



FÁBIO PONCIANO DE DEUS

**PRODUÇÃO DE PINHÃO MANSO SUBMETIDO
A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E
NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

LAVRAS - MG

2010

FÁBIO PONCIANO DE DEUS

**PRODUÇÃO DE PINHÃO MANSO SUBMETIDO A DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Manoel Alves de Faria

Coorientadores

Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto

Dr. Augusto Ramalho de Moraes

Dr. Pedro Castro Neto

**LAVRAS - MG
2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Deus, Fábio Ponciano de.

Produção de pinhão manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de adubação potássica / Fábio Ponciano de Deus. – Lavras : UFLA, 2010.

81 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Manoel Alves de Faria.

Bibliografia.

1. Plantas oleaginosas. 2. Manejo da água. 3. Gotejamento. 4. Nutrição mineral. 5. Potássio. 6. Fertirrigação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.85

FÁBIO PONCIANO DE DEUS

**PRODUÇÃO DE PINHÃO MANSO SUBMETIDO A DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 13 de julho de 2010.

Dr. Pedro Castro Neto UFLA

Dr. Paulo César de Melo UFLA

Dr. Adão Wagner Pego Evangelista UFG

Dr. Manoel Alves de Faria
Orientador

Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto
Coorientador

Dr. Augusto Ramalho de Moraes
Coorientador

**LAVRAS - MG
2010**

OFEREÇO,

a minha mãe, Lúcia Aparecida Ponciano de Deus,
pelo amor e amizade.

DEDICO,

a Deus, por mais esta oportunidade em minha vida,

aos meus pais, Maurício (in memorian) e Lúcia,

as minhas irmãs, Lilian e Karine,

aos meus cunhados, João e Alessandro,

aos familiares e amigos de família, Maria e Adão, e Lucinha e Nelson.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Lavras, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e à FAPEMIG e FINEP, pelo financiamento das pesquisas.

Ao Prof. Manoel Alves de Faria, pela fundamental orientação e disponibilidade para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Ednaldo Liberato de Oliveira, pela ajuda e pelo fundamental empenho inicial deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Engenharia, em especial aos do Setor de Engenharia de Água e Solo (DEG-UFLA), pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica, Osvaldo (Neném), José Luiz e Gilson, pela ajuda em muitas das etapas deste trabalho.

Aos colegas de trabalho no campo Jaqueline e Stela, pela colaboração e ajuda.

Aos funcionários do setor de Fruticultura Luis, Dedé, Seu Antônio e Naldo, pela colaboração e ajuda.

Aos colegas de curso Camila, Rosângela, João, Denise, José, Gabriel, Murilo e a todos os colegas de graduação e pós-graduação do DEG.

À secretária Ana Daniela, pela amizade e informações. Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

O experimento foi conduzido no setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG (21° 14' Sul; 45° 00' Oeste; 892 m). Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes lâminas de água e doses de potássio na produção de grãos e de óleo do pinhão manso. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com 4 repetições. Os tratamentos constaram de 4 lâminas de água e 4 doses de potássio aplicadas via água de irrigação. Aplicaram-se as lâminas de água com base na porcentagem do saldo da evaporação acumulada do tanque Classe A (ECA) e das precipitações, sendo as seguintes: L0 = sem irrigação, L40, L80 e L120, representando 40, 80 e 120% do saldo, respectivamente. As irrigações foram realizadas duas vezes por semana, as terças e sextas-feiras. As doses de potássio foram de: K30, K60, K90 e K120, sendo, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de potássio respectivamente. Concluiu-se que a adoção de irrigação do pinhão manso em Lavras, Minas Gerais proporcionou aumento da produtividade de grãos e óleo de pinhão manso e decréscimo no teor de óleo dos grãos. A adubação potássica proporcionou aumento da produção de grãos na análise acumulada dos dados. Houve aumento relativo da eficiência no uso da água em produzir grãos e óleo até determinada lâmina de água e posterior decréscimo. Houve aumento relativo da eficiência no uso da água em produzir grãos em função das doses de potássio.

Palavras-chave: Oleaginosa. Manejo de água. Gotejamento. Nutrição mineral.

GENERAL ABSTRACT

This experiment was evaluated at the Fruit Sector at the Agriculture Department, at the Federal University of Lavras, in Lavras, Minas Gerais (21°14'S; 45°00'W; 892 m). The aim of this research was to evaluate the different drip irrigation levels and potassium dosages effects, of the nut grain and oil productivity. The experimental design was randomized blocks, in split plot design, with four replications. The treatments were four water levels (plots) and four potassium dosages (subplots). The irrigation was applied based on the amount estimated by the water depths – L0 (non irrigated), L40, L80 and L120 (40, 80 and 120% of the water balance respectively). The irrigations were done twice a week (Tuesdays and Fridays). The potassium dosages were K30, K60, K90 and K120 (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ of potassium respectively). It was possible to observe that the irrigation of *Jatropha* in Lavras – MG increased the nut grain and oil productivity and decreased the oil content. The potassium fertilization increased the accumulated grain productivity. The irrigation increased the water use efficiency in nut grain and oil production up to a water level and decreased after that. The potassium fertilization increased the water use efficiency in nut grain production.

Keywords: Oleaginous. Water management. Drip irrigation. Mineral nutrition.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| | CAPÍTULO 1 ABORDAGEM GERAL | 10 |
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 10 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 | Características da planta..... | 13 |
| 2.2 | Produtividade da cultura do pinhão manso | 17 |
| 2.3 | Produção energética no Brasil..... | 19 |
| 2.4 | Irrigação e fertirrigação..... | 21 |
| 2.5 | Necessidades nutricionais do pinhão manso..... | 24 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS GERAL | 26 |
| 3.1 | Caracterização da área experimental | 26 |
| 3.2 | Plantas utilizadas no experimento..... | 32 |
| 3.3 | Delineamento experimental e tratamentos | 32 |
| 3.4 | Sistema e manejo da irrigação..... | 34 |
| 3.5 | Fertirrigação..... | 36 |
| | REFERÊNCIAS..... | 37 |
| | CAPÍTULO 2 PRODUÇÃO DE GRÃOS DE PINHÃO MANSO SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA..... | 44 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 46 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 50 |
| 2.1 | Produtividade de grãos..... | 50 |
| 2.2 | Eficiência no uso da água em produzir grãos..... | 51 |
| 2.3 | Máxima produção física de grãos..... | 51 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 52 |
| 4 | CONCLUSÕES..... | 62 |
| | REFERÊNCIAS..... | 63 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| | CAPÍTULO 3 TEOR E PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PINHÃO MANSO SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA..... | 66 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 68 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 71 |
| 2.1 | Teor e produtividade de óleo dos grãos de pinhão manso..... | 71 |
| 2.2 | Eficiência no uso da água em produzir óleo | 72 |
| 2.3 | Máxima produção física de óleo | 73 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 74 |
| 4 | CONCLUSÕES..... | 79 |
| | REFERÊNCIAS..... | 80 |

CAPÍTULO 1 ABORDAGEM GERAL

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, os problemas energéticos do mundo têm demandado o desenvolvimento de pesquisas que propiciem soluções significativas quanto à dependência do diesel mineral. Existem algumas motivações para a produção e comercialização do biodiesel, que é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis. A oscilação de preço do petróleo pode ser citada como uma das principais motivações que, aliada à preocupação com as mudanças climáticas global, direciona as questões relevantes relacionadas ao atendimento das necessidades e metas dos países signatários do Protocolo de Kyoto (PERES; FREITAS JÚNIOR; GAZZONI, 2005). No Brasil, com a publicação da lei número 11.097/2005, que preconiza a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, o governo brasileiro visou a incrementar o desenvolvimento da cadeia produtiva deste combustível, tornando obrigatória a adição de 2% de biodiesel ao diesel mineral em todo o país a partir de janeiro de 2008, sendo obrigatória a adição de 5% a partir de 2013. Atualmente, houve o adiantamento da meta de utilização da mistura B5 (5% de biodiesel ao diesel mineral) para janeiro de 2010.

A soja é a principal matéria prima utilizada para extração de óleo usado na fabricação do biodiesel no Brasil. Todavia, dada a sua demanda elevada, acredita-se que este novo combustível não poderia ter sua sustentabilidade comprometida uma vez que sua produção competiria com culturas usadas como matéria prima para a produção de alimentos. Plantas oleaginosas alternativas e que tenham um bom potencial de produção terão um espaço importante na agricultura brasileira, tornando-se mais uma boa alternativa na geração de

empregos e renda no setor agrícola. Entre as plantas oleaginosas fornecedoras de matéria prima para produção do biodiesel, destaca-se o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), planta perene de ampla adaptação edafoclimática, produtora de grãos ricos em óleo e com bom potencial produtivo, que também tem despertado interesse devido à qualidade do óleo de seus grãos para produção de biodiesel.

Buscando atender adequadamente as exigências hídricas e nutricionais das culturas irrigadas, o fornecimento de água e nutrientes em proporções adequadas têm sido uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos produtores. A água é o fator determinante para a produção das plantas e a sua falta ou excesso influencia diretamente na produtividade das culturas, tornando indispensável o seu manejo racional, de forma a maximizar a produção. Desse modo, tornam-se necessários estudos que possam indicar quando e quanto irrigar o pinhão manso, visando ao estabelecimento de parâmetros que indiquem se o uso da irrigação e da fertirrigação influenciam esta cultura.

No Brasil, são poucas as informações técnicas disponíveis sobre a cultura do pinhão manso, obtidas em pesquisas realizadas em condições de campo. Para se iniciar um programa de fomento do cultivo do pinhão manso, necessita-se de cautela e intensa atividade de pesquisa em condições de campo que originem informações agronômicas efetivas, repassadas aos agricultores com segurança. Em função do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação e níveis de adubação potássica na produção de grãos e óleo da cultura do pinhão manso, em Lavras, Minas Gerais.

Este trabalho é composto por três capítulos. O primeiro deles faz uma revisão geral sobre os principais assuntos desta pesquisa, tais como uma abordagem sobre a cultura do pinhão manso, sua produtividade, caracterização energética básica no Brasil, demandas de irrigação e fertirrigação e, por fim, sobre suas necessidades nutricionais. No segundo capítulo, apresenta-se o comportamento da produção de grãos da cultura em função de diferentes

lâminas de irrigação e doses de potássio. No terceiro capítulo, apresenta-se o teor e a produtividade de óleo dos grãos de pinhão manso relativamente à variação de lâminas de irrigação e doses de potássio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características da planta

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), também conhecido como pinhão do Paraguai, pinhão de cerca ou pinhão bravo é uma espécie da família Euphorbiaceae, do gênero *Jatropha*, espécie *Jatropha curcas* L (HELLER, 1996). Sua origem é não é determinada, existindo pesquisadores que o consideram nativo do Brasil. O Anuário Brasileiro de Agroenergia – ABA (2007) salienta que seu mais provável local de origem é a América Central. Tominaga et al. (2007) levantam a hipótese de que é uma planta originária do México e que os índios que migraram da América do Norte para a América do Sul há mais de dez mil anos seriam os responsáveis por sua disseminação desde o México até a Argentina, incluindo o Brasil. Cáceres, Portas e Testa (2007) relatam que a planta pode ser de origem da América tropical, de onde foi levado por navegadores portugueses para as demais partes tropicais do mundo. Com relação à distribuição geográfica, Openshaw (2000) expõe que o pinhão manso é encontrado nas Américas, África e parte da Ásia, ou seja, sua distribuição geográfica é bastante ampla e cuja distribuição pode ser explicada pela sua possível rusticidade, resistência a longas estiagens e a pragas e doenças; adaptando-se a condições edafoclimáticas muito variáveis (ARRUDA et al., 2004).

De acordo com Heller (1996), todas as partes da planta têm utilização econômica, tais como: na medicina tradicional, produção de sabão, iluminação através de lamparinas, geradores de eletricidade, combustível para fogões, extratos da semente como molusquicida, inseticida e nematicida. É considerada planta melífera, podendo ser utilizada como cerca-viva. Apesar de todas essas

aplicações, o uso mais difundido atualmente é o de extração do óleo da semente para fins combustíveis.

É uma arvoreta suculenta, de crescimento rápido, cuja altura usual é de 2 a 3 metros, podendo alcançar até 5 metros. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm, possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho pouco resistente e medula desenvolvida; floema com longos canais que se estendem até as raízes, onde circula o látex, bastante caústico. O tronco, ou fuste, 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 (SATURNINO et al., 2005). De acordo com Heller (1996), as folhas do pinhão manso são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma, com três a cinco lóbulos, pecioladas e com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monóica, apresentando na mesma planta -- mas com sexo separado -- flores masculinas, em maior número nas extremidades das ramificações e femininas nas ramificações, as quais são amarelo-esverdeadas, diferenciando-se pela ausência de pedúnculo articulado nas femininas que são largamente pedunculadas. O fruto é capsular, ovóide, com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm, trilocular, com uma semente em cada cavidade, 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 com base em massa, pesando cada uma de 1,53 a 2,85 g. As sementes medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 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. Dependendo da variedade e dos tratos culturais, a semente de pinhão manso -- que pesa de 0,551 a 0,797 g -- é composta de 33,7 a 45% de casca e de 55 a 66% de amêndoa, com base em

massa. A amêndoa é bastante oleaginosa e contém aproximadamente 40% de óleo, não comestível (SATURNINO et al., 2005).

Em termos de variáveis climáticas, são muitas as recomendações. Resumindo, o pinhão manso é uma espécie que vegeta e produz bem em altitudes desde o nível do mar até mais de 1000 m, em regiões áridas, semi-áridas e tropicais e com índices pluviométricos de 480 a 2380 mm anuais. É tolerante à seca, sobrevive com apenas 200 mm anuais de chuva e até a três anos consecutivos de secas. Temperaturas médias anuais entre 18,0 e 28,5°C são as mais adequadas para o bom desenvolvimento da cultura. A temperatura, precipitação e radiação solar possuem relação direta com o crescimento inicial das plantas de pinhão manso. É uma planta perene, suculenta, caducifólia, que tolera geada fraca. Sobrevive em condições de solos pobres em fertilidade, mas exige nutrientes em condições comerciais. Não suporta, contudo, terrenos encharcados. Em áreas com chuvas durante todo o ano, o pinhão manso frutifica o ano inteiro. Em regiões com chuvas durante um só período, frutifica uma vez por ano, mas a colheita se prolonga por 4 a 6 meses (DALCHIAVON et al., 2008).

Apesar de pouco exigente em condições climáticas e de se adaptar a condições desfavoráveis de solos (degradados e pouco férteis), Arruda et al. (2004) citam que esta planta deve ser preferencialmente cultivada em solos profundos, bem estruturados, pouco compactados, drenados e preferencialmente pouco argilosos. Isso é requerido para que o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo.

