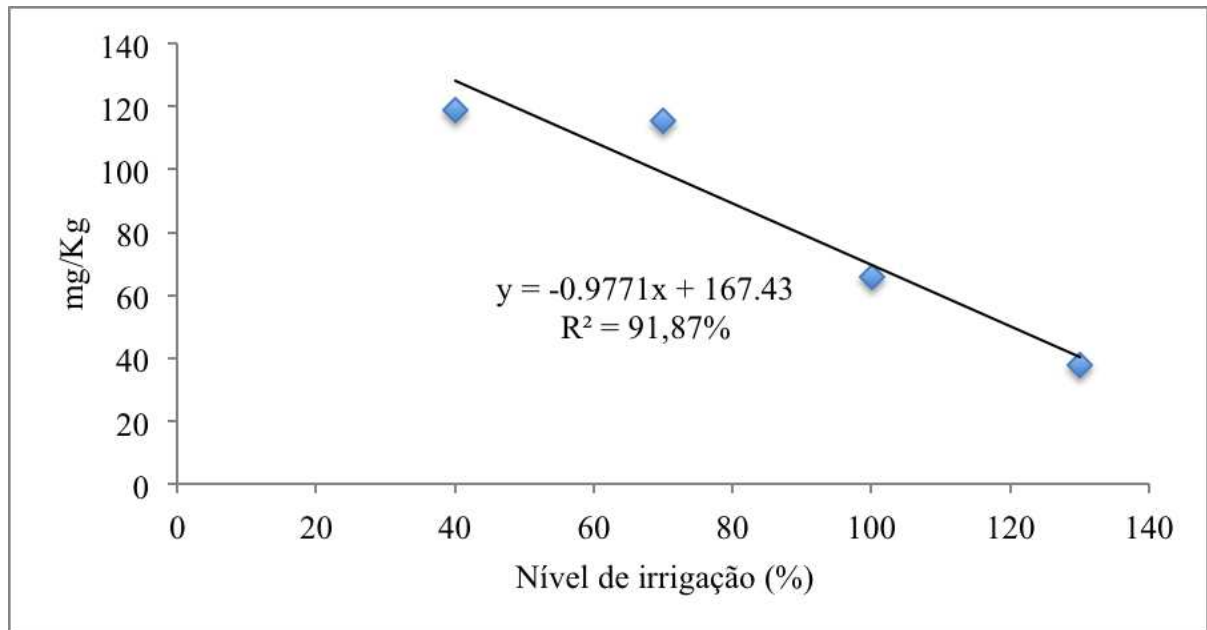


Figura 11: Teores de manganês (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia – MG, 2012.

Para cálcio (Figura 12), magnésio (Figura 13) e boro (Figura 14), nota-se que ocorreu um comportamento semelhante, onde os seus teores aumentaram até um ponto máximo e depois diminuíram, à medida que os níveis de irrigação aumentaram.

Observa-se que tais nutrientes tiveram seus maiores teores aproximadamente na mesma faixa de umidade constatada ser a de melhor desenvolvimento das mudas de pinhão manso, de 85 a 90 % da capacidade de campo do substrato. Assim, até uma faixa de limite máximo, com o aumento da disponibilidade de água, elevaram-se os teores foliares dos respectivos nutrientes na planta, seguida de acentuada queda. Isso pode ser explicado pela ocorrência de lixiviação desses nutrientes, os quais, em condições de excesso e saturação de água são percolados para as camadas mais profundas do solo, sendo então perdidos (Furtini et al, 2001). Vale ressaltar que os níveis de irrigação que resultaram nos maiores teores desses nutrientes nas plantas aproximaram-se aos de melhor desenvolvimento das plantas.

Ao comparar o teor do cálcio de 12 g kg^{-1} encontrado no pinhão manso na condição ideal de umidade do solo com os valores de referência da mamona e mandioca, 20 g kg^{-1} e 8 g kg^{-1} , respectivamente, notou-se que está a baixo da mamoneira e um pouco a cima da cultura da mandioca. Para o magnésio o teor encontrado foi de $14,5 \text{ g kg}^{-1}$, bem a cima dos valores de referência da mamona e mandioca, ambos com 3 g kg^{-1} . O boro se comportou da mesma

forma que o magnésio, onde o seu teor de 144 mg kg^{-1} está bem a cima da mandioca, com 45 mg kg^{-1} .

