

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI – UFVJM

PATRÍCIA TEIXEIRA DE SOUZA

**ADUBAÇÃO NPK NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PINHÃO
MANSO**

DIAMANTINA - MG
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PATRÍCIA TEIXEIRA DE SOUZA

**ADUBAÇÃO NPK NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PINHÃO
MANSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

DIAMANTINA - MG

2010

PATRÍCIA TEIXEIRA DE SOUZA

**ADUBAÇÃO NPK NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PINHÃO
MANSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em..... de de 2010

Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes – ICA/UFMG
Membro

Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti – UFVJM
Membro

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva – UFVJM
Presidente

DIAMANTINA - MG
2010

Ofereço

*Esta vitória a Deus,
que iluminou o meu caminho, e à
Nossa Senhora da Conceição Aparecida,
que intercedeu por mim nos momentos
decisivos dessa caminhada.*

Dedico

*À inspiração do meu pai
À força de minha mãe
Ao carinho, mesmo que velado, de minha irmã
Ao amor e dedicação do meu futuro marido*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição à minha formação acadêmica.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

A todas as pessoas que passaram pelo meu caminho e, de alguma forma, marcaram essa etapa de minha vida.

Ao professor Enilson de Barros Silva, pela orientação, paciência e respeito, em todos esses anos de iniciação científica e mestrado.

Ao professor Alexandre Christófaros Silva e ao Pesquisador Nívio Poubel Gonçalves, pelos exemplos de competência profissional e simplicidade, que levarei sempre comigo.

À professora Nísia Andrade Villela Dessimoni Pinto, pela forma prestativa com que me atendeu, numa hora em que eu, definitivamente, não sabia o que fazer.

Aos meus ajudantes Thássio e Marco Túlio, sempre eficientes no desempenho de suas funções. Sem eles e também outros estagiários dos laboratórios de Fertilidade do Solo e do Lipemvale seria impossível concluir este trabalho.

Aos meus colegas do mestrado. Fomos testemunhas das dificuldades uns dos outros, nos desesperamos, nos ajudamos ou, pelo menos, não atrapalhamos e, no fim, estamos todos aqui a colher os louros dessa vitória.

Aos amigos Rafael Baracho e Múcio Mágnos, pela amizade e pelas conversas sempre animadas, que me ajudaram a tornar menos entediadas as intermináveis análises químicas.

Aos meus melhores amigos, os de longa data e os mais recentes, que estão perto ou longe, não importa. Eles estão sempre lá na hora certa, para ajudar, aconselhar, divertir: Raquel, Rejane, Marcos, Priscilla, Flor, Talinha, Juninho.

À minha família, pelo incentivo, às minhas queridas tias, pelos paparicos, às minhas primas e primos (mais primas que primos), pela diversão que sempre me proporcionam e renovam o espírito para enfrentar o trabalho com afinco. Às minhas queridas afilhadas do coração, que me dedicam tanto carinho e por quem torço muito.

Mamãe, Fabrícia, Allan, obrigada por serem meu apoio, a razão do meu sucesso, das alegrias e das preocupações.

RESUMO

SOUZA, Patrícia Teixeira de. **Adubação NPK no crescimento e produção de pinhão manso**, 2010. 46p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