Dias et al. (2007) explicam que a abertura das flores femininas da mesma inflorescência ocorre em dias diferentes e após a abertura da primeira flor, as outras abrirão diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos, sendo que da flor para o fruto maduro, são decorridos cerca de 60 dias. Saturnino et al. (2005) afirmam que para as condições climáticas de Minas Gerais, a floração do

pinhão manso ocorre no período de seca e isso faz com que o pico da colheita ocorra no período chuvoso do ano, nos meses de fevereiro a abril ou até julho, quando o período chuvoso é mais prolongado. O relato sobre o intervalo de tempo informado por Dias et al. (2007) contradiz o observado por Saturnino et al. (2005), que informam que o pico da frutificação ocorre pelo menos 6 meses depois da ocorrência da inflorescência. Lele (2006) informa que o florescimento do pinhão manso pode ser induzido duas ou três vezes por ano, com base no manejo da irrigação, induzindo déficit hídrico durante um período suficiente para provocar a queda de metade das folhas da planta, para em seguida restabelecer a irrigação gradualmente, aumentando-se a quantidade de água a cada dia, ocasião em que se faz a adubação com NPK. O recomeço da floração ocorre normalmente cerca de 21 dias após o retorno da irrigação.

Em análises da fenologia do pinhão manso conduzidas por Araújo e Ribeiro (2008) no município de Teresina – PI, observou-se que a queda foliar ocorreu ao longo do ano, com picos na estação seca e chuvosa do ano, a floração aumentou gradualmente durante o primeiro semestre, atingindo os maiores percentuais no segundo semestre e a produção de frutos maduros apresentou concentração em 2 períodos bem distintos: de fevereiro a abril e de agosto a outubro, configurando as safras das chuvas e de sequeiro, respectivamente. O município de Teresina – PI possui precipitação média anual de 1400 mm, com ocorrência dos valores mais altos em fevereiro e os menores entre junho e novembro, possuindo temperatura média anual de 28,1°C.

Embora o pinhão manso seja considerado uma cultura indicada para regiões áridas e semi-áridas, tolerante a restrições de água, pesquisas desenvolvidas por alguns autores verificaram resultados positivos quanto ao uso da irrigação. Openshaw (2000) relata que a cultura responde muito bem à irrigação, afetando diretamente sua produtividade e possibilitando de três a quatro colheitas por ano. Em pesquisa desenvolvida por Drumond et al. (2008),

avaliou-se o comportamento do primeiro ano de produção do pinhão manso no semi-árido brasileiro, comparando tratamentos irrigados e sem irrigação, onde observou-se que a produção foi 3,5 vezes maior referente ao tratamento irrigado em relação ao não irrigado. Em experimento desenvolvido na mesma área experimental onde se desenvolve o estudo deste trabalho, Oliveira et al. (2008) observaram que a irrigação promoveu acréscimo significativo nos parâmetros relacionados ao crescimento vegetativo das plantas. Em pesquisa, Drummond et al. (1984) concluíram que apesar da cultura adaptar-se às regiões secas e possuir um caule grosso capaz de armazenar bastante água, sob regime de seca, a cultura sobrevive, diminuindo sua produção de sementes. Exceto na fase inicial de crescimento e por ser uma cultura tolerante ao efeito da salinidade, o pinhão manso pode ser irrigado com água salina, tolerando condutividade elétrica maior que 12 dS.m^{-1} , valor considerado relativamente alto para outras culturas (VALE et al., 2006).

2.2 Produtividade da cultura do pinhão manso

Como lembra Saturnino et al. (2005), o pinhão manso se constitui em mais uma alternativa de planta oleaginosa para a produção de biodiesel, sendo promissora para o programa brasileiro de biodiesel, pois possui uma alta produtividade de óleo, comparativamente a outras oleoginosas. Não apenas em termos de produtividade, o óleo oriundo de sementes de pinhão manso produz biodiesel cujas propriedades físico-químicas apresentam valores aceitáveis com relação às especificações internacionais (OLIVEIRA et al., 2009).

Arruda et al. (2004) explicam que a produtividade do pinhão manso varia muito em função da região de plantio, método de cultivo e tratamentos culturais, idade da cultura, bem como da quantidade de chuva e da fertilidade do solo.

Em condição de sequeiro, Openshaw (2000) afirma que em Mali, a produtividade média de sementes fica compreendida entre 2,5 e 3,5 t ha⁻¹, e Peixoto (1973) afirma que o rendimento dessa cultura varia de 500 a 1.200 kg de sementes limpas por hectare, também em condições de sequeiro, demonstrando muita discrepância entre as informações. Em experimento conduzido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Epamig (2006), no município de Felixlândia, região central de Minas Gerais, sem adoção de irrigação, a produção do pinhão manso chegou apenas a 500 kg de sementes por hectare, sendo compatível com as informações de Peixoto (1973). Saturnino et al. (2006) relatam que, sob condições de irrigação, pode-se produzir mais de 2,5 t ha⁻¹ de sementes, com a produção estabilizando-se entre 4 a 5 anos. Em área experimental de pinhão manso conduzido sob irrigação por sulcos de infiltração, na região de Janaúba, Norte de Minas Gerais, as plantas, aos 18 meses de idade, já haviam produzido 2.500 kg de sementes por hectare, com rendimento de 38% em óleo (EPAMIG, 2006).

Em 2005, em pesquisa desenvolvida no Maranhão, a primeira colheita forneceu 500 kg ha⁻¹ de sementes e em 2006 a produtividade foi de 975 kg ha⁻¹ (LIMA et al., 2007). Desenvolvendo pesquisa na Zona da Mata mineira, Dias et al. (2007) observaram um rendimento de sementes para o primeiro ano de 200 kg ha⁻¹ e para o segundo ano em torno de 1800 kg ha⁻¹.

Cáceres, Portas e Abramides (2007) lembram que a produção do pinhão manso é pequena no início, com aumento ao longo das sucessivas safras até estabilizar a produção entre os 5 e 6 anos de idade, atingindo produção de sementes em torno de 6 a 7 t ha⁻¹.

Drumond et al. (2008) avaliaram o potencial produtivo do primeiro ano de produção do pinhão manso, em condições do semi-árido brasileiro, chegando aos seguintes resultados: 1156 kg ha⁻¹ com irrigação, e 330 kg ha⁻¹ sem irrigação. Este resultado é compatível com as informações de Peixoto (1973).

Com relação à produção de óleo a partir das sementes de pinhão manso, a EPAMIG (2006) afirma que o pinhão manso produz em média 1589 kg ha⁻¹ de óleo por ano. Lapola, Priess e Bondeau (2009) relatam que uma tonelada de sementes de pinhão manso, em processo de prensagem, rende em média 277,5 litros de biodiesel, assumindo um teor de óleo das sementes de 34% e eficiência de extração de 75%.

Alguns autores relatam que o teor médio de óleo das sementes de pinhão manso é da ordem de 35% (MARTINS; CRUZ, 1985; HENNING, 2000; ACKOM; ERTEL, 2005). Teixeira (1987) constatou que o teor de óleo das sementes de pinhão manso avaliadas variou de 23 a 34%, justificando que tal variação deveu-se a tratamentos culturais, à localidade e à variabilidade genética da espécie.

As informações técnicas sobre esta cultura são escassas e por vezes conflitantes, necessitando que mais pesquisas sejam feitas sobre questões agrônomicas, tais como a produção de sementes e óleo para fins combustíveis. Evidenciando as necessidades em cada região potencialmente produtora, a determinação das condições produtivas de nosso também é de extrema importância para o país. Beltrão et al. (2007) lembram que até a data da realização de seus estudos, não haviam sido encontrados relatos científicos confiáveis que informassem a produtividade do pinhão manso, mas somente estimativas feitas com metodologia inadequada, como extrapolar a produção de uma planta isolada para produtividade em uma lavoura comercial.

2.3 Produção energética no Brasil

Atualmente, a maior parte da energia consumida no mundo é oriunda do petróleo, carvão e gás natural, que são fontes limitadas e com previsões para o

término de suas reservas. Trzeciak et al. (2008) apontam estudos que comprovam que as reservas de petróleo no mundo somam aproximadamente 1,14 trilhão de barris, suficientes para suprir a demanda mundial pelos próximos 40 anos, de acordo com o consumo global atualmente previsto. Não bastassem os problemas com relação à demanda, este dado tem reflexos diretos sobre os preços elevados do petróleo no mercado mundial.

Outro problema visto pela comunidade mundial relaciona-se aos problemas ambientais, devido à emissão de gases de efeito estufa. Peres, Freitas Júnior e Gazzoni (2005) lembram que as mudanças no clima mundial são consideradas uma das mais importantes ameaças à sustentabilidade do meio ambiente, impactando diretamente a saúde e o bem-estar da humanidade, além de afetar a economia global. Assim, a busca por fontes alternativas combustíveis tem se concentrado em vários centros de pesquisa e, como um de seus resultados, tem impulsionado a expansão dos cultivos de oleaginosas destinadas a produção de biodiesel, tanto para o mercado interno, quanto externo.

O governo brasileiro visando a aumentar a demanda de biodiesel no país, incrementou o desenvolvimento da cadeia produtiva deste combustível, incentivado com a publicação da lei de número 11.097, aprovada, de 13 de janeiro de 2005. Essa lei preconiza a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira e tornou opcional a utilização de B2 (2% de biodiesel e 98% de diesel de petróleo) desde 2005 até o final de 2007, passando ao uso obrigatório no início de 2008. No entanto, no período entre 2008 e 2013, o uso de B5 (5% de biodiesel e 95% de diesel mineral) ainda será opcional e passará a ser obrigatório a partir de 2013 (TRZECIAK et al., 2008). No uso de suas atribuições, o presidente do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE preconizou o adiantamento da meta de utilização da mistura B5 (5% de biodiesel ao petrodiesel) para janeiro de 2010.

De acordo com informações do ministério de Minas e Energia, a oferta interna de energia no Brasil para o ano de 2009 foi distribuída da seguinte forma: 37,9 % (Petróleo e derivados), 32 % (Biomassa), 15,2% (Hidráulica e eletricidade), 8,8 % (Gás natural), 4,8 % (Carvão mineral) e 1,4 % (Urânio). Em comparação com os dados de 2006, observa-se um aumento da ordem de 2,3 %. Com a introdução do Biodiesel na matriz energética brasileira, provavelmente haverá redução da utilização de combustíveis fósseis e aumento de emprego na área de produção de biomassa. De acordo com informações da matriz energética brasileira, a produção de biodiesel em 2035 poderá chegar a aproximadamente cem bilhões de litros por ano e a área de cultivo de oleaginosas deverá ser da ordem de 20 milhões de hectares para suprimento da demanda. A produção de biodiesel em 2009 mostrou um crescimento de 38% em relação a 2008, correspondendo a uma mistura de 3,7% no diesel mineral. Em outras biomassas, o biodiesel mineral representa 14,7% e na matriz, representa 0,6%.

2.4 Irrigação e fertirrigação

São cada vez mais frequentes os problemas relacionados a estiagens, que acabam atingindo as áreas cultivadas e não irrigadas. Sendo assim, a irrigação assume um papel importante na produção das culturas, sendo para o produtor uma técnica que além de incrementar a produtividade, pode proporcionar a obtenção de um produto diferenciado e de melhor qualidade, pois a água destaca-se entre os fatores que afetam o desenvolvimento vegetativo por ser o meio de difusão dos solutos nas células e solvente para a maioria das reações bioquímicas. A falta ou o excesso de água é frequente fator de diminuição da produção e, por isso, seu manejo é essencial para a maximização da produção agrícola (REICHARDT, 1978).

A irrigação manejada de forma inadequada vem sendo considerada por alguns segmentos da sociedade e órgãos do governo ligados à agropecuária, à ciência e tecnologia e ao meio ambiente, como a principal responsável pelo desperdício de água e pela contaminação dos solos e dos ecossistemas aquáticos. Todavia, o sistema de irrigação por gotejamento tem sido visto como um dos mais eficientes, tanto no uso da água, como na aplicação de adubos solúveis. De acordo com Schwankl (2006, p. 431), as vantagens da irrigação por gotejamento superficial são: melhor manejo da água, potencial economia de energia elétrica, melhoria no estabelecimento da cultura, facilidade de uso da fertirrigação, melhoria no controle de plantas daninhas, da produtividade e da qualidade do produto, entre outras. Em estudos sobre irrigação por gotejamento, Bernardo, Soares e Mantovani (2006) verificaram que esse sistema permite um bom controle da irrigação e de economia de água em várias culturas e, em algumas condições, tem propiciado produções superiores aos obtidos com o uso de outros sistemas.

Independentemente do sistema de irrigação utilizado, a literatura é unânime ao enfatizar a importância de se controlar adequadamente a aplicação da água ao solo, ou seja um manejo mais eficiente e efetivo da irrigação. Cuidados devem ser tomados para não permitir que as plantas sejam submetidas a estresse hídrico e nem a excesso de umidade. A umidade do solo deve ser mantida próxima ao ideal, ou seja, da capacidade de campo (SILVA; MANTOVANI; RAMOS, 2003; BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Em se tratando de instrumentos utilizados no manejo da irrigação, Bernardo, Soares e Mantovani (2006) relatam que devido ao baixo custo e fácil manejo, o tanque Classe A tem-se destacado no manejo da irrigação. Este tanque foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte Americano e possui a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos

efeitos integrantes da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar.

Embora a fertirrigação realizada por meio de um sistema de irrigação por gotejamento ofereça uma série de vantagens, sua eficiência depende do conhecimento e estudo de vários fatores, entre esses o manejo da fertirrigação associado ao manejo da água no sistema solo-água-planta-atmosfera. O manejo inadequado de água no solo traz sérios problemas relacionados às perdas de nutrientes por lixiviação. Já com o controle criterioso da fertirrigação, ocorre redução dessas perdas e aumento da absorção de nutrientes pela planta (COSTA; FRANÇA; ALVES, 1986).

As vantagens do fornecimento de nutrientes via fertirrigação, comparativamente aos sistemas convencionais de adubação, são: aumento de produtividade; melhoria da qualidade dos frutos; diminuição da compactação do solo pela menor frequência de uso de máquinas; redução de mão-de-obra, do consumo de energia e dos gastos com equipamento; maior eficiência na utilização de nutrientes; maior facilidade na aplicação de micronutrientes e no parcelamento dos fertilizantes. É possível atender as necessidades das plantas nas suas diferentes etapas de desenvolvimento com a fertirrigação, que se baseia, principalmente, na demanda de nutrientes determinada pela marcha de absorção da cultura (COSTA; FRANÇA; ALVES, 1986). Coelho et al. (2009) lembram que a fertirrigação melhora a eficiência de uso da água e de nutrientes, aplicados de forma simultânea e direta à zona radicular da cultura, na forma e na quantidade requeridas. Magalhães (1996) salienta ainda que em climas áridos ou semi-áridos, onde as raízes das plantas concentram-se no bulbo molhado, a distribuição de fertilizantes via água de irrigação maximiza o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Porém, em climas úmidos, onde as raízes das culturas se estendem além da área do bulbo molhado pela irrigação, a distribuição de substâncias químicas por meio do sistema de irrigação localizada

não cobre toda a zona radicular, reduzindo o benefício potencial desta tecnologia.