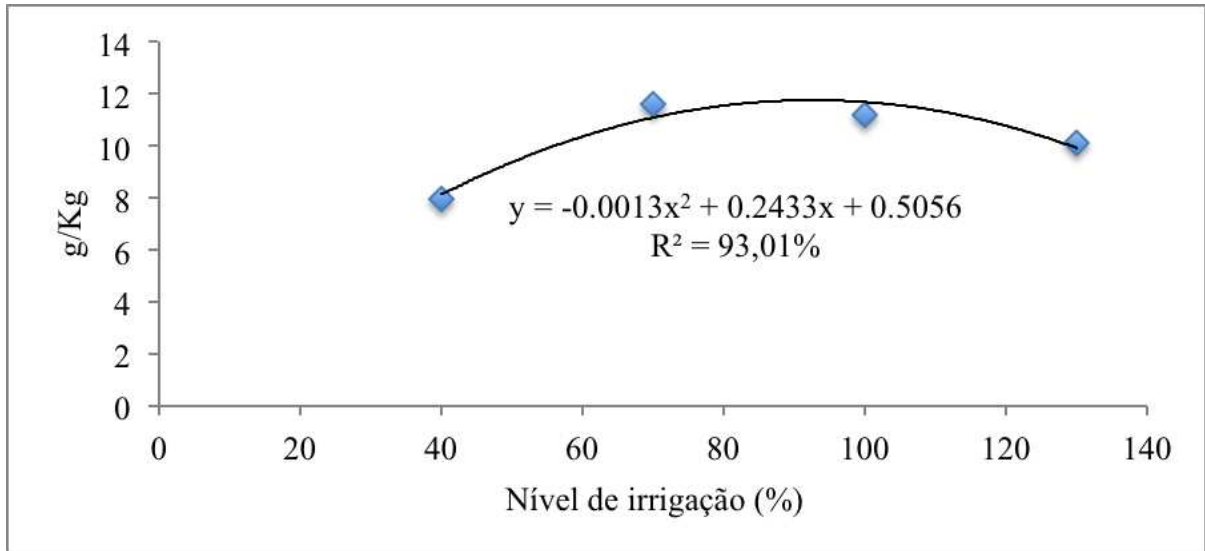


Figura 12: Teores de cálcio (g/kg) em folhas de mudas de pinhão-mansão aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