A grande demanda de óleos vegetais no Brasil, gerada pelo Programa Brasileiro de Biodiesel, fez com que o pinhão manso, uma espécie até então desvalorizada, se tornasse alternativa para fornecimento de matéria-prima. Porém, muitos são os estudos que devem ser realizados, antes que se inicie o plantio comercial em larga escala. O manejo correto da adubação eleva o lucro do produtor de duas formas. Primeiro, evita o gasto de fertilizantes em quantidades erradas e, depois, favorece o melhor desempenho da planta, proporcionando maior produtividade. Este trabalho objetivou avaliar a resposta do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a doses de NPK no crescimento de plantas e, no crescimento de plantas, produção de sementes e de óleo em duas condições edafoclimáticas. Para tanto, foram montados dois experimentos: o primeiro, em condições de casa de vegetação, teve os tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, no esquema de fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$, perfazendo 32 tratamentos com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais, sendo as doses de N: 0, 75, 150 e 300 mg dm⁻³, na forma de uréia; doses de P: 0, 45, 90 e 180 mg dm⁻³, na forma de superfosfato triplo e doses de K: 0, 50, 100 e 200 mg dm⁻³, na forma de cloreto de potássio. Após 120 dias, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura das plantas, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e de raízes; análise química do solo após a colheita das plantas e teor de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas. O segundo foi conduzido em campo, em duas condições edafoclimáticas, em Diamantina e Governador Valadares, Minas Gerais. Ambos foram conduzidos da mesma forma: o delineamento utilizado foi o delineamento em blocos casualizados no esquema de fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$, perfazendo 32 tratamentos. Foram aplicadas doses de N: 0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹, na forma de uréia; doses de P₂O₅: 0, 75, 150 e 300 kg ha⁻¹, na forma de superfosfato triplo e as doses de K: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹, na forma de cloreto de potássio. Foram avaliados o crescimento das plantas pela medição da altura de plantas e diâmetro na altura do colo do caule a cada 30 dias; produção de sementes e de óleo com uma colheita em Diamantina, em 2009, e duas colheitas em Governador Valadares, em 2008 e 2009. As plantas responderam negativamente à adição de N e positivamente ao P e K, mostrando que o pinhão manso é eficiente na absorção de N, que foi suprido pela matéria orgânica do solo. Já em campo, o pinhão manso apresentou comportamentos distintos nas duas condições edafoclimáticas. Em Governador Valadares, houve resposta positiva à aplicação de N e, em Diamantina, resposta negativa a N e positiva a P. Não houve resposta a K em campo, indicando que o teor do solo foi suficiente para suprir a planta em todas as fases. No experimento de vaso, as doses de P e K recomendadas foram 25 e 67 mg dm⁻³, respectivamente. Os níveis críticos, correspondentes às doses recomendadas, foram de 10,6 para P e 74,0 mg dm⁻³ para K no solo (Mehlich-1). Para os teores na massa seca da parte aérea do pinhão manso foram de 3,74; 0,18 e 3,7 dag kg⁻¹ para N, P e K, respectivamente. As doses recomendadas de P para o crescimento, a produção de sementes e de óleo de pinhão manso em Diamantina foram de 87, 72 e 72 kg de P₂O₅ por ha, respectivamente. Em Governador Valadares, não houve recomendação de adubação nitrogenada para a fase de crescimento das plantas; para a produção de sementes e de óleo, a dose recomendada foi de 36 e 31 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

ABSTRACT

SOUZA, Patrícia Teixeira de. **Assessment of NPK fertilization in plants production and in field cultivation of physic nut to biodiesel production.** 2010. 46 p.. Dissertation (Masters in Vegetable Production) – Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys, Diamantina, 2010.