2.5 Necessidades nutricionais do pinhão manso

Apesar de a cultura de pinhão manso ser indicada para áreas com restrições em nutrientes, como descrito por Heller (1996), alguns autores discordam de tais condições produtivas como ideais para esta cultura com finalidade comercial. O pinhão manso não é uma planta pouco exigente em fertilidade do solo, como se acreditava. Ela sobrevive bem em solos pobres e secos, mas obtêm boas produções de sementes, onde os solos são de média fertilidade e têm boa umidade (PEIXOTO, 1973; EPAMIG, 2006; SATURNINO et al., 2005).

As informações na literatura sobre nutrição mineral do pinhão manso são ainda insuficientes, principalmente com relação às exigências em potássio, época e modo de aplicação, marcha de absorção, sintomatologia das deficiências, diagnose foliar e respostas à aplicação de macro e micronutrientes. Pacheco et al. (2006) apresentaram alguns resultados referentes à nutrição e acumulação de nutrientes nos órgãos da planta, cultivado em vasos, em casa de vegetação. De acordo com estes autores, o pinhão manso apresenta comparativamente a seguinte ordem decrescente de consumo de nutrientes até os 150 dias após plantio: $K > N > Ca > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu$, sendo que os maiores conteúdos de K, P e Mn ocorreram no caule; N, S, Ca, Mg e B no limbo foliar e Cu, Fe e Zn nas raízes.

Pacheco et al. (2006) afirmam que o potássio é o primeiro macronutriente, em teor, contido nas plantas de pinhão manso. Ele participa em diversas fases do metabolismo das plantas, como o controle de turgidez dos

tecidos, síntese de carboidratos e proteínas, respiração e regulação da abertura e fechamento dos estômatos. Também é importante no desenvolvimento das raízes e essencial na frutificação e maturação dos frutos, pois é responsável pela conversão do amido em açúcares, além de funcionar como ativador de enzimas. Cerca de 46 enzimas exigem K para sua atividade (MALAVOLTA et al., 1974).

Em muitas culturas de alta produtividade, o teor de potássio excede o teor de nitrogênio. As ações do potássio e do nitrogênio se complementam nas plantas, devendo haver certo equilíbrio entre ambos. O excesso de potássio interfere negativamente na absorção de Ca, Mg, P, S e Cl. Sua falta induz ao acúmulo de N, Mg, Ca e B na planta (LOPES, 1989).

Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) lembram que o potássio é um nutriente absorvido da solução do solo pelas raízes, predominando o contato pelo processo de difusão. Contudo, a aplicação de doses relativamente altas desse nutriente pode causar movimentação no solo pelo fluxo de massa, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, podendo ser lixiviado, adsorvido pelo solo ou absorvido pela planta. Rivera (2004) salienta que os fatores que influenciam no movimento do potássio no solo são a condutividade hidráulica, o pH do solo, o método e a taxa de aplicação deste elemento, a umidade do solo e a absorção pela planta. A habilidade do solo em reter o potássio aplicado depende bastante da capacidade de troca de cátions do solo. Assim, a quantidade de argila e matéria orgânica no solo tem grande influência sobre o grau de lixiviação. Solos com alta capacidade de troca têm grande habilidade em reter o potássio aplicado. Entretanto, a lavagem deste elemento é frequentemente um problema em solos arenosos (LOPES, 1989). Zanini (1991) lembra que na prática da fertirrigação observa-se que os locais de maiores concentrações de potássio coincidem com os locais de maiores valores de umidade, evidenciando seu caminamento por fluxo de massa.

3 MATERIAL E MÉTODOS GERAL

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área experimental do setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, localizada nas coordenadas geográficas de 21° 14' de Latitude Sul e 45° 00' de Longitude Oeste, a 892 m de altitude. O período de condução do experimento foi de março de 2009 a maio de 2010, quando foram obtidos os dados referentes ao ano de 2009, obtidos a partir de duas produções: uma, referente à estação chuvosa e outra, referente à estação seca do ano. Além dos dados deste período, informações relativas ao primeiro ano de produção -- ocorrida no de 2008 -- foram usadas em algumas análises realizadas.

A cidade de Lavras possui clima do tipo Cwa (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Pelos Gráficos 1 e 2, pode-se observar o comportamento dos dados relativos à precipitação pluviométrica e evaporação do tanque Classe A para os anos de produção avaliados.

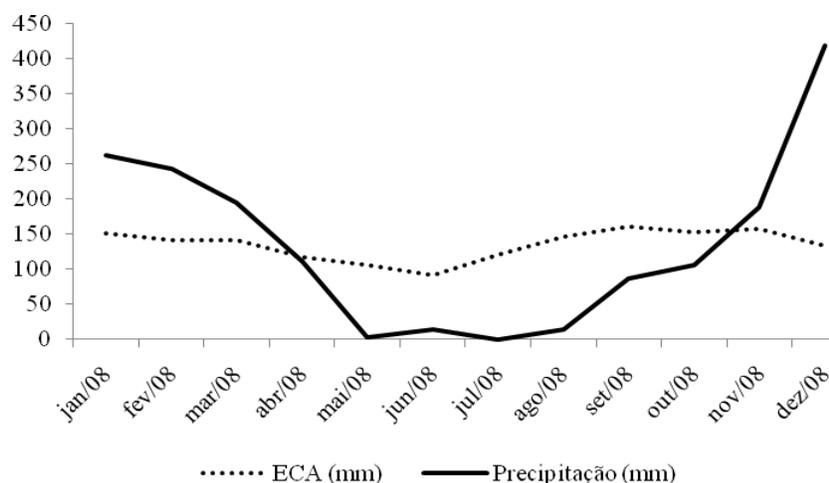


Gráfico 1 Comportamento da precipitação pluviométrica (mm) e evaporação do tanque Classe A – ECA (mm), para o ano de 2008, conforme dados fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia e Climatologia do Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras/MG, 2010

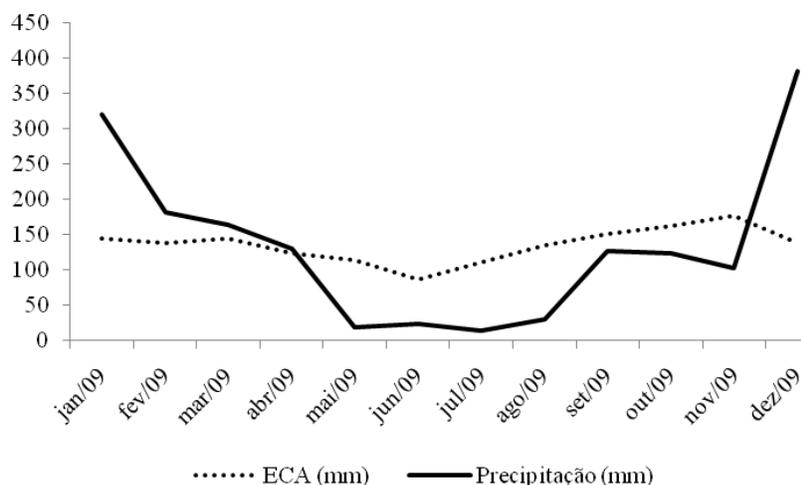


Gráfico 2 Comportamento da precipitação pluviométrica (mm) e evaporação do tanque Classe A – ECA (mm), para o ano de 2009, conforme dados fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia e Climatologia do Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras/MG, 2010

O balanço entre a evaporação do tanque Classe A e a precipitação pluviométrica ($ECA - P$) apresenta valores da ordem de 560,27 mm e 494,51

mm, para os períodos de abril a outubro de 2008 e de maio a novembro de 2009, respectivamente. Mesmo a região apresentando precipitação média anual de 1529,7 mm (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), a irrigação se faz necessária, devido aos déficits hídricos encontrados, que podem comprometer a produção não só do pinhão manso, como da maioria das culturas.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1999). A Tabela 1 apresenta os resultados das características químicas do solo da área, na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Segundo ajuste do modelo de Van Genuchten descrito por Libardi (1999), as curvas características de retenção de água do solo para as camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade podem ser observadas nos Gráficos 3 e 4, respectivamente, e suas respectivas equações ajustadas podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 1 Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, UFLA, Lavras/MG, 2010

| Características¹ | Camada de 0-20 cm |
|---|--------------------------|
| MO (dag.kg ⁻¹) | 2,1 |
| pH em água | 6,5 |
| P (mg.dm ⁻³) | 6,8 |
| K (mg.dm ⁻³) | 101 |
| Ca ²⁺ (cmolc.dm ⁻³) | 4 |
| Mg ²⁺ (cmolc.dm ⁻³) | 0,9 |
| Al ³⁺ (cmolc.dm ⁻³) | 0 |
| CTC (cmolc.dm ⁻³) | 7,1 |
| V(%) | 73,1 |
| S (mg.dm ⁻³) | 22,7 |
| P _{remanescente} (mg.L ⁻¹) | 13,6 |
| Zn (mg.dm ⁻³) | 3,6 |
| Fe (mg.dm ⁻³) | 18,2 |
| Mn (mg.dm ⁻³) | 20,3 |
| Cu (mg.dm ⁻³) | 24,6 |
| B (mg.dm ⁻³) | 0,4 |

¹pH em H₂O: relação 1:2,5. CTC: capacidade de troca de cátions. P, K, Fe, Zn, Mn, Cu: extrator Mehlich⁻¹. Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺: KCl 1 mol L⁻¹. H + AL: método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7. Matéria orgânica: C orgânico x 1,724 – Walkley Black

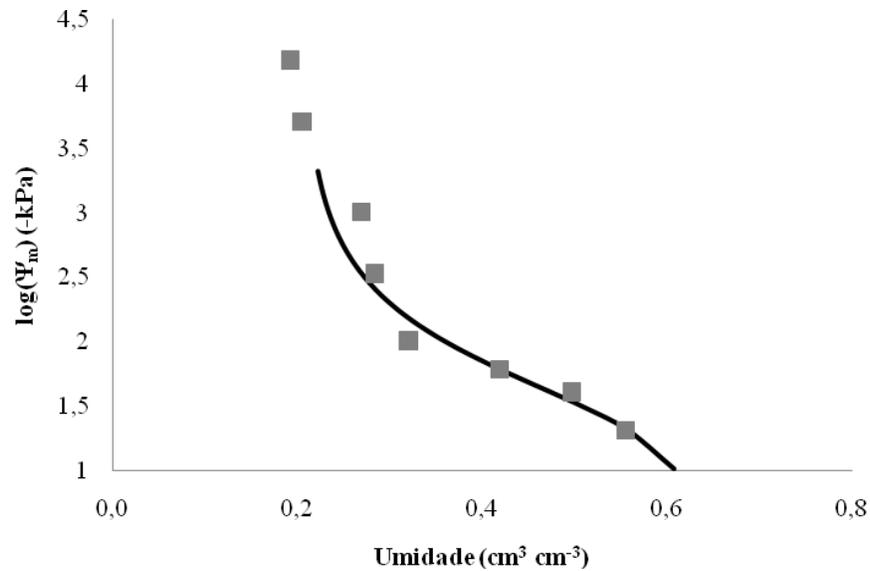


Gráfico 3 Curva característica de umidade do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm de profundidade, segundo modelo van Genuchten, UFLA, Lavras/MG, 2010

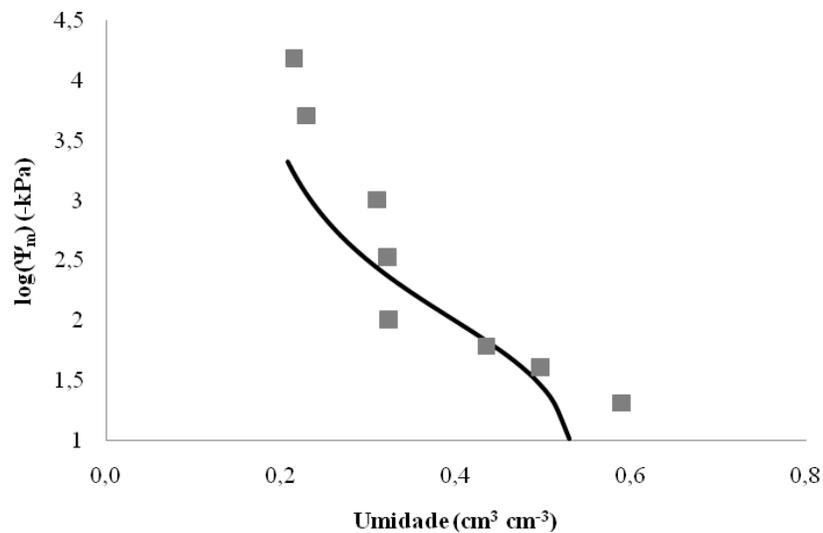


Gráfico 4 Curva característica de umidade do solo da área experimental na camada de 20 a 40 cm de profundidade, segundo modelo van Genuchten, UFLA, Lavras/MG, 2010

Tabela 2 Equações características de umidade do solo da área experimental nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, segundo modelo van Genuchten, UFLA, Lavras/MG, 2010¹

| Camada (cm) | Equação (van Genuchten) | R ² |
|-------------|--|----------------|
| 0 a 20 | $\theta = \frac{0,43001}{[1 + (0,036326 \cdot \log(\Psi_m) ^{1,764108})]^{0,43314}} + 0,206938$ | 98,07 |
| 20 a 40 | $\theta = \frac{0,39}{[1 + (0,02 \cdot \log(\Psi_m) ^{1,34})]^{0,33}} + 0,15$ | 93,38 |

¹ θ =umidade volumétrica (cm³.cm⁻³); Ψ_m =potencial matricial (kPa)

De acordo com as curvas características de umidade do solo da área experimental, pela Tabela 3, pode-se observar a estimativa das umidades na capacidade de campo (θ_{CC}) e no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) nas camadas de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm e de 0 a 40 cm de profundidade.

Tabela 3 Resultados da análise física do solo da área experimental, UFLA, Lavras/MG, 2010¹

| Camada (cm) | D _s (g cm ⁻³) | θ_{CC} (cm ³ cm ⁻³) | θ_{PMP} (cm ³ cm ⁻³) |
|-------------|--------------------------------------|---|--|
| 0 - 20 | 1,21 | 0,3873 | 0,2326 |
| 20 - 40 | 1,32 | 0,4262 | 0,2833 |
| 0 - 40 | 1,27 | 0,4067 | 0,2573 |

¹D_s=densidade global, θ_{CC} =capacidade de campo, θ_{PMP} =ponto de murcha permanente.