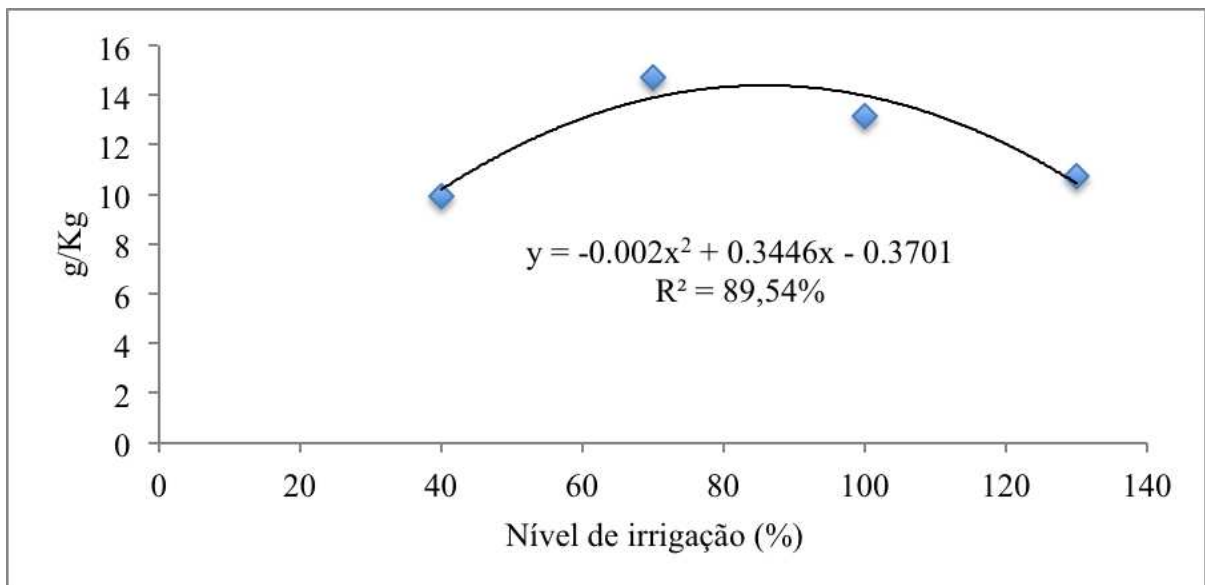


Figura 13: Teores de magnésio (g/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

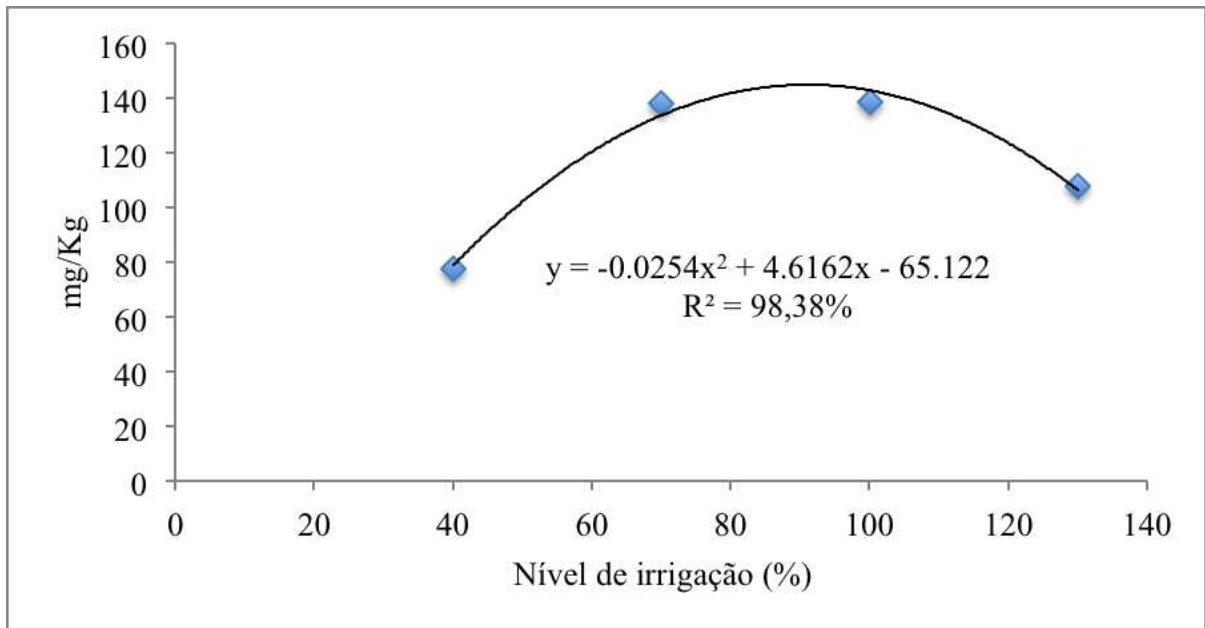


Figura 14: Teores de boro (mg/kg) em folhas de mudas de pinhão manso aos 90 dias em função dos níveis de irrigação em relação à capacidade de campo. UFU, Uberlândia-MG, 2012.