The great demand for vegetable oils in Brazil, generated by the Brazilian Biodiesel Program, made the physic nut, a devalued specie, become an alternative for providing raw material. However, many studies must be carried out before beginning the large-scale commercial growing. The accurate fertilization increases the producer's profit in two ways, first avoids the fertilizers expense in the wrong quantities and then promotes better plant performance for higher productivity. This study evaluated the physic nut (*Jatropha curcas* L.) response to NPK doses on seedlings growth and plant growing, seed and oil production in two edaphic and climate conditions. Therefore, there were arranged two experiments: the first, in controlled conditions, was arranged in a completely randomized design, in the fractional factorial scheme $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$ comprising 32 treatments with three replicates totaling 96 plots and the N doses: 0, 75, 150 e 300 mg dm⁻³, in the urea form; P doses: 0, 45, 90 and 180 mg dm⁻³, in the triple superphosphate form and K doses K: 0, 50, 100 and 200 mg dm⁻³, in the potassium chloride form. After 120 days, there were evaluated the following variables: seedlings height, stem diameter, the shoot and roots dry mass and nutrients content in the soil and in the seedling shoot macronutrients and micronutrients. The second was conducted in field conditions on two places with distinct edaphic and climate conditions, Diamantina, MG and Governador Valadares, MG. Both were conducted in the same way, the design was in randomized blocks, in the fractional factorial scheme $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$. The N doses were applied: 0, 75, 150 and 300 mg dm⁻³, in urea form; P doses: 0, 45, 90 and 180 mg dm⁻³, in the form of triple superphosphate and K doses: 0, 50, 100 and 200 mg dm⁻³, in the potassium chloride form. There were evaluated the plants growth by the measure plants height, stem diameter every 30 days, seeds and oil production with one harvest in Diamantina in 2009 and two harvests in Governador Valadares in 2008 and 2009. Seedlings responded negatively to N addition and positively to P, showing that physic nut efficient in N uptake that was supplied by soil organic matter. Therefore, in the field physic nut showed different behavior in both edaphic and climate conditions. In Governador Valadares there was positive response to N application and in Diamantina there was negative response to N and positive for P. There was no response to K in either experiment, indicating that the content of the soil was sufficient to supply the plant at all stages. Seedlings responded negatively to N addition and positively to P. There was no response to K field, indicating that the content of the soil was sufficient to overcome the plant at all stages. In pot experiment the recommended doses of P and K were 25 and 67 mg dm⁻³, respectively. The critical level corresponding to the recommended dose, were 10.6 for P and 74.0 mg dm⁻³ for K in soil (Mehlich-1). For contents in shoot dry mass of physic nut seeds were 3.74, 0.18 and 3.57 dag kg⁻¹ for N, P and K, respectively. The P recommended doses for growth, seeds and oil of physic nut in Diamantina was 87, 72 and 72 kg P₂O₅ per ha, respectively. In Governador Valadares, there was no nitrogen indication for the plants growth phase, for oil and seeds production and the recommended dose was 36 and 31 kg ha⁻¹ N, respectively.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO I.		Pág.
Tabela 1	Análise de química e de textura do solo antes da aplic os.	07
Tabela 2	Altura de plantas, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e, variável canônica (VC) de plantas de pinhão manso em função da doses de N, P e K	09
ARTIGO CIENTÍFICO II.		
Tabela 1	Análise de química e de textura dos solos antes da aplicação dos experimentos	20
Tabela 2	Área abaixo da curva de progresso da altura de plantas (AACPAP) e do diâmetro do colo (AACPDCC), produção de sementes e de óleo de plantas de pinhão manso submetidas a doses de N, P e K em dois locais de cultivo (Diamantina e Governador Valadares)	23
Tabela 3	Equações de regressão ajustadas para a área abaixo da curva de progresso da altura de plantas (AACPAP) e do diâmetro do colo (AACPDCC), produção de sementes e de óleo de pinhão manso como variáveis dependentes (Y) das doses de N (N) e P ₂ O ₅ (P) aplicadas ao solo e dose recomendada para 90% do crescimento máximo (AACPAP e AACPDCC) ou produção máxima (sementes e óleo) em dois locais de cultivo	24

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO I.		Pág.
Figura 1	Escore da variável canônica (VC) da análise multivariada em função de doses de N e P na interação (A) e de K (B) de plantas de pinhão manso (** significativo a 1% pelo teste de t)	10
Figura 2	Teor de P e K disponível (Mehlich-1) em função das doses de P e K aplicadas ao solo e nível crítico (NC) para dose recomendada (DR) no cultivo de plantas de pinhão manso (** Significativo a 1% pelo teste t)	12
Figura 3	Teor de N, P e K na parte aérea do pinhão manso em função das doses de N, P e K aplicadas ao solo e nível crítico (NC) para dose recomendada (DR). (** Significativo a 1% pelo teste t)	12
ARTIGO CIENTÍFICO II.		
Figura 1	Distribuição mensal da precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima em Diamantina e Governador Valadares/MG no período de estudo. Fonte: Inmet (2009)	20

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	02
ARTIGO CIENTIFICO I.	03
1 Resumo.....	03
2 Abstract.....	04
3 Introdução.....	05
4 Material e métodos.....	06
5 Resultados e discussão.....	08
6 Conclusões.....	12
7 Agradecimentos.....	12
8 Referências.....	13
ARTIGO CIENTIFICO II.....	16
1 Resumo.....	16
2 Abstract.....	17
3 Introdução.....	18
4 Material e métodos.....	19
5 Resultados e discussão.....	21
6 Conclusões.....	26
7 Agradecimentos.....	27
8 Referências.....	27
CONCLUSÃO GERAL.....	30
ANEXO.....	31

INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento de substitutos do diesel foi tentado com muito afinco no Brasil no início do Proálcool, mas fracassou por várias razões, dentre elas os baixos preços do diesel à época. O governo voltou a se interessar pelo biodiesel quando a produção e consumo passaram a crescer na Europa. Em dezembro de 2004, foi lançado oficialmente o Programa Nacional de Produção de Biodiesel, que estabeleceu a obrigatoriedade do uso de 2% de biodiesel misturado ao petrodiesel a partir de 2008 e 5% a partir de 2013 (LEITE e LEAL, 2007). O programa tem como finalidades a redução do volume de emissões de gases causadores do efeito estufa (FRANCIS et al., 2005), como determina o Protocolo de Kyoto, e a inclusão social de pequenos produtores rurais.

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) destaca-se nesse contexto pela alta produção de óleo por hectare. A semente possui um teor de óleo variando entre 33 e 38% e, diferentemente de outras oleaginosas como a soja (*Glycine max*), canola (*Brassica napus*), girassol (*Helianthus annuus*), dendê (*Elaeis guineensis*) e pequi (*Caryocar brasiliense*), não apresenta como principal finalidade a alimentação humana, tampouco a de animais por ser, como foi definida pelos portugueses, uma amêndoa amarga com óleo purgativo muito cáustico (SATURNINO et al., 2005).

Embora seja uma planta conhecida e cultivada no continente americano desde a época pré-colombiana, estando disseminada em todas as regiões tropicais e até em algumas áreas temperadas, ainda se encontra em processo de domesticação e somente nos últimos 30 anos começou a ser estudada agronomicamente (SATURNINO et al., 2005), deixando ainda um grande leque de informações a ser pesquisado.

Buscando atender a demanda de matéria-prima para a produção de biodiesel, não se dispensam esforços técnicos e científicos. A exploração racional envolve a obtenção de elevadas produtividades e melhor rentabilidade do produtor rural, baseada, entre outras coisas, num manejo adequado da fertilidade do solo e nutrição mineral do pinhão manso. Objetivou-se com este trabalho avaliar a resposta do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a doses de NPK no crescimento de plantas em casa de vegetação e em campo, produção de sementes e de óleo em duas condições edafoclimáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

LEITE, R.C.C; LEAL, M.R.L.V. **O biocombustível no Brasil. Novos estudos - CEBRAP**, São Paulo, n. 78, p.15-21,. 2007.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, .; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

ARTIGO CIENTÍFICO I
ADUBAÇÃO NPK NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE PINHÃO
MANSO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

RESUMO

Uma adubação química balanceada com N, P e K é importante para aumentar o crescimento das plantas. O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma cultura cujas informações são escassas; só agora começam os primeiros ensaios de adubação. Este trabalho teve o objetivo de avaliar o crescimento de plantas de pinhão manso em resposta às doses de NPK em casa de vegetação num Neossolo Quartzarênico Órtico típico e estimar os níveis críticos de P e K no solo e N, P e K na massa seca da parte aérea. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, no esquema de fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$, perfazendo 32 tratamentos com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais, sendo as doses de N - 0, 75, 150 e 300 mg dm⁻³, na forma de uréia; doses de P - 0, 45, 90 e 180 mg dm⁻³, na forma de superfosfato triplo, e as doses de K - 0, 50, 100 e 200 mg dm⁻³, na forma de cloreto de potássio. Após 120 dias, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura das plantas, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e de raízes e os atributos químicos do solo após colheita das plantas, e teor de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas. A massa seca do pinhão manso respondeu às doses de NPK na fase de crescimento das plantas em condições controladas, sendo que a resposta para o N foi negativa, sendo desnecessária a aplicação de N; já as doses recomendadas foram 25 mg dm⁻³ de P e 67 mg dm⁻³ de K. Os níveis críticos, correspondentes às doses recomendadas, foram de 10,6 mg dm⁻³ para P e 74,0 mg dm⁻³ para K no solo (Mehlich-1). Os teores de N, P e K na massa seca da parte aérea do pinhão manso foram 3,74; 0,18 e 3,57 dag kg⁻¹.