A adubação química para o plantio, correção do solo e cobertura com nitrogênio e fósforo foi realizada na mesma dosagem para todas as parcelas experimentais, de acordo com os resultados de análise de fertilidade, havendo apenas diferenciação na adubação com potássio. Tomou-se como referência teórica as recomendações de adubação para a cultura da mamoneira de acordo com Savy Filho (1997) e Martinez, Carvalho e Souza (1999), por ser uma

cultura da mesma família do pinhão manso (Euforbiácea), também produtora de sementes ricas em óleo. Este procedimento foi adotado por não existir, até o momento, recomendações específicas de adubação para a cultura do pinhão manso.

3.2 Plantas utilizadas no experimento

As mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) provenientes de sementes foram produzidas no setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais. A semeadura foi realizada em tubetes de 120 ml, utilizando-se substrato comercial, seguindo as recomendações de Anez et al. (2005). O plantio foi efetuado em sulco, manualmente, 47 dias após a semeadura, em 27 de dezembro de 2006. As mudas possuíam uma altura média de 17 cm acima do colo da plântula no ato do plantio. O espaçamento utilizado foi de 3,0m entre linhas de plantio e 1,5m entre plantas.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido com base no delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. A Figura 1 apresenta o esquema experimental. Os tratamentos constaram de quatro lâminas de irrigação e quatro doses de potássio. As lâminas de irrigação foram aplicadas com base na porcentagem do saldo da evaporação acumulada do tanque Classe A (ECA) e das precipitações, sendo as seguintes: L0 = sem irrigação, L40 = 40% do saldo, L80 = 80% do saldo e L120 = 120%

do saldo. As doses de potássio foram de: $K_{30} = 30 \text{ kg ha}^{-1}$, $K_{60} = 60 \text{ kg ha}^{-1}$, $K_{90} = 90 \text{ kg ha}^{-1}$ e $K_{120} = 120 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio, onde a fonte de potássio foi o cloreto de potássio (58% de K_2O) e as dosagens foram repetidas em cobertura, a cada ciclo de produção da cultura.

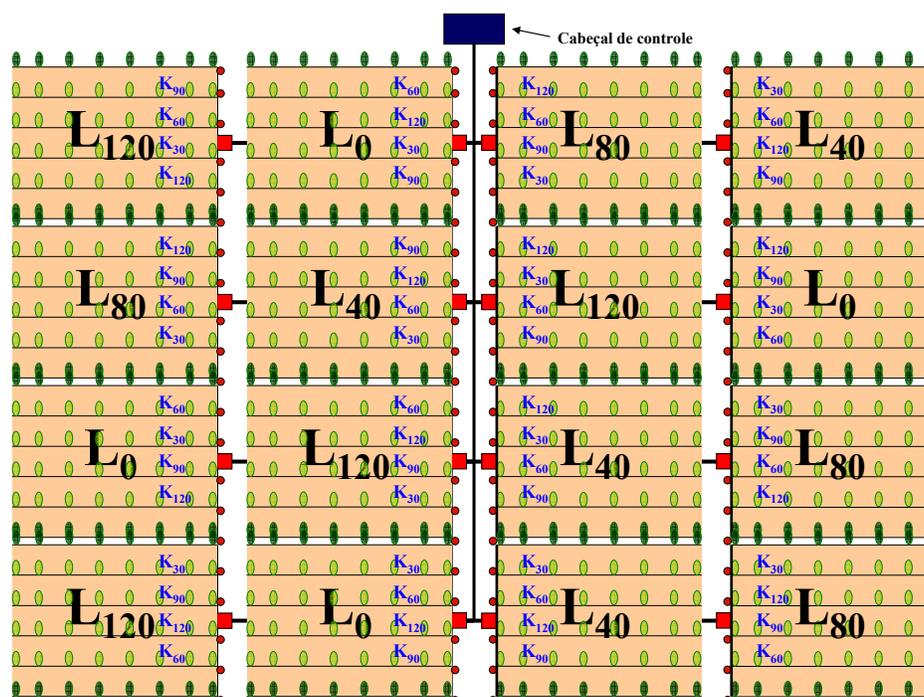


Figura 1 Esquema experimental de montagem do experimento, UFLA, Lavras/MG, 2010

Procedeu-se à casualização das lâminas de irrigação dentro dos blocos (repetições) e as doses de potássio dentro de cada lâmina de irrigação, ou seja, as lâminas de irrigação foram aplicadas nas parcelas e as doses de potássio nas subparcelas. Cada parcela experimental foi constituída de seis linhas de pinhão manso, espaçadas de 3 m, com comprimento de 12 m, compostas por 48 plantas, com área total de 216 m^2 . A área útil da parcela experimental foi de 108 m^2 , consideradas as 4 linhas centrais, com 16 plantas consideradas úteis. Cada linha

central, com 4 plantas de pinhão manso por linha de plantio foi considerada uma subparcela útil.

Os dados coletados foram analisados estatisticamente pela análise de variância e aqueles fatores que apresentaram diferença significativa pelo teste F foram feitos ajustes de equações utilizando análise de regressão, onde se analisaram os níveis de irrigação, as doses de potássio, bem como a interação entre eles como fatores quantitativos. As informações qualitativas foram analisadas pelo teste Tukey ao nível de 5%, pela comparação das médias. Foi utilizado o programa computacional Sisvar para Windows, versão 4.0 para auxílio nas análises estatísticas (FERREIRA, 2000).

3.4 Sistema e manejo da irrigação

Após o plantio das plantas no campo, a área foi irrigada visando a elevar a umidade do solo correspondente à capacidade de campo para todos os tratamentos (13 de março de 2007). Em 14 de março de 2007, foi iniciada a diferenciação dos tratamentos referentes às lâminas de irrigação.

O sistema de irrigação foi por gotejamento, sendo composto por um conjunto motobomba, com recalque da água até o cabeçal de controle e constituído de filtros de areia e de disco, injetor de fertilizantes, controlador de vazão, manômetros e conexões. A linha principal e de derivação foram de 32 mm de diâmetro com tubos de polietileno. As linhas laterais foram compostas por tubos gotejadores DRIPNET PC 17350 da Netafim, com 16 mm de diâmetro, com emissores autocompensantes do tipo In-line, com vazão de 1,6 L h⁻¹, inseridos no tubo no momento da extrusão, distanciados de 0,5 m. A faixa de pressão recomendada do emissor foi de 0,4 a 2,5 kgf cm⁻². Na entrada de cada

linha lateral, foi instalado um registro, para permitir a entrada de fertilizantes somente nas linhas laterais desejadas.

O espaçamento de 0,5 m entre emissores permitiu que a superfície molhada formasse uma faixa contínua ao longo da linha de plantio.

O manejo da irrigação foi feito levando-se em conta a evaporação diária medida em um tanque Classe A e a precipitação medida em pluviômetro, instalados na Estação Climatológica Principal de Lavras, localizada no campus da UFLA e próximo à área experimental.

As irrigações foram realizadas duas vezes por semana (terças e sextas-feiras). As lâminas de água aplicadas foram determinadas através do saldo entre a evaporação do tanque Classe A (ECA) e as precipitações ocorridas no período entre duas irrigações consecutivas. Para um balanço positivo ($ECA > \text{precipitação}$), os níveis respectivos de lâmina, ou seja: 40%, 80% ou 120% do saldo foram aplicados sobre cada tratamento, ($ECA - \text{precipitação}$). Os valores referentes às lâminas de irrigação, precipitação pluviométrica e total de água aplicada à cultura, para os anos de produção de 2008 e 2009 podem ser observados na Tabela 4.

O tempo de irrigação (T_i) foi estimado segundo as equações sugeridas por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), considerando uma eficiência de 95% para o sistema de irrigação e área molhada pelo gotejador de $0,25\text{m}^2$.

Tabela 4 Lâminas de irrigação, precipitação e total de água aplicada à cultura, em mm, para os anos de produção de 2008 e 2009, UFLA, Lavras/MG, 2010¹

| Situação | P (mm) | Total de água aplicada | | | | |
|--|---------------|------------------------|--------|---------|---------|---------|
| | | L0 | L40 | L80 | L120 | |
| Produção de 2008 | 1560,3 | L | 0 | 394,44 | 788,88 | 1183,33 |
| | | L+P | 1560,3 | 1954,74 | 2349,18 | 2743,63 |
| Produção de 2009 | 1625,8 | L | 0 | 398,62 | 797,24 | 1195,86 |
| | | L+P | 1625,8 | 2024,42 | 2423,04 | 2821,66 |
| Acumulada (Jan/08 à Dez/09) | 3186,1 | L | 0 | 793,06 | 1586,12 | 2379,18 |
| | | L+P | 3186,1 | 3979,16 | 4772,22 | 5565,28 |

¹L0, L40, L80 e L120=tratamentos referentes à lâminas de irrigação; L=lâminas de irrigação; P=precipitação pluviométrica; L+P=somatório das lâminas de irrigação com as precipitações pluviométricas.

3.5 Fertirrigação

A fertirrigação foi feita usando-se bomba injetora de fertilizantes, onde a quantidade de nutrientes foi dividida em 2 aplicações durante cada ciclo de produção do experimento. As dosagens de potássio sob a forma de cloreto de potássio foram aplicadas de acordo com os tratamentos estabelecidos. A solução para a fertirrigação foi preparada diluindo-se cada quantidade em 100 litros d'água.

REFERÊNCIAS

ACKOM, E. K.; ERTEL, J. An alternative energy approach to combating desertification and promotion of sustainable development in drought regions. In: FORUM DER FORSCHUNG, 18., 2005, Eigenverlag. **Proceedings...** Eigenverlag: BTU Cottbus, 2005. p. 74-78.

ANEZ, L. M. M. et al. Caracterização morfológica dos frutos, das sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 563-568, jul./set. 2005.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA. **Pinhão manso**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2007. 520p.

ARAÚJO, E. C. E.; RIBEIRO, A. M. B. Avaliação fenológica do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no município de Teresina-PI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008 Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

BELTRÃO, N. E. M. et al. **Recomendação técnica sobre o plantio de pinhão-manso no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2007. Disponível em: <[htm://www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)>. Acesso em: 17 jul. 2010.

BERNARDO, S.; SOARES A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. atual e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética de 2009**.

Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_Resenha_Energetica/Resenha_Energetica_2009_PRELIMINAR.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2010.

CÁCERES, D. R.; PORTAS, A. A.; ABRAMIDES, J. E. **Pinhão-manso**.

Campinas: Infobibos, 2007. Disponível em:

<http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso/index.htm>. Acesso em: 17 jul. 2010.

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro Catuaí. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.

COSTA, E. N.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-69, 1986.

DALCHIAVON, F. C. et al. Influência das variáveis meteorológicas no desenvolvimento inicial de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2008. 1CD-ROM.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DIAS, L. A. S. et al. **Cultivo de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) para a produção de óleo combustível**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 40p.

DRUMMOND, O. A. et al. **Cultura do pinhão manso**. Belo Horizonte: Epamig, 1984. (Pesquisando, 131).

DRUMOND, M. A. et al. Comportamento do pinhão manso no semi-árido brasileiro: resultados do 1º ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, 2008, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2008. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Coletânea sobre pinhão-manso na EPAMIG**. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <www.epamig.br/informativos/pinhaomanso.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2010.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000. p. 255-258.

HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of plant genetics and crop plant research**. Rome: International plant genetic institute, 1996.

HENNING, R. Use of *Jatropha curcas* oil raw material and fuel: an integrated approach to create income and supply energy for rural development – Experiences of the *Jatropha* Project in Mali, West Africa. In: INTERNACIONAL FOLKCENTER FOR “RENEWABLE ENERGY - A VEHICLE FOR LOCAL DEVELOPMENT”, 2., 2000, Denmark. **Proceedings...** Denmark: [s. n.], 2000. p. 1-4.

LAPOLA, D. M.; PRIESS, J. A.; BONDEAU, A. Modeling the land requirements and potential productivity of sugarcane and *jatropha* in Brazil and India using the LPJmL dynamic global vegetation model. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, v. 33, n. 8, p.1087-1095, Aug. 2009.

LELE, S. **The cultivation of *Jatropha curcas***. 2006. Disponível em: <www.svlele.com/jatropha_plant.htm>. Acesso em: 17 jul. 2010.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba: Esalq, 1999. 497 p.

LIMA, C. H. L. et al. Avaliação da produtividade do pinhão manso (*Jatropha Curcas* L.) no primeiro ano de plantio no estado do Maranhão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007, Teresina. **Anais eletrônicos...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/agrobiotrabalhos.php>>. Acesso em: 24 set. 2009.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: Anda/Potafós, 1989. 153 p.

MAGALHÃES, M. I. **Uniformidade de fertirrigação em sistema de irrigação por gotejamento**. 1996. 60p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. p. 668-685.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1989. 201p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS/LAVRAS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359p.

MARTINS, E. R. F.; CRUZ, N. D. Pesquisas em desenvolvimento com pinhão-paraguaio no Instituto Agronômico. **O Agrônomo**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 109-113, 1985.

OLIVEIRA, E. L. et al. Crescimento do pinhão-manso em resposta à aplicação de diferentes lâminas de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2008. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, J. S. et al. Characteristics and composition of *Jatropha gossypifolia* and *Jatropha curcas* L. oils and application for biodiesel production. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, v. 33, n. 3, p. 449-453, Mar. 2009.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, v. 19, n. 1, p. 1-15, July 2000.

PACHECO, D. D. et al. Produção de massa vegetal e composição mineral de plantas de pinhão-manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3., 2006, Varginha. **Anais...** Varginha: Ufla, 2006. 1 CD-ROM.

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

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 31-41, 2005.

REICHARDT, K. **A água na produção vegetal**. São Paulo: McGraw-hill do Brasil, 1978. 119 p.

RIVERA, R. N. C. **Modelagem da dinâmica da água e do potássio na irrigação por gotejamento superficial**. 2004. 106p. Tese (doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão manso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SATURNINO, H. M. et al. **Implantação de unidades de validação de tecnologia pinhão-manso**. Nova Porteirinha: Epamig, 2006. Projeto de Pesquisa.

SAVY FILHO, A. **Cultura da mamoneira**: subsídios para o desenvolvimento da tecnologia de produção para a Região Norte de Minas Gerais. Itacarambi: Petrovasf, 1997. 49p.

SCHWANKL, L. J. Surface drip irrigation. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production**. California: University of California, 2006. p. 431-472.

SILVA, J. G. F.; MANTOVAVI, E. C.; RAMOS, M. M. **Irrigação localizada**. Piracicaba: Degaspari, 2003. v. 2. (Série Engenharia Agrícola Irrigação).

TEIXEIRA, J. P. F. Teor e composição do óleo de sementes de *Jatropha* spp. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 151-157, 1987.

TOMINAGA, N. et al. **Cultivo do pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas, 2007. 220p.

TRZECIAK, M. B. et al. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 18, n. 1/3, p. 30-38, 2008.

VALE, L. S. et al. Efeito da salinidade da água sobre pinhão-manso. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ ABIPTI, 2006. v. 1, p. 87-90.

ZANINI, J. R. Distribuição de água e do íon K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento: (II)- teores de K^+ no bulbo molhado. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 24-38, 1991.