A disponibilidade e as relações entre nutrientes são dinâmicas na solução do solo, e essas interações podem ser sinérgicas, quando um nutriente ajuda o outro a ser absorvido, como o fósforo e o cálcio, ou antagônicas, quando um atrapalha a absorção do outro, como o fósforo e o zinco. Outros diversos fatores interferem na disponibilidade dos nutrientes para as plantas, como o pH do substrato, reações de oxirredução, capacidade de formação de quelados, adsorção, precipitação, transporte entre vários outros. Assim, para os demais nutrientes não foi possível estabelecer relação aparente com os níveis de irrigação. A literatura ainda é escassa quando se trata de nutrição e teores de nutrientes na cultura do pinhão manso (Barboza, 2011).

6. CONCLUSÕES

- A faixa ótima de umidade do solo para o cultivo do pinhão-mansão em vasos até os 90 dias é de 85 a 90% da capacidade de campo do substrato.
- A diminuição do nível de água da faixa ótima para 70% da capacidade de campo apresentou perdas muito pequenas dos parâmetros analisados.

REFERÊNCIAS

- ACHTEN, W. M. J.; Verchot, L.; Franken, Y. J.; Mathijs, E.; Singh, V. P.; Aerts, R. Muys, B. *Jatropha bio-diesel production and use. Biomass and Bioenergy*, v.32, p.1063-1084, 2009.
- ACHTEN, W.M.J.; MAES, W.H.; REUBENS, B.; MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; VERCHOT, L.; MUYS, B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. *Biomass and Bioenergy*, Miamisburg, v. 34, n. 5, p. 667-676, 2010.
- AMTHOR, J. S. (1989). *Respiration and Crop Productivity*. Springer, New York.
- ARRUDA F. P., Beltrão N. E. M., Andrade A. P., Pereira W. E., Severino L. S., 2004. Cultivo de Pinhão-manso (*Jatropha curcas*) como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, 8 (1), 789-799.
- BARBOSA, D.C.A. 1991. Crescimento de *Anadenantheramacrocarpa* (Benth). Brenan (Leguminosae- Mimosoidae).
- BARBOZA, C.R.A. 2011. Desenvolvimento de mudas de pinhão manso em tubetes e submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. (Tese de Doutorado) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo.
- BRAGA, R. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. 3 ed. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORESTAS TROPICAIS, 2., 1976, Mossoró. Anais... Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1976. p. 412-413.
- CARMÉLIO, 2006. Considerações sobre o vincula do pinhão-manso à agricultura familiar e ao Programa Nacional do Biodiesel. Disponível em: www.mda.gov.br. Acesso em: 15 de março de 2009.
- CARNIELLI, F. O combustível do futuro. 2003. Disponível em: www.ufmg.br/boletim/bul1413
- CHAVES M.M., Pereira J.S., Maroco J.P., Rodrigues M.L., Ricardo C.P.P., Osório M.L., Carvalho I., Faria T., Pinheiro C., 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*, 89, 907-916.
- COLETTI, A.J.; DALLACORT, R.; MARTINS, J.A.; DALCHIAVON, F.C. Demanda hídrica da cultura do pinhão manso. Tangará da Serra – MT. UNEMAT, 2010.
- CONFORTO, E. C., 2008. Respostas fisiológicas ao déficit hídrico em duas cultivares enxertadas de seringueira (“RRIM 600” e “GT 1”) crescidas em campo. *Ciência Rura* 1, 38, n3, p. 679-684.
- CORTESÃO, M. Culturas tropicais: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.
- COSTA, J. R., PINHO, J. L. N., PARRY, M. M., 2008. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12, n.5, p. 443–450.

DREW, M. C. (1997). Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48:223-250.

EMANUEL E., BLOOM A. J. *Mineral Nutrition of Plants* – Sunderland: Sinauer Associates, 2004.

FREIRE, E. de A.; NASCIMENTO, N. V.; LIMA, V.L.A. Crescimento inicial do pinhão manso submetido á adubação fosfatada. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, João Pessoa, v5, n. 1, p. 21-24, mar. 2011. Disponível em: www.emepa.org.br/revista/sumario51a.php

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. *Textos Acadêmicos Fertilidade do Solo -- Lavras: UFLA/FAEPE*, 2001.