Palavras-chave: Adubação mineral, *Jatropha curcas*, oleaginosa.

ABSTRACT

NPK FERTILIZATION IN PHYSIC NUT SEEDLINGS GROWN IN QUARTZARENIC NEOSSOL

A balanced chemical fertilization with N, P and K is valuable to promote high increases in seedlings growth. The physic nut (*Jatropha curcas* L.) is a cultivar which presents scarce information and only nowadays it has began the first fertilization trials. This study aimed to evaluate the growth of physic nut seedlings in response to NPK doses in a greenhouse in Quartzarenic Neossol and estimate P and K critical levels in soil and N, P and K on dry mass shoots. The treatments were arranged in a randomized design, in the fractional factorial scheme $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$ totaling 32 treatments with three replicates totaling experimental plots and with N levels: 0, 75, 150 and 300 mg dm⁻³, in the urea form.; P levels: 0, 45, 90 and 180 mg dm⁻³, in the triple superphosphate form and K levels: 0, 50, 100 and 200 mg dm⁻³, in the potassium chloride form. After 120 days were evaluated the following variables: seedling height, stem diameter, shoots and roots dry mass and the soil chemical properties after seedlings harvest and macro and micronutrients levels in seedling shoots. The physic nut responded to NPK doses on the growth phase in controlled conditions, and the response to N was negative, being unnecessary the N application. However, the recommended doses of P and K were 25 and 67 mg dm⁻³, respectively. The critical levels, corresponding to the recommended dose for P were 10.6 and 74.0 mg dm⁻³ for K in soil (Mehlich-1). The rates of N, P and K in shoot dry mass of physic nut seeds were 3.74, 0.18 and 3.57 dag kg⁻¹ for, respectively.

Keywords: Mineral fertilization, *Jatropha curcas*, oleaginous

INTRODUÇÃO

O pinhão manso, *Jatropha curcas*, pertence à família Euphorbiaceae, a mesma da mamona (*Ricinus* sp.), mandioca (*Manihot* sp.) e seringueira (*Hevea* sp.) e é amplamente distribuída em áreas tropicais e subtropicais, e apresenta diversos atributos favoráveis na exploração de óleo, tais como: rápido crescimento, fácil propagação, planta perene, cultivada em áreas de baixa e alta precipitação, baixo custo de insumos e elevado teor de óleo (SUJATHA et al., 2008).

O seu cultivo tem sido incentivado nos últimos anos como uma alternativa para fornecimento de matéria prima para fabricação de biodiesel (BELTRÃO et al., 2006). Além disso, pesquisas realizadas com a espécie têm revelado que ela possui um excelente potencial e alto valor de exploração no seu ambiente nativo.

Como muitas outras espécies do gênero *Jatropha* sp., o pinhão manso é uma suculenta, que perde suas folhas durante a estação seca. É, portanto, melhor adaptado ao clima árido e semiárido (SATURNINO et al., 2005) e pode ocorrer nas seguintes áreas onde há seca sazonal: Cerrado e Caatinga, mas não são completamente inexistentes na região Amazônica. A distribuição atual de pinhão manso mostra que a introdução tenha sido melhor sucedida em regiões mais secas do que nos trópicos, com uma precipitação média anual entre 300 e 1.000 mm. Como o pinhão manso ocorre principalmente em baixas altitudes (0 a 500 m), pode-se concluir que está adaptado a temperaturas mais elevadas. As áreas onde foram coletadas plantas, no centro de origem e de onde o material foi enviado para ensaios de proveniência, apresentam média anual temperaturas entre 20°C e 28°C (HELLER, 1996). O uso do pinhão manso foi bem sucedido com aplicações na conservação do solo, adubo verde, combustível, uso medicinal e inseticida (JONGSCHAAP et al., 2007).