CAPÍTULO 2 PRODUÇÃO DE GRÃOS DE PINHÃO MANSO SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO

O experimento foi conduzido no setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG (21° 14' Sul; 45° 00' Oeste; 892 m). Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes lâminas de água e doses de potássio na produção de grãos da cultura do pinhão manso. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com 4 repetições. Os tratamentos constaram de 4 lâminas de água e 4 doses de potássio aplicadas via água de irrigação. Aplicaram-se as lâminas de água com base na porcentagem do saldo da evaporação acumulada do tanque Classe A (ECA) e das precipitações, sendo as seguintes: L0 = sem irrigação, L40, L80 e L120, representando 40, 80 e 120% do saldo, respectivamente. As doses de potássio foram de: K30, K60, K90 e K120, sendo, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de potássio respectivamente. Concluiu-se que a utilização de irrigação no pinhão manso em Lavras, Minas Gerais proporcionou o aumento da produtividade de grãos para o ano de 2009 e em termos acumulados de 2008 e 2009. A adubação potássica proporcionou aumento da produção de grãos na análise acumulada dos dados. Houve aumento relativo da eficiência no uso da água em produzir grãos até determinada lâmina de água e posterior decréscimo. Houve aumento relativo da eficiência no uso da água em produzir grãos em função das doses de potássio.

Palavras-chave: Fertirrigação. *Jatropha curcas*. Manejo da água.

ABSTRACT

This experiment was evaluated at the Fruit Sector from the Agriculture Department, from the Federal University of Lavras, in Lavras, Minas Gerais (21°14'S; 45°00'W; 892 m). The aim of this research was to value the technical evaluation of the drip irrigation and the different drip irrigation levels and potassium dosages effects, at the Physic nut seed productivity. The experimental design was the one of randomized blocks, in spit plot design, with four replicates. The treatment levels were four water levels (plots) and four potassium dosages (subplots). The irrigation was applied based on the amount estimated by the water depths – L0 (non irrigated), L40, L80 and L120 (40, 80 and 120% of the balance respectively). The potassium dosages were K30, K60, K90 and K120 (30, 60, 90 and 120 kg.ha⁻¹ respectively). It was possible to observe that the irrigation increase resulted in increase in the Physic nut seed productivity and that the Jatropha irrigation in Lavras – MG increased the 2009 and accumulated Physic nut grain productivity. The potassium fertilization increased the accumulated Physic nut grain productivity. The irrigation increased the water use efficiency in Physic nut grain production up to a water level and decreased after that. The potassium fertilization increased the water use efficiency in Physic nut grain production.

Keywords: Fertigation. *Jatropha curcas*. Water management.

1 INTRODUÇÃO

O estímulo para o uso e a busca de fontes de energia renovável -- com destaque para os biocombustíveis em substituição aos de origem fóssil -- tem sido umas das mais importantes prioridades da sociedade moderna em face da questão do aquecimento global. A crescente exploração de óleos vegetais na produção de combustíveis alternativos decorre da crescente preocupação com as questões ambientais e da rápida diminuição das reservas de combustíveis fósseis do mundo.

As culturas que se destinam à produção de energia podem ser classificadas em três grupos em função do tipo de matéria-prima energética que pode ser obtida, tais como: Etanol – derivado da fermentação de culturas ricas em celulose, açúcar e amido; Biomassa – provenientes de espécies com alta produção de matéria seca, usada em processos como combustão, pirólise e gaseificação e, por fim, Biodiesel – baseado em culturas vegetais, principalmente, oleaginosas das quais se extrai o óleo e o transesterifica (VENTURI; VENTURI, 2003).

O Brasil possui grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas das quais se pode extrair óleo para a produção de biodiesel, potencial extrativo que pode variar de acordo com o tipo de oleaginosa, de clima e de solo de cada região. Uma dessas culturas para a produção de biodiesel é o pinhão manso, que é uma planta arbustiva pertencente à família das Euphorbiaceae, do gênero *Jatropha*, espécie *Jatropha curcas* L. De acordo com muitos autores, o pinhão manso é considerado uma cultura rústica, que se adapta a diferentes condições edafoclimáticas. Contudo, em condições de plantio comercial, cujo objetivo é a alta produtividade, a planta exige água e solos com boa fertilidade (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005; LAVIOLA; DIAS, 2008).

Reichardt (1978) expõe que a água é indispensável para a produção e, por isso, a sua falta ou excesso afeta significativamente a produtividade de uma cultura, tornando indispensável o seu manejo racional para se conseguir a maximização da produção. Os frequentes problemas como a estiagem afetam direta e negativamente as culturas que não são irrigadas, mesmo em regiões climaticamente aptas para a maioria das culturas, como é o caso do sul do estado de Minas Gerais. Vários autores apresentaram resultados de pesquisa onde a adoção de irrigação na região sul do estado de Minas Gerais apresentaria incrementos significativos com relação à produtividade das culturas (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; CUSTÓDIO; GOMES; LIMA, 2007; SATO et al., 2007; SILVA et al., 2008).

Até o presente momento, são poucas as informações técnicas sobre as necessidades nutricionais do pinhão manso cultivado em condições de campo. Em pesquisa desenvolvida por Pacheco et al. (2006), constatou-se que o potássio é o primeiro macronutriente, em teor, contido nas plantas de pinhão manso. De acordo com o autor, este nutriente participa de diversas fases do metabolismo das plantas, como o controle de turgidez dos tecidos, síntese de carboidratos e proteínas, respiração e regulação da abertura e fechamento dos estômatos. Também é importante no desenvolvimento das raízes e essencial para a frutificação e maturação dos frutos, pois é responsável pela conversão do amido em açúcares, além de funcionar como ativador de enzimas.

A produtividade do pinhão manso varia muito em função da região de plantio, método de cultivo, tratos culturais, idade da cultura, bem como a fertilidade do solo e quantidade de chuva e (ARRUDA et al., 2004).

Em condições de sequeiro, Openshaw (2000) afirma que em Mali, a produtividade média de sementes fica compreendida entre 2,5 e 3,5 t ha⁻¹ e Peixoto (1973) afirma que o rendimento dessa cultura varia de 500 a 1.200 kg de sementes limpas por hectare, também em condições de sequeiro, havendo,

portanto, uma discrepância de informações. Em experimento conduzido pela EPAMIG (2006), no município de Felixlândia, região central de Minas Gerais, sem adoção de irrigação, a produção do pinhão manso chegou apenas a 500 kg de sementes por hectare, dado compatível com as informações de Peixoto (1973). Saturnino et al. (2006) relatam que sob condições de irrigação, pode-se produzir mais de 2,5 t ha⁻¹ de sementes, com a produção estabilizando-se entre 4 a 5 anos. Em área experimental de pinhão manso conduzido sob irrigação por sulcos de infiltração, na região de Janaúba, Norte de Minas Gerais, as plantas, aos 18 meses de idade, já haviam produzido 2.500 kg de sementes por hectare (EPAMIG, 2006). Em pesquisa desenvolvida no Maranhão, em 2005, a primeira colheita forneceu 500 kg ha⁻¹ de semente e em 2006, a produtividade foi de 975 kg ha⁻¹ (Lima et al., 2007). Em pesquisa na Zona da Mata mineira, Dias et al. (2007) obtiveram os seguintes dados de produtividade, tais como: 1º ano (200 kg ha⁻¹) e 2º ano (1800 kg ha⁻¹). Segundo Cáceres, Portas e Abramides (2007), a produção do pinhão manso é pequena no início, com aumento ao longo das sucessivas safras até a estabilização da produção entre os 5 e 6 anos de idade, atingindo uma produção de sementes em torno de 6 a 7 t ha⁻¹. Objetivando-se avaliar o potencial produtivo do pinhão manso em condições do semi-árido brasileiro, um trabalho desenvolvido por Drumond et al. (2008) chegou aos seguintes resultados para o primeiro ano de produção: 1156 kg ha⁻¹ com irrigação e 330 kg ha⁻¹ sem irrigação. Este resultado é compatível com as informações de Peixoto (1973).

Alguns pesquisadores brasileiros -- entre eles Beltrão et al. (2007) -- afirmaram que até àquela data não haviam sido encontrados relatos científicos confiáveis que informassem a produtividade do pinhão manso, mas somente estimativas feitas com metodologia inadequada, como por exemplo, extrapolar a produção de uma planta isolada para produtividade em uma lavoura comercial. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o comportamento da

produtividade de grãos de pinhão manso em função da diferenciação de lâminas de irrigação e doses de potássio, em Lavras, Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produtividade de grãos

A colheita dos frutos foi feita manualmente nas 4 plantas úteis de cada subparcela experimental, quando a coloração dos frutos passaram de verde para amarelo. Para o ano de 2008, obteve-se apenas uma produção referente à produção da estação chuvosa, que foi retirada do campo no período de 14 de janeiro a 19 de junho de 2008. Este foi o primeiro ano de produção da cultura. Para o ano de 2009, foram obtidas duas produções referentes a uma produção da estação chuvosa e a uma de estação seca, em que a produção da estação chuvosa foi retirada do campo no período de 9 de fevereiro a 9 de julho de 2009 e a produção da estação seca foi retirada do campo no período de 30 de dezembro de 2009 a 14 de janeiro de 2010. Este foi o segundo ano de produção da cultura.

Posteriormente às colheitas, foi realizada a secagem dos frutos e a separação dos grãos. Em seguida, foi determinada a umidade dos grãos, em estufa de secagem e esterilização, à temperatura de 105° C por 24 horas. Após a obtenção da umidade dos grãos, procedeu-se o cálculo da produção, corrigindo-se o peso para a umidade de 13% (base úmida).

A produtividade dos grãos (kg ha⁻¹) de cada tratamento foi estimada considerando a área ocupada por cada planta e o número total de plantas consideradas por tratamento, calculada através das equações (1) e (2), de acordo com metodologia usada por Silva (2005).

$$P_{\text{final}} = \frac{P_{\text{ini}} \cdot (100 - U_{\text{ini}})}{(100 - 13)} \quad (1)$$

$$P_{rod} = \frac{(10000 \cdot P_{final})}{(e_p \cdot e_l \cdot n_p)} \quad (2)$$

em que: P_{rod} =produtividade final de sementes, $kg\ ha^{-1}$;

P_{final} =peso final das sementes, kg;

e_p =espaçamento entre plantas, m;

e_l =espaçamento entre linhas de plantio, m;

n_p =número total de plantas consideradas por tratamento;

P_{ini} =peso inicial das sementes, kg;

U_{ini} =umidade inicial das sementes, %;

2.2 Eficiência no uso da água em produzir grãos

A água recebida pela cultura foi determinada por meio de monitoramento diário dos fatores meteorológicos. Para cada ano de produção, foram obtidas as lâminas totais relativas à água recebida por meio da irrigação e da precipitação pluviométrica (Tabela 6). A produção final de grãos foi relacionada à lâmina de água recebida pela cultura e expressa em $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$.

2.3 Máxima produção física de grãos

Foram ajustadas equações de regressão, relacionando a produtividade de grãos do pinhão manso às lâminas de irrigação e doses de potássio. A partir da primeira derivada destas equações - igualadas a zero -, foi possível determinar a lâmina de irrigação e a dose de potássio recomendada para atingir a máxima produção física.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5 apresenta o resultado da análise de variância para os dados de produtividade e eficiência segundo os quais o total de água aplicada à cultura do pinhão manso converteu-se em produção de grãos durante os períodos de 2008 (1º ano de produção) e 2009 (2º ano de produção) e para o acumulado dos dois anos. E a Tabela 6 apresenta o resultado da análise de regressão para os parâmetros que apresentaram-se significativos pelo teste F.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para produção de grãos acumulada de 2008 e 2009 ($P_{\text{acum total}}$), produção total de grãos de 2008 (P_{2008}), produção total de grãos de 2009 (P_{2009}), eficiência no uso da água para a produção acumulada de grãos (EUA_{total}), produção total de grãos para os anos de 2008 (EUA_{2008}) e 2009 (EUA_{2009}), das plantas de pinhão manso, UFLA, Lavras/MG, 2010

| FV ¹ | GL | Quadrado Médio | | | | | |
|-----------------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | $P_{\text{acum total}}$ | $P_{\text{total 2008}}$ | $P_{\text{total 2009}}$ | EUA_{total} | EUA_{2008} | EUA_{2009} |
| L | 3 | 9,7.10 ^{5*} | 8,4.10 ^{4ns} | 5,1.10 ^{5*} | 0,037* | 0,0041 ^{ns} | 0,114* |
| R ₁ | 9 | 9,5.10 ⁴ | 3,8.10 ⁴ | 5,6.10 ⁴ | 0,0051 | 0,0079 | 0,0089 |
| K | 3 | 4,9.10 ^{5*} | 3,5.10 ^{4ns} | 2,6.10 ^{5ns} | 0,026* | 0,007 ^{ns} | 0,056* |
| LxK | 9 | 7,8.10 ^{4ns} | 8,3.10 ^{3ns} | 5,4.10 ^{4ns} | 0,0041 ^{ns} | 0,0022 ^{ns} | 0,0099 ^{ns} |
| R ₂ | 36 | 1, .10 ⁵ | 1,2.10 ⁴ | 8,4.10 ⁴ | 0,0061 | 0,003 | 0,0167 |
| Total | 60 | - | - | - | - | - | - |
| Média Geral | | 1352,13 | 288,75 | 1063,35 | 0,31 | 0,13 | 0,49 |
| CV1(%) | | 22,79 | 67,89 | 22,25 | 22,78 | 66,41 | 19,36 |
| CV2(%) | | 24,79 | 37,94 | 27,24 | 24,85 | 41,05 | 26,49 |

¹L=lâminas; R₁=resíduo 1; K=potássio; R₂=resíduo 2; ns=não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade.