JALEEL, C. A., MANIVANNAN, P., WAHID, A., FAROOQ, M., AL-JUBURI, H. J., SOMASUNDARAM, R., PANNEERSELVAM, R., 2009. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. *International Journal Agricultural Biology*, 11, p. 100–105.

JIANG M., ZHANG J., 2002. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. *Journal of Experimental Botany*, 53 (379), 2401-2410.

LACERDA,R.D.; GUERRA,H.H.C.; ALMEIRA, L.C.; CHAVES, L.H.G.; BARROS ,G.J.; MESQUITA, E.F.. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na folha da mamoneira BRS 188 submetida a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica do solo. IV Congresso de Mamona, 4 e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010 João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1133 -1138.

LOUÉ, A. *Oligo éléments en agricultures*. Antibes: SCPA-NATHAN, 1993. 577 p NOBRE, R.G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F.A.L.; ANDRADE, L.O.DE; NASCIMENTO, E.C.S. Produção de girassol sob diferentes laminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.

MARTIN, G.; MAYEUX, A., 1984. Réflexions sur les cultures olagineuses, énergétiques II.—Le Pourghere (*Jatropha curcas* L.): un carburant possible. *Olagineux*39, pp. 283–287
Mattos E.A., Herzog B., Lüttge U., 1999. Chlorophyll fluorescence during CAM-phases in *Clusia minor* L. under drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 50 (331), 253-261.

MIRANDA, F.R., F.; SOUZA & R.S.F; RIBEIRO, A. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Estado do Ceará. *Engenharia Agrícola*, 18: 63-70. 1999.

MORAIS, H., MARUR, C. J., CARAMORI, P. H., RIBEIRO, A. M. A.. GOMES, J. C., 2003. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38, n. 10, p. 35-40.

Ni B., Pallardy S., 1992. Stomatal and non stomatal limitation to net photosynthesis in seedlings of woody angiosperms. *Plant Physiol.*, 99, 1502-1508.

PECKOLT, T. Pinhão de purga (s.d.). Acesso em: setembro, 2007. Disponível em: www.vpg.com.br/banners/popup.html

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

RAMOS, K. M. O., FELFILI, J. M., FAGG, C. W., SOUSA-SILVA, J. C., FRANCO, A.C., 2004. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. *Acta Botânica Brasileira*, 18 n.2 p. 351-358.

RUIZ, H.A.; FERNANDES, B.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H. Efeito da umidade do solo sobre o volume e o conteúdo de fósforo no exudato xilemático de soja. *Rev. Bras. Ciência Solo*, 1988.

SAUSEN, T. L., 2007. Respostas fisiológicas de *Ricinus communis* à redução da disponibilidade hídrica no solo. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SHARP R.E., Poroyko V., Hejlek L.G., Spollen W.G., Springer G.K., Bohnert H.J., Nguyen H.T., 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany*, 55 (407), 2343-2351.

SILVA, M.A.V.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; OLIVEIRA, A.F.M. & SANTOS, V.F. 2008. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. *Revista árvore*, Viçosa, v. 32, n. 2, 335- 344p.

SILVEIRA, J.C. Contribution a l'étudedupulghéreauxilesdu CapVert. In: INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA (Campinas, SP). Anais...Campinas, 1934. v. 6, p. 116-126.

SOBRINHO, S.T.; TIEPPO, R.C.; SILVA, T.J.A. 2011. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico – Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres-MT.

STEUDLE E., 2000. Water uptake by roots: effects of water deficit. *Journal of Experimental Botany*, 51 (350), 1531-1542.

STORCK BIODIESEL. O que é o biodiesel? Curitiba. Disponível em: www.storckbiodiesel.com.br. 05 de maio de 2008.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.713 -721, set./dez. 2005.

WEI C., Tyree M.T., Steudle E., 1999. Direct measurement of xylem pressure in leaves of intact maize plants. A test of the cohesion-tension theory taking hydraulic architecture into consideration. *Plant Physiology*, 121, 1191-1205.

XAVIER, J.F. Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina. 2007. 101 f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

YORDANOV I., Velikova V., Tsonev T., 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* (), 187-206.