Os macronutrientes N, P e K são os macronutrientes primários mais aplicados nas adubações das plantas cultivadas. O N é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas e em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de N é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000). No solo, o N orgânico representa aproximadamente 95% do N total (SILVA e MENDONÇA, 2007). O P, por sua vez, participa de vários processos metabólicos em plantas; entretanto, a sua interação com os componentes do solo, sua ocorrência em formas orgânicas, e sua lenta taxa de difusão na solução do solo o tornam o nutriente menos prontamente disponível na rizosfera e mesmo quando ele é aplicado na forma de fertilizantes,

a maior parte é adsorvida nos colóides do solo (ARAÚJO e MACHADO, 2006). O K é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades, mas, ao contrário de N e P, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica da planta, e é predominantemente um cátion livre e pode ser facilmente deslocado das células ou tecidos da planta (MALAVOLTA, 2006).

O pinhão manso é uma planta que responde a doses de K e P, promovendo um crescimento inicial rápido (SANTOS et al., 2007). Culturas com alta exigência nutricional têm seu custo de produção bastante elevado e se tornam menos interessantes ao agricultor, pois a margem de lucro se torna menor e mais dependente da balança comercial, ou seja, fatores externos que elevam o preço do produto. No caso de plantas cujo cultivo é destinado à produção de biodiesel, há ainda que se considerar o balanço energético, que seria a soma de toda a energia bruta fornecida pelo produto, subtraindo-se o somatório de todas as energias não renováveis gastas na sua produção. A escassez de trabalhos sobre a nutrição mineral do pinhão manso dificulta sua exploração comercial, pois, reduzir os gastos com insumos é imprescindível para tornar o cultivo viável, tanto econômica quanto ambientalmente.

O objetivo do presente trabalho foi de avaliar o crescimento de plantas de pinhão manso em resposta às doses de NPK em casa de vegetação num Neossolo Quartzarênico Órtico típico e estimar os níveis críticos de P e K no solo e de N, P e K na massa seca da parte aérea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina/MG. O solo utilizado foi um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (EMBRAPA, 2006), coletado na camada superficial (0-20 cm) no município de Diamantina/MG, que foi destorroado, secado ao ar e passado em peneira de 5 mm de abertura. Foi tomada uma subamostra e passada em peneira de 2 mm de abertura, constituindo-se, assim, terra fina seca ao ar para análises químicas (SILVA, 2009) e de textura do solo (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de química e de textura do solo antes da aplicação dos tratamentos.

pH _{água}	P	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	MO	Areia	Silte	Argila
	--- mg dm ⁻³ ---		----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- % -----	----- g dm ⁻³ -----				
5,4	1,4	10	0,5	0,4	0,4	4,2	30	22	12,8	870	70	60

pH_{água} - Relação solo-água 1:2,5. P e K - Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹. T - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases. MO - Matéria orgânica determinado através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método Walkey-Black por 1,724. Areia, silte e argila - Método da pipeta.

O solo foi incubado em vasos plásticos com CaCO₃ e MgCO₃ P.A. numa relação Ca:Mg de 4:1. A quantidade de corretivo adicionado foi calculada pelo método de curva de incubação, em dosagem que permitisse ao solo atingir um pH igual a 6,0. Permaneceu incubado por 30 dias, sob condição de umidade equivalente a 60% do volume total de poros (VTP) (FREIRE et al., 1980), controlada por pesagem diária.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de fatorial fracionado (4x4x4)^{1/2}, perfazendo 32 tratamentos com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. Nos arranjos do tipo fatorial, todas as combinações dos tratamentos são avaliadas. Quando esse delineamento é fracionado, algumas dessas combinações são eliminadas, de acordo com tabelas estatísticas, que variam com o experimento (CONAGIN et al., 1997). As doses de N aplicadas foram: 0, 75, 150 e 300 mg dm⁻³, na forma de uréia; as doses de P: 0, 45, 90 e 180 mg dm⁻³, na forma de superfosfato triplo, e as doses de K: 0, 50, 100 e 200 mg dm⁻³, na forma de cloreto de potássio. As doses de N, P e K baseadas na recomendação para o cultivo de planta em vaso proposto por MALAVOLTA (1980). A parcela experimental foi composta por vasos de plásticos de 5 dm³, não perfurados, evitando a drenagem da água e perda de nutrientes, nos quais foram colocados 4 dm³ de solo seco, com uma muda por vaso.