Com relação à produção de grãos acumulada de 2008 e 2009 ($P_{\text{acum total}}$), a lâmina de irrigação e as doses de potássio influenciaram significativamente ($P<0,05$) (Tabela 5). Com relação à produção total de grãos de 2008 ($P_{\text{total 2008}}$) e

à produção total de 2009 ($P_{total\ 2009}$), a produtividade de 2008 ($P_{total\ 2008}$) não apresentou diferença significativa em relação a nenhum fator e, em termos estatísticos, a produtividade de 2009 ($P_{total\ 2009}$) foi influenciada apenas pela lâmina de irrigação. Relativamente à eficiência no uso da água, pode-se observar que em todas as situações, exceto para a produção total de grãos de 2008, houve influência significativa ($P<0,05$) para a fonte de variação lâmina de água (irrigação+precipitação) (Tabela 5). Para a eficiência no uso da água na produção acumulada de grãos e a produção total de grãos para o ano de 2009, observou-se também influência significativa ($P<0,05$) das doses de potássio. Cabe salientar que o total de água considerado para cada parâmetro citado acima corresponde ao ano de referência, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 6 Resumo da análise de regressão para produção acumulada ($P_{acum\ total}$) e total de grãos de 2009 ($P_{total\ 2009}$), e para a eficiência no uso da água para a produção acumulada (EUA_{total}) e total de 2009 (EUA_{2009}), UFLA, Lavras/MG, 2010¹

| Modelo | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|--------------|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--|
| | | $P_{acum\ total}$ | | $P_{total\ 2009}$ | | EUA_{total} | | EUA_{2009} | |
| | | L | K | L | L | K | L | K | |
| 1 | 1 | 1,5.10 ^{6*} | 1,1.10 ^{6*} | 6,0.10 ^{5*} | 0,034* | 0,056* | 0,14* | 0,122* | |
| 2 | 1 | 9,8.10 ^{5*} | 1,2.10 ^{5ns} | 6,0.10 ^{5*} | 0,046* | 0,005 ^{ns} | 0,11* | 0,011 ^{ns} | |
| 3 | 1 | 4,1.10 ^{5ns} | 2,7.10 ^{5ns} | 3,4.10 ^{5ns} | 0,03 ^{ns} | 0,015 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | 0,034 ^{ns} | |
| R | 57 | 1,2.10 ⁵ | 1,5.10 ⁵ | 8,4.10 ⁴ | 0,0051 | 0,0061 | 0,01 | 0,0167 | |
| Total | 60 | - | - | - | - | - | - | - | |

¹1=linear; 2=polinomial de 2º grau; 3=raiz quadrada; R=resíduo; ns=não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade; L=lâminas; K=doses de potássio.

Pelo Gráfico 5, pode-se observar o comportamento da produtividade acumulada de grãos de pinhão manso em função das lâminas de irrigação aplicadas, podendo-se observar um aumento entre o intervalo de 0 a 1500 mm, atingindo um patamar aproximadamente constante, com aparente tendência de

decréscimo. A máxima produção física de grãos ($1535,58 \text{ kg ha}^{-1}$), segundo determinação matemática, foi alcançada com a lâmina de irrigação de $1634,35 \text{ mm}$, referente ao fator de reposição de água de $82,43\%$. O incremento comparando o resultado da máxima produção física de grãos e a produção estimada para a situação sem irrigação ($1022,2 \text{ kg ha}^{-1}$) é da ordem de $50,22\%$.

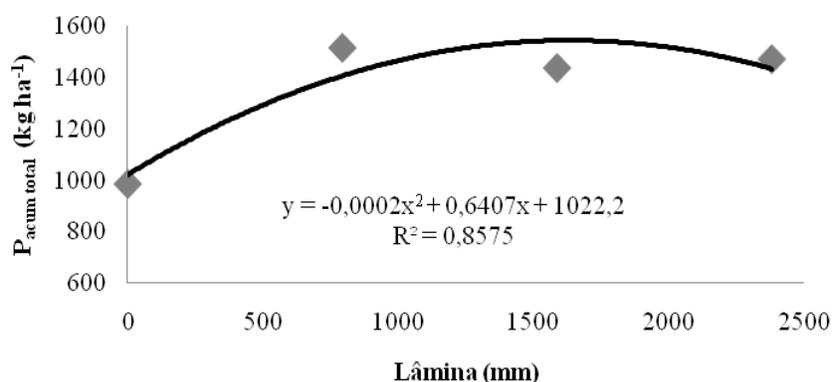


Gráfico 5 Representação gráfica e equação de regressão da produtividade acumulada de grãos de pinhão manso (kg ha^{-1}), em função das lâminas de irrigação aplicadas (mm), UFLA, Lavras/MG, 2010

Conforme a literatura revisada, embora esta cultura seja indicada para regiões com restrições de água, verificou-se um resultado positivo para o uso da irrigação. Contudo, os resultados alcançados neste estudo diferem de e são menores que os encontrados por Drumond et al. (2008) que encontraram valores maiores de incremento comparando o tratamento irrigado ao não irrigado. Tal diferença pode ser justificada devido à variações climáticas entre as regiões experimentais, evidenciando que a região de plantio é um fator determinante para a produtividade de grãos de pinhão manso. Outro fator determinante refere-se ao solo -- que, no caso deste estudo, é mais argiloso --, podendo se constituir numa condição limitante para esta cultura (ARRUDA et al., 2004).

O Gráfico 6 apresenta o comportamento da produtividade acumulada de grãos em função das doses de potássio, podendo-se observar um aumento relativo, contudo, não foi observado um patamar que se possa concluir sobre o ponto de máxima produtividade de grãos em função das doses de potássio. O tratamento referente à dose de potássio de 120 kg ha⁻¹ resultou na maior produtividade (1558,6 kg ha⁻¹), de acordo com a estimativa matemática. Verifica-se um incremento da ordem de 46,62% comparando os resultados do tratamento de K120 em relação ao K30.

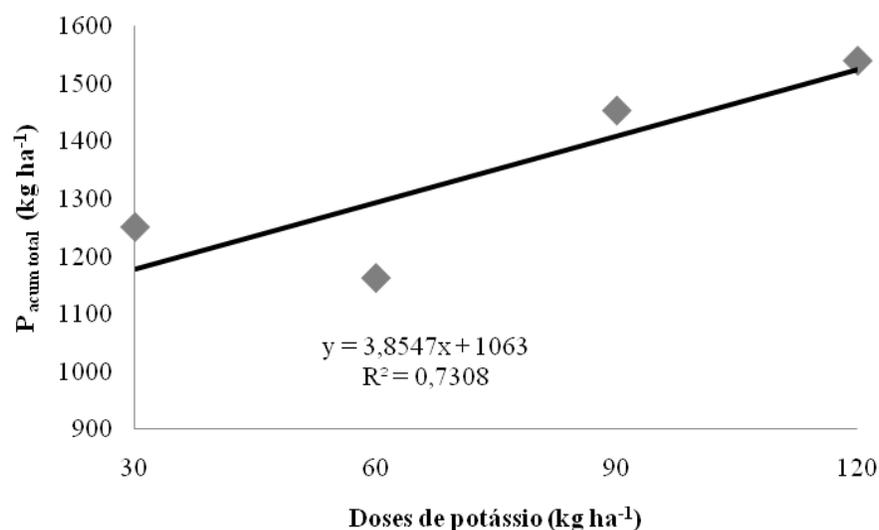


Gráfico 6 Representação gráfica e equação de regressão da produtividade acumulada de grãos de pinhão manso (kg ha⁻¹), em função das doses de potássio aplicadas (kg ha⁻¹), UFLA, Lavras/MG, 2010

Para o ano de 2009, referente ao segundo ano de produção da cultura, o comportamento dos dados de produtividade foi semelhante ao observado para os dados de produtividade acumulada, podendo-se observar pelo Gráfico 7, que também mostra um aumento relativo na produtividade até aproximadamente 800 mm, atingindo um patamar aproximadamente constante, com aparente tendência

de decréscimo. Neste caso, a máxima produção física de grãos ($1210,32 \text{ kg ha}^{-1}$) foi atingida com a lâmina de irrigação de $789,92 \text{ mm}$ ($79,26\%$ do saldo), e observou-se um incremento da ordem de $44,78\%$ comparando o ponto máximo com o resultado do tratamento não irrigado ($835,94 \text{ kg ha}^{-1}$).

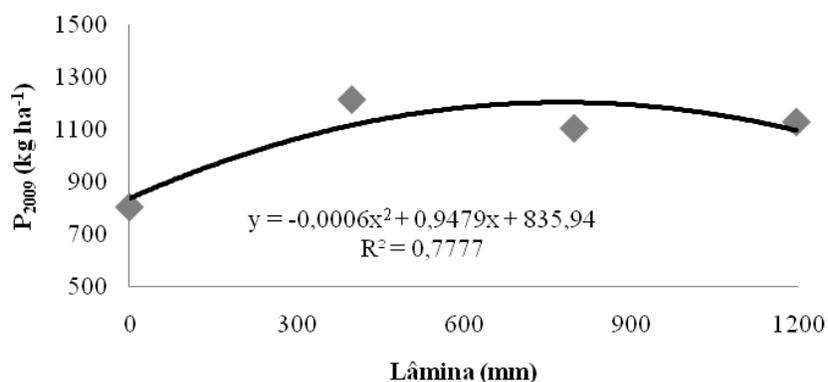


Gráfico 7 Representação gráfica e equação de regressão da produtividade total para o ano de 2009 (kg ha^{-1}), de grãos de pinhão manso, em função das lâminas de irrigação aplicadas (mm), UFLA, Lavras/MG, 2010

Pode-se verificar que, em média, $80,84\%$ do saldo refere-se ao tratamento referente à aplicação de lâminas de irrigação necessária para que o ponto máximo de produtividade de grãos de pinhão manso seja atingido, isso com base até o segundo ano de produção da cultura.

A Tabela 7 apresenta o resultado da análise de variância para comparação dos dois primeiros anos de produção de grãos (2008 e 2009).

Tabela 7 Resumo da análise de variância, comparando os anos de produção, das plantas de pinhão manso, UFPA, Lavras/MG, 2010

| FV ¹ | GL | Quadrado Médio |
|-----------------|----|--|
| | | P _{acum total} (kg ha ⁻¹) |
| A | 1 | 19198538,49* |
| AxL | 3 | 117510,47 ^{ns} |
| AxK | 3 | 56567,75 ^{ns} |
| AxLxK | 9 | 23177,73 ^{ns} |
| R ₃ | 48 | 68376,61 |
| Total | 64 | - |
| Média Geral | | 676,06 |
| CV1(%) | | 32,23 |
| CV2(%) | | 35,07 |
| CV3(%) | | 38,68 |

¹L=lâminas; K=potássio; A=ano; R₃=resíduo 3; ns=não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade.

As fontes de variação lâmina de irrigação aplicada e doses de potássio foram analisadas anteriormente com relação à produção acumulada de grãos de 2008 e 2009. Neste caso, observou-se diferença significativa (P<0,05) com relação aos anos de produção (Tabela 7). A Tabela 8 apresenta as médias de produtividade de grãos de pinhão manso, referentes aos anos de 2008 (1º ano de produção) e 2009 (2º ano de produção).

Tabela 8 Resultado do teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias de produtividade referentes ao 1º ano e 2º ano de produção

| Ano de Produção | Produtividade (kg ha ⁻¹) ¹ | Produtividade relativa (%) |
|-----------------|---|----------------------------|
| 1º ano (2008) | 288,78b | 100,00 |
| 2º ano (2009) | 1063,35a | 368,22 |

¹Médias seguidas por letras diferentes na vertical, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Pode-se observar pelo resultado do teste Tukey um aumento significativo da produção referente aos dois primeiros anos de produção (Tabela 8). Ainda pela Tabela 8, pode-se verificar um incremento médio da ordem de 268,22% para o ano de 2009, comparado ao ano de 2008. O Gráfico 8 ilustra o comportamento da produção de grãos de pinhão manso em função dos anos de produção. Os valores de produtividade de grãos encontrados neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Dias et al. (2007) apenas para o 1º ano de produção, diferindo um pouco dos valores encontrados para o 2º ano. Os valores encontrados condizem com o preconizado por Cáceres, Portas e Abramides (2007) que relatam uma produção inicial pequena do pinhão manso, devida, principalmente, ao fato de a planta estar em pleno crescimento, com uma tendência natural do aumento da produção à medida que a planta se desenvolve. Em trabalho desenvolvido por Lima et al. (2007) no Maranhão, observou-se que a produção do primeiro ano foi de 500 kg ha⁻¹ e de 975 kg ha⁻¹ para o segundo ano. Comparando os resultados, observa-se que os resultados iniciais atingidos por Lima et al. (2007) foram superiores aos alcançados por este estudo, o que pode ser explicado pela diferença de localidade, como também podem estar relacionados às variáveis de crescimento da cultura, ou seja, o crescimento inicial da cultura na região do Sul de Minas Gerais pode ter apresentado taxas maiores comparados à região do Maranhão. Se os esforços da planta estão voltados ao crescimento, pode haver uma consequente diminuição da produção.

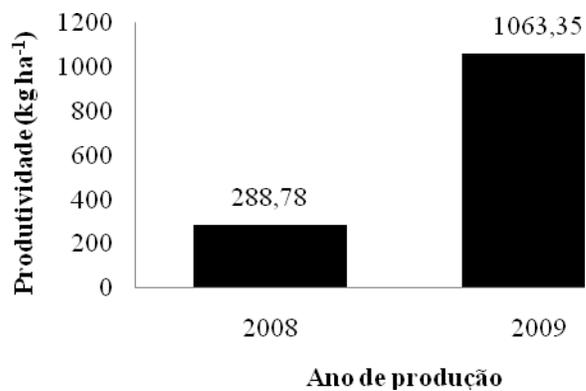


Gráfico 8 Representação gráfica da produtividade de grãos de pinhão manso, em função dos anos de produção, UFLA, Lavras/MG, 2010

O Gráfico 9 apresenta o comportamento temporal das colheitas feitas durante os anos de produção analisados.

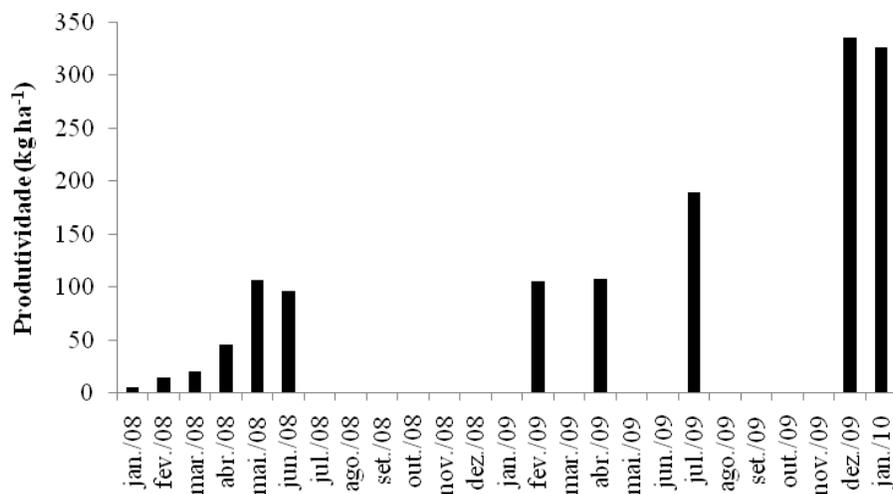


Gráfico 9 Comportamento temporal da produtividade de grãos de pinhão manso (kg ha⁻¹), em função das datas de colheita, UFLA, Lavras/MG, 2010

Analisando os dados de eficiência no uso da água na produção de grãos, em todos os casos em que a fonte de variação lâmina de água apresentou

influência significativa, observou-se aumento relativo na EUA até determinado valor de lâmina de água, a partir do qual observou-se um decréscimo (Gráficos 10 e 11). Em ambas as situações, o intervalo de lâmina de água onde se observa aumento na eficiência no uso da água compreende-se entre o intervalo dos tratamentos de lâmina de irrigação L0 e L40.

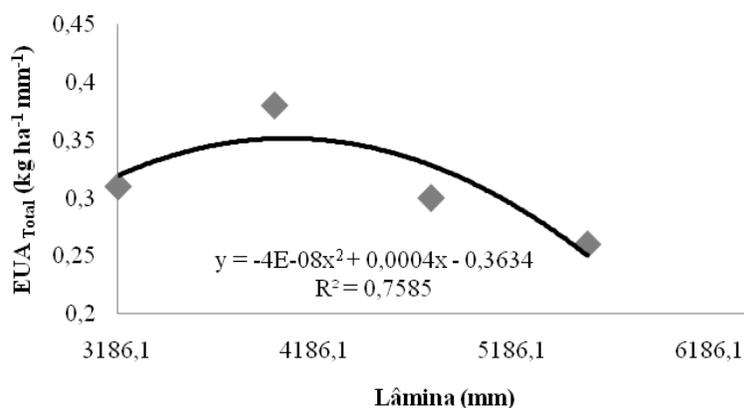


Gráfico 10 Representação gráfica e equação de regressão da eficiência no uso da água para produção acumulada de grãos de pinhão manso, em função das lâminas de água (mm), UFLA, Lavras/MG, 2010

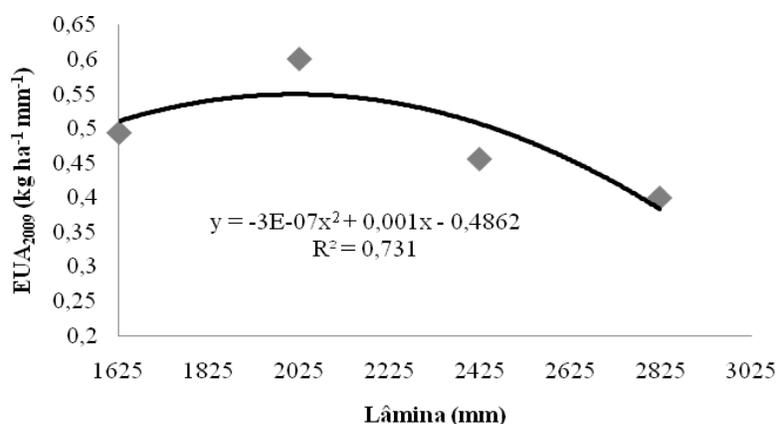


Gráfico 11 Representação gráfica e equação de regressão da eficiência no uso da água para produção total de grãos de pinhão manso para o ano de 2009, em função das lâminas de água (mm), UFLA, Lavras/MG, 2010

O Gráfico 12 apresenta o comportamento da eficiência no uso da água para produção acumulada e para total de 2009, em função das doses de potássio, sendo semelhante ao comportamento da produção acumulada de grãos. Verifica-se aumento relativo, não havendo indicação de um patamar que se possa concluir sobre o ponto de máximo em função das doses de potássio.

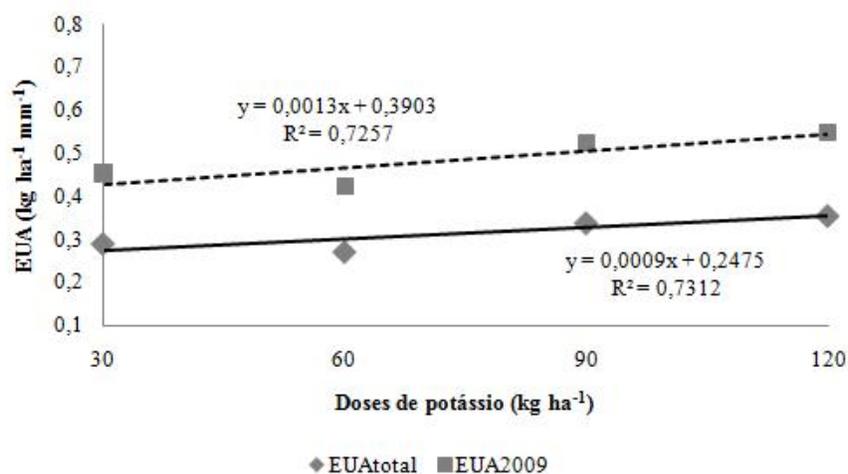


Gráfico 12 Representação gráfica e equação de regressão da eficiência no uso da água para produção acumulada e total para o ano de 2009, de grãos de pinhão manso, em função das doses de potássio (kg ha^{-1}), UFLA, Lavras/MG, 2010

4 CONCLUSÕES

Diante das condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos para a cultura do pinhão manso, pode-se concluir que:

- a) A adoção da irrigação proporcionou aumento da produtividade de grãos de pinhão manso para o ano de 2009 e para o acumulado dos anos de 2008 e 2009.
- b) A adubação potássica proporcionou aumento da produtividade de grãos na análise acumulada dos dados.
- c) Houve aumento relativo da eficiência no uso da água até determinado valor de lâmina de água e posterior decréscimo.
- d) Houve aumento relativo da eficiência no uso da água com as doses de potássio.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah, nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 327-331, Aug. 2005.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

BELTRÃO, N. E. M. et al. **Recomendação técnica sobre o plantio de pinhão-manso no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2007. Disponível em: <[htm://www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)>. Acesso em: 17 jul. 2010.

CÁCERES, D. R.; PORTAS, A. A.; ABRAMIDES, J. E. **Pinhão-manso**. Campinas: Infobibos, 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso/index.htm>. Acesso em: 17 jul. 2010.

CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M.; LIMA, L. A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 691-701, 2007.

DIAS, L. A. S. et al. **Cultivo de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) para a produção de óleo combustível**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 40p.

DRUMOND, M. A. et al. Comportamento do pinhão manso no semi-árido brasileiro: resultados do 1º ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, 2008, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2008. 1 CD-ROM.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS.

Coletânea sobre pinhão-manso na EPAMIG. Belo Horizonte, 2006.

Disponível em: <www.epamig.br/informativos/pinhaomanso.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2010.

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

LIMA, C. H. L. et al. Avaliação da produtividade do pinhão manso (*Jatropha Curcas* L.) no primeiro ano de plantio no estado do Maranhão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007, Teresina. **Anais eletrônicos...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/agrobiotrabalhos.php>>. Acesso em: 24 set. 2009.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, v. 19, n. 1, p. 1-15, July 2000.

PACHECO, D. D. et al. Produção de massa vegetal e composição mineral de plantas de pinhão-manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3., 2006 Varginha. **Anais...** Varginha: Ufla, 2006. 1 CD-ROM.

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

REICHARDT, K. **A água na produção vegetal.** São Paulo: McGraw-hill do Brasil, 1978. 119 p.

SATO, F. A. et al. Coeficiente de cultura (kc) do cafeeiro (*Coffea arabica* l.) no período de outono-inverno na região de Lavras – MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 691-701, 2007.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão manso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SATURNINO, H. M. et al. **Implantação de unidades de validação de tecnologia pinhão-manso**. Nova Porteirinha: Epamig, 2006. Projeto de Pesquisa.

SILVA, A. C. et al. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 21–25, 2008.

SILVA, M. L. O. **Aplicações de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2005. 128 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

VENTURI, P.; VENTURI, G. Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, v. 25, n. 3, p. 235-255, Sept. 2003.

CAPÍTULO 3 TEOR E PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PINHÃO MANSO SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO

O experimento conduzido no setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG (21° 14' Sul; 45° 00' Oeste; 892 m) foi o que deu origem aos grãos utilizados na determinação do teor de óleo, sendo essas determinações conduzidas no Laboratório de Análise de Água (LAADEG) e no Laboratório de óleos, gorduras e biodiesel do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes lâminas de água e doses de potássio, no teor e produção de óleo do pinhão manso. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com 4 repetições. Os tratamentos constaram de 4 lâminas de água e 4 doses de potássio aplicadas via água de irrigação. Aplicaram-se as lâminas de água com base na porcentagem do saldo da evaporação acumulada do tanque Classe A (ECA) e das precipitações, sendo as seguintes: L0 = sem irrigação, L40, L80 e L120, representando 40, 80 e 120% do saldo, respectivamente. As doses de potássio foram de: K30, K60, K90 e K120, sendo, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de potássio respectivamente. A extração do óleo das amostras foi realizada por meio da extração química por solvente orgânico. As sementes utilizadas neste teste foram provenientes de amostragem das duas produções de sementes referentes ao ano de 2009. Concluiu-se que a utilização da irrigação proporcionou aumento da produtividade de óleo e decréscimo do teor de óleo dos grãos de pinhão manso. A adubação potássica não influenciou o teor e a produtividade de óleo. Houve aumento relativo da eficiência no uso da água em produzir óleo até determinada lâmina de água e posterior decréscimo.

Palavras-chave: Extração química. Biodiesel. Oleaginosa. Gotejamento.

ABSTRACT

This experiment evaluated at the Fruit Sector from the Agriculture Department, from the Federal University of Lavras, in Lavras, Minas Gerais (21°14'S; 45°00'W; 892 m), was the place of origin of the seeds used at the content oil determination, evaluated at the Water Analysis Laboratory of the Engineering Department and at the Biodiesel, Fats and Oils Laboratory, of the Federal University of Lavras. The aim of this research was to value the different drip irrigation levels and potassium dosages effects, at the content and Physic nut oil productivity. The experimental design was the one of randomized blocks, in spit plot design, with four replicates. The treatment levels were four water levels (plots) and four potassium dosages (subplots). The irrigation was applied based on the amount estimated by the water depths – L0 (non irrigated), L40, L80 and L120 (40, 80 and 120% of the balance respectively). The potassium dosages were K30, K60, K90 and K120 (30, 60, 90 and 120 kg.ha⁻¹ respectively). The oil extraction has done through organic chemistry experiment. It was used seeds from the Physic nut seed productivity from the 2009 year. It was possible to observe that the irrigation increase resulted in increase in the Physic nut oil productivity and decreased the oil content. Significant difference was not statistically observed when comparing content and Physic nut oil productivity among the potassium dosages. The irrigation increased the water use efficiency in Physic nut oil production up to a water level and decreased after that.

Keywords: Chemical extraction. Biodiesel. Oilseed. Drip irrigation.

1 INTRODUÇÃO

O Biodiesel é um combustível biodegradável, oriundo de fontes renováveis, obtido comumente a partir da reação química de óleos e gorduras com um álcool na presença de um catalisador. É um biocombustível com claros e declarados objetivos sociais e ambientais, associados à fixação do homem nas áreas rurais, à geração de emprego e renda e à minimização da emissão de gases que contribuem para as mudanças climáticas globais. A produção de biodiesel visa também à diversificação da matriz energética, principalmente dos países importadores de diesel mineral (TRZECIAK et al., 2008).

De acordo com informações do ministério de Minas e Energia, para o ano de 2009, 32% da produção energética do país originaram-se da biomassa. Com relação à produção energética do país oriundas da biomassa, 14,7% foi proveniente de biodiesel. No geral, 0,6% da produção energética do país resultaram do biodiesel. A produção de biodiesel em 2009 mostrou um crescimento de 38% em relação a 2008, correspondendo uma mistura de 3,7% no diesel mineral.

No Brasil, outro fator causador do aumento na demanda por biodiesel refere-se à legislação local, através da publicação da lei número 11.097, aprovada em 13 de janeiro de 2005, que preconiza a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira estabelecendo a utilização de B2 (2% de biodiesel e 98% de diesel de petróleo) a partir de 2005 até o final de 2007 de forma opcional, porém, passando à obrigatoriedade de seu uso no início de 2008. Entre 2008 e 2013 o uso de B5 (5% de biodiesel e 95% de diesel mineral) será opcional e passará a ser obrigatório a partir de 2013 (TRZECIAK et al., 2008). No uso de suas atribuições, o presidente do Conselho Nacional de Política

Energética – CNPE preconizou o adiantamento da meta de utilização da mistura B5 (5% de biodiesel ao petrodiesel) para janeiro de 2010.

O teor e qualidade do óleo, produção por unidade de área, adaptação a diferentes sistemas produtivos, ciclo da cultura e adaptação regional são fatores imprescindíveis a serem considerados para a produção de biodiesel. Entre as plantas oleaginosas fornecedoras de matéria prima para produção do biodiesel, destaca-se o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), planta perene de ampla adaptação edafoclimática, produtora de sementes ricas em óleo e com bom potencial produtivo. É uma planta arbustiva pertencente à família das Euphorbiaceae, do gênero *Jatropha*, e espécie *Jatropha curcas* L. (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Teixeira (2005) afirma que em condições comerciais, a produtividade média do pinhão manso é de 5 t ha⁻¹, para a cultura estabelecida e em condições favoráveis, sendo que cerca de 32% deste valor é convertido em óleo vegetal, ou seja, aproximadamente 1600 kg ha⁻¹. A mamona (*Ricinus communis*) possui produtividade média de 1,5 t ha⁻¹, com 48% de óleo, resultando em 720 kg ha⁻¹ aproximadamente (MIRAGAYA, 2005). Em termos comparativos, apesar de o teor de óleo da mamona ser maior que o do pinhão manso, a produtividade do pinhão manso é de quatro a cinco vezes maior que a da mamona, expondo o potencial produtivo do pinhão manso.

Segundo dados da EPAMIG (2006), a produção de óleo a partir das sementes de pinhão manso é de 1589 kg ha⁻¹ de óleo por ano, em média. Lapola, Priess e Bondeau (2009) relatam que, em processo de prensagem, uma tonelada de sementes de pinhão manso tem um rendimento médio de 277,5 litros de biodiesel, assumindo um teor de óleo das sementes de 34% e eficiência de extração 75%.

Alguns autores relatam que o teor médio de óleo das sementes de pinhão manso é da ordem de 35% (MARTINS; CRUZ, 1985; HENNING, 2000;

ACKOM; ERTEL, 2005). Teixeira (1987) constatou que o teor de óleo das sementes de pinhão manso avaliadas variou de 23 a 34%, justificando que tal variação deveu-se à localidade, a tratos culturais e à variabilidade genética da espécie.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o comportamento do teor e da produtividade de óleo dos grãos de pinhão manso em função da diferenciação de lâminas de irrigação e doses de potássio, em Lavras, Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Teor e produtividade de óleo dos grãos de pinhão manso

A determinação do teor de óleo foi realizada no Laboratório de Análise de Água (LAADEG) e no Laboratório de Óleos, Gorduras e Biodiesel do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais.

Os grãos utilizados neste teste foram provenientes de amostragem das duas produções de grãos de pinhão manso, referentes ao ano de 2009. Antecipadamente ao teste, as amostras secas foram trituradas em moinho multifuncional Tecnal modelo TE – 631/2. As amostras trituradas foram acondicionadas em envelopes de papel filtro, utilizado para aproveitar o sólido retido e permitir que o óleo e o hexano usado como solvente passasse pelo de seus poros. Em cada envelope foi colocada em média 2,5g de grãos triturados. A massa de cada envelope vazio e da porção de grão triturado em cada repetição foi anotada. O número de tratamentos do experimento foi 64, onde para cada amostra foram retiradas 3 sub-amostras, resultando em 192 sub-amostras para análise. A extração do óleo das amostras foi realizada por meio da extração química por solvente orgânico, de acordo com metodologia adotada por Melhorança Filho, Pereira e Silva (2010). As amostras foram submetidas a um aparelho de extração tipo Soxhlet, extrator usado em laboratórios químicos cujo método consiste na lixiviação do óleo contido no material em estudo através de ciclos de contato com determinado solvente, com o objetivo de extrair compostos contidos num sólido. Utilizou-se o hexano como solvente que, ao atingir a temperatura de ebulição, passava várias vezes pelo sifão do equipamento. O tempo de extração de cada amostra foi de 2 horas e meia. Depois do teste e do resfriamento do equipamento, recuperou-se o hexano. Após

retirar o solvente do equipamento, os envelopes foram colocados em estufa a 60°C para secagem por 30 minutos, para que a umidade do ar não alterasse a massa da amostra seca. A massa de cada repetição foi medida em balança de precisão após a secagem em estufa.

O teor de óleo (%) de cada tratamento foi determinado através da equação (3).

$$TO = \left[\frac{P_{\text{papel}} + P_{\text{amostra}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{amostra}}} \right] \cdot 100 \quad (3)$$

em que: TO=teor de óleo das sementes, %;

P_{papel} =peso do papel filtro, g;

P_{amostra} =peso da amostra triturada, g;

P_{final} =peso da amostra e do papel filtro depois do teste, g.

A produtividade de óleo (kg ha⁻¹) de cada tratamento foi calculada através da equação (4).

$$P_{\text{óleo}} = TO \cdot P_{\text{rod}} \quad (4)$$

em que: $P_{\text{óleo}}$ =produtividade de óleo, kg ha⁻¹;

P_{rod} =produtividade final de sementes, kg ha⁻¹;

2.2 Eficiência no uso da água em produzir óleo

A água recebida pela cultura foi determinada por meio de monitoramento diário dos fatores meteorológicos. Foram obtidas as lâminas totais relativas à água recebida por meio da irrigação e da precipitação pluviométrica (Tabela 6). Em cada tratamento, a quantidade de água recebida

pela cultura foi relacionada a sua produção final de óleo, expressos em $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$.

2.3 Máxima produção física de óleo

Foram ajustadas equações de regressão, relacionando o teor e a produtividade de óleo do pinhão manso às lâminas de irrigação e às doses de potássio. A partir da primeira derivada destas equações - igualadas a zero - foi possível determinar a lâmina de irrigação e a dose de potássio recomendada para atingir a máxima produção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 9 apresenta os resultados das análises de variância para o teor e produtividade de óleo das amostras de grãos de pinhão manso, referentes à produção de 2009 e para os dados de eficiência para o total de água aplicada na cultura do pinhão manso convertida em produção total de óleo para o ano de 2009. E a Tabela 10 apresenta o resultado da análise de regressão para os parâmetros que se apresentaram significativos pelo teste F.

Tabela 9 Resumo da análise de variância para o teor e produtividade de óleo, da produção de grãos do ano de 2009, e para a eficiência no uso da água para a produção total de óleo no ano de 2009 ($EUA_{\text{óleo}}$), das plantas de pinhão manso, UFLA, Lavras/MG, 2010

| FV ¹ | GL | Quadrado Médio | | |
|----------------------|----|------------------------|---|---|
| | | TO ₂₀₀₉ (%) | P _{óleo 2009} (kg ha ⁻¹) | EUA _{óleo} (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹) |
| L | 3 | 8,47* | 53349,61* | 0,0141* |
| R₁ | 9 | 0,57 | 6351,74 | 0,001032 |
| K | 3 | 0,33 ^{ns} | 27975,32 ^{ns} | 0,00579 ^{ns} |
| LxK | 9 | 1,54 ^{ns} | 5639,21 ^{ns} | 0,000984 ^{ns} |
| R₂ | 36 | 1,11 | 9783,05 | 0,001924 |
| Total | 60 | - | - | - |
| Média Geral | | 33,25 | 352,54 | 0,16 |
| CV1(%) | | 2,28 | 22,61 | 19,82 |
| CV2(%) | | 3,17 | 28,06 | 27,06 |

¹L=lâminas; R₁=resíduo 1; K=potássio; R₂=resíduo 2; ns=não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade.

Pelos dados da Tabela 9, pode-se observar que apenas a lâmina de irrigação influenciou significativamente ($P < 0,05$) o teor (TO₂₀₀₉) e a

produtividade de óleo ($P_{\text{óleo } 2009}$), bem como a eficiência no uso da água em produzir óleo ($EUA_{\text{óleo}}$).

Tabela 10 Resumo da análise de regressão para o teor (TO_{2009}) e produtividade de óleo ($P_{\text{óleo } 2009}$) dos grãos, e para a eficiência no uso da água em produzir óleo ($EUA_{\text{óleo}}$), das plantas de pinhão manso, UFLA, Lavras/MG, 2010¹

| Modelo | GL | Quadrado Médio | | |
|--------------|----|--------------------|-------------------------|---------------------|
| | | TO_{2009} | $P_{\text{óleo } 2009}$ | $EUA_{\text{óleo}}$ |
| | | L | L | L |
| 1 | 1 | 18,99* | 49043,62* | 0,0201* |
| 2 | 1 | 3,44* | 78500,83* | 0,013* |
| 3 | 1 | 2,99 ^{ns} | 32504,37 ^{ns} | 0,009 ^{ns} |
| R | 57 | 0,57 | 6351,74 | 0,001 |
| Total | 60 | - | - | - |

¹1=linear; 2=polinomial de 2º grau; 3=raiz quadrada; R=resíduo; ns=não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade; L=lâminas; K=doses de potássio.

O Gráfico 13 apresenta o comportamento do teor de óleo dos grãos de pinhão em função das lâminas de irrigação, podendo-se observar decréscimo relativo no teor de óleo com o aumento das lâminas de irrigação. O valor máximo (33,81%) de teor de óleo foi alcançado utilizando uma lâmina de irrigação de 250 mm para o ano de 2009, referente a um tratamento de irrigação de 25,09% do saldo.

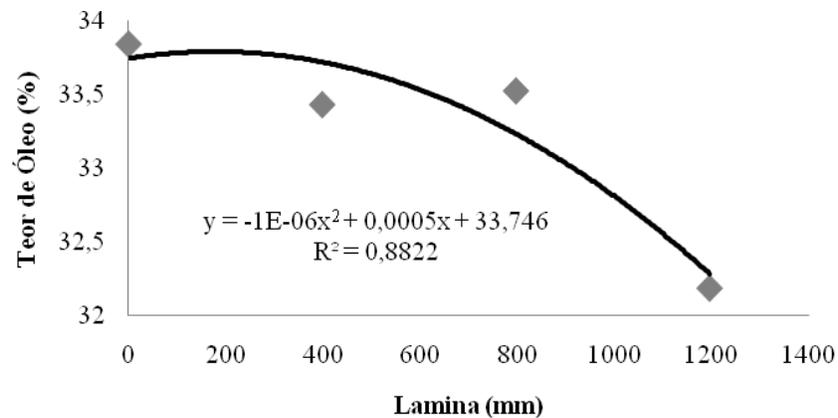


Gráfico 13 Representação gráfica e equação de regressão do teor de óleo dos grãos de pinhão manso (%), em função das lâminas de irrigação aplicadas (mm), UFLA, Lavras/MG, 2010

A variabilidade de valores de teor de óleo encontrada neste estudo está em conformidade com os encontrados na literatura e por alguns autores em trabalho de pesquisa, tais como: Martins e Cruz (1985), Henning (2000), Ackom e Ertel (2005) e Teixeira (1987).

Com relação à produtividade de óleo, observa-se pelo Gráfico 14 que existe uma tendência de aumento relativo em função das lâminas de irrigação aplicadas, atingindo um patamar aproximadamente constante com tendência a decréscimo. Matematicamente a máxima produção física de óleo ($412,98 \text{ kg ha}^{-1}$) foi alcançada com a lâmina de irrigação de $814,25 \text{ mm}$, referente ao fator de reposição de água de $81,71\%$. O incremento comparando o resultado da máxima produção física de óleo e a produção estimada para a situação sem irrigação ($280,38 \text{ kg ha}^{-1}$) é da ordem de $47,29\%$.

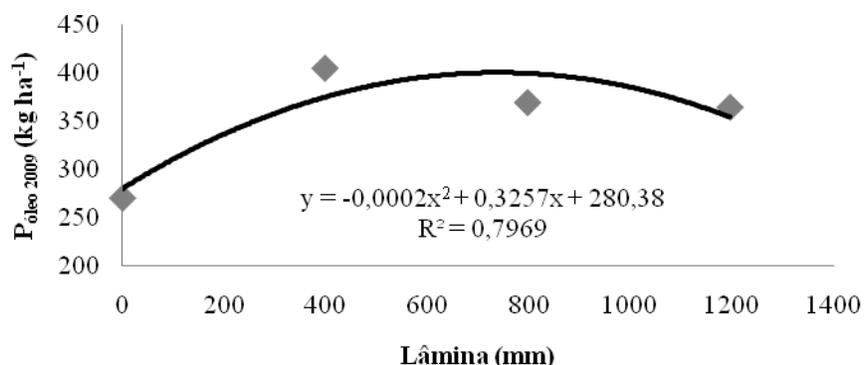


Gráfico 14 Representação gráfica e equação de regressão da tendência da produtividade de óleo dos grãos de pinhão manso (kg ha⁻¹), em função das lâminas de irrigação aplicadas (mm), UFLA, Lavras/MG, 2010

Comparando a máxima produção física de óleo dessa pesquisa aos valores encontrados na literatura, observam-se resultados numéricos bem inferiores, tais como o citado pela EPAMIG (2006).

Apesar da adoção da irrigação prejudicar os grãos de pinhão manso em termos de teor de óleo, aumentou a produtividade de óleo, justificando a irrigação do pinhão manso em Lavras, sul de Minas Gerais, apesar de essa região apresentar precipitações médias anuais acima de 1000 mm, distribuídas de forma heterogênea durante o ano. De acordo com Marcos Filho (2005), as alterações na composição química durante o desenvolvimento da semente podem ser determinadas por efeitos do ambiente (disponibilidade de água), sobre a proporção de seus componentes. Neste trabalho, os grãos de pinhão manso que apresentaram maior massa, situação atingida com o aumento dos níveis de água aplicados (Capítulo 2), podem ter aumentado o percentual dos componentes referentes à proteína e amido, em relação ao lipídio, resultando em relação lipídio/peso dos grãos menor, justificando a diminuição do teor de óleo com o aumento das lâminas de irrigação.

Para a eficiência no uso da água na produção de óleo de pinhão manso, observou-se um aumento relativo até determinado valor de lâmina de água, a partir do qual se observou um decréscimo (Gráfico 15). O intervalo de lâmina de água onde se observa aumento na eficiência no uso da água compreende-se entre o intervalo dos tratamentos de lâmina de irrigação L0 e L40.

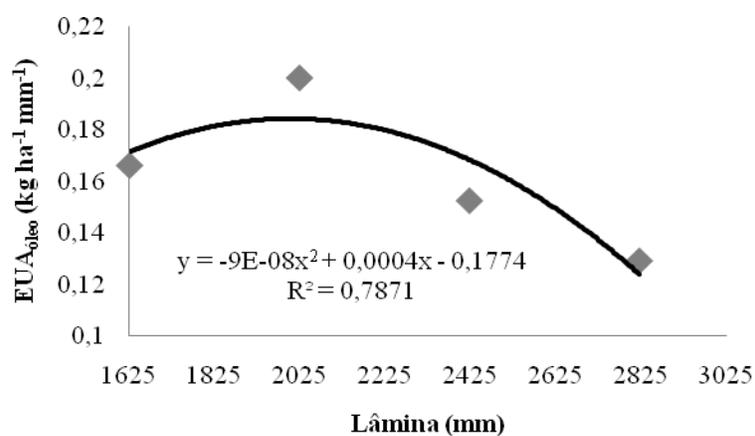


Gráfico 15 Representação gráfica e equação de regressão da eficiência no uso da água para produção de óleo de pinhão manso para o ano de 2009, em função das lâminas de água (mm), UFLA, Lavras/MG, 2010

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados analisados e dadas as condições em que se desenvolveu o experimento, ressaltam-se as seguintes conclusões:

- a) A utilização de irrigação para a cultura do pinhão manso proporcionou diminuição nos valores de teor de óleo dos grãos e aumento da produtividade de óleo.
- b) A adubação potássica não afetou a cultura em termos de teor e produtividade de óleo.
- c) Houve aumento da eficiência no uso da água na produção de óleo até determinada lâmina de água com posterior decréscimo.

REFERÊNCIAS

ACKOM, E. K.; ERTEL, J. An alternative energy approach to combating desertification and promotion of sustainable development in drought regions. In: FORUM DER FORSCHUNG, 18., 2005, Eigenverlag. **Annals...** Eigenverlag: BTU Cottbus, 2005, p. 74-78.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n.1, p. 789-799, 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética de 2009**.

Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_Resenha_Energetica/Resenha_Energetica_2009_PRELIMINAR.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2010.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS.

Coletânea sobre pinhão-manso na EPAMIG. Belo Horizonte, 2006.

Disponível em: <www.epamig.br/informativos/pinhaomanso.pdf>. Acesso em: 17 Jul. 2010.

HENNING, R. Use of *Jatropha curcas* oil raw material and fuel: an integrated approach to create income and supply energy for rural development –

Experiences of the *Jatropha* Project in Mali, West Africa. In: INTERNACIONAL FOLKCENTER FOR “RENEWABLE ENERGY - A VEHICLE FOR LOCAL DEVELOPMENT”, 2., 2000, Denmark.

Proceedings... Denmark: [s. n.], 2000. p. 1-4.

LAPOLA, D. M.; PRIESS, J. A.; BONDEAU, A. Modeling the land requirements and potential productivity of sugarcane and *jatropha* in Brazil and India using the LPJmL dynamic global vegetation model. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, v. 33, n. 8, p. 1087-1095, Aug. 2009.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARTINS, E. R. F.; CRUZ, N. D. Pesquisas em desenvolvimento com pinhão-paraguaio no Instituto Agronômico. **O Agrônomo**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 109-113, 1985.

MELHORANÇA FILHO, A. L.; PEREIRA, M. R. R.; SILVA, J. I. C. Potencialidade energética em extratores e tempos de extração do óleo de Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em soxletter. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 226-230, mar./abr. 2010.

MIRAGAYA, J. C. G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão manso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

TEIXEIRA, J. P. F. Teor e composição do óleo de sementes de *Jatropha* spp. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 151-157, 1987.

TEIXEIRA, L. C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 18-27, 2005.

TRZECIAK, M. B. et al. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 18, n. 1/3, p. 30-38, 2008.