A adubação básica de micronutrientes foi de acordo com a recomendação para vaso proposta por MALAVOLTA (1980), sendo que o material de solo foi incubado por 30 dias juntamente com as doses de P. As doses de N e K foram em quatro aplicações em cobertura. Durante o período experimental, foram realizadas irrigações diárias com água destilada, procurando-se manter a umidade do solo a 60% do VTP, por meio de irrigações diárias de pesagem (FREIRE et al., 1980).

Cultivou-se a espécie pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), cujas sementes foram provenientes de uma população da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) – Centro Tecnológico do Norte de Minas em Nova Porteirinha/MG. As sementes foram imersas em solução contendo fungicida tiofanato metílico 0,7%, antibiótico

cloranfenicol a 2%. As sementes foram semeadas em bandejas com areia e irrigadas diariamente com água deionizada, até o transplântio das mudas para os vasos, que ocorreu quando as plantas possuíam uma parte de folhas definitivas com 35 dias após a emergência das plântulas.

O experimento teve início em maio de 2007 e, após um período experimental de 120 dias, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura das plantas, medida do colo até a gema apical; diâmetro do caule na altura do colo, massa seca da parte aérea e de raízes. A análise química do solo foi realizada após a retirada das plantas de pinhão manso: pH em água; P e K extraídos pelo Mehlich-1; Ca, Mg e Al pelo KCl 1mol L⁻¹; acidez potencial (H + Al) pelo acetato de cálcio e matéria orgânica pelo método Walkey-Black (EMBRAPA, 1997; SILVA, 2009). Foram determinados os teores de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea das plantas segundo metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

Para se obter a dose de N, P e K para melhor crescimento das plantas, utilizou-se de um procedimento multivariado através do processo da variável canônica (MORRISON, 1967). Com a variável canônica de maior autovalor, obteve-se os escores a partir do vetor observação de cada unidade experimental das variáveis crescimento das plantas de pinhão manso estudadas, reduzindo-os para único valor. Tais escores foram submetidos à análise de variância univariada e estudo de regressão. A partir das equações obtidas, estimaram-se as doses recomendadas para obter 90% do máximo valor da variável canônica.

O nível crítico de P e K no solo e N, P e K na parte aérea das plantas de pinhão manso foram estimadas substituindo-se a dose recomendada de N, P e K nas equações que relacionam as doses de N, P e K aplicadas com seus teores no solo e na massa seca da parte aérea do pinhão manso. Para os procedimentos estatísticos, foi utilizado o programa SAS for Windows, pelo procedimento PROG GLM e REG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pouco se sabe sobre o comportamento nutricional do pinhão manso, pois essa espécie ainda se encontra em processo de domesticação. O crescimento das plantas de pinhão manso foi influenciado pela adubação com doses crescentes de NPK aplicadas ao solo, com resposta de interação entre N e P e isolada para K (Tabela 2). Pelos escores de crescimento das plantas de pinhão manso da variável canônica ($VC = 0,0138*Altura+0,1946*Diâmetro+0,4045*MSPA+0,8551*MSR$ com autovalor = 91%) da interação entre N e P verificou-se no estudo de superfície de resposta que houve redução do crescimento, com aumento das doses de N e uma resposta quadrática com aumento das doses de P (Figura 1A). O maior

crescimento das plantas de pinhão manso foi atingido sem a aplicação de N e com a dose de 115 mg dm^{-3} de P. Portanto, verifica-se que o N, na fase de crescimento de plantas de pinhão manso, em condições controladas, é pouco requerido e não há necessidade de sua aplicação; já o P é indicado para o bom crescimento das plantas.

Tabela 2. Altura de plantas, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e, variável canônica (VC) de plantas de pinhão manso em função das doses de N, P e K.

Doses (mg dm^{-3})		Altura (m)	Diâmetro (mm)	MSPA (g)	MSR (g)
N	P				
0	0	13,2	8,3	1,6	0,31
	45	13,8	9,0	1,7	0,37
	90	16,1	11,8	2,5	0,68
	180	14,3	10,3	1,8	0,47
75	0	13,5	8,0	1,2	0,28
	45	13,6	8,3	1,4	0,40
	90	15,9	9,5	2,3	0,46
	180	13,7	9,5	1,7	0,44
150	0	11,3	5,3	0,4	0,12
	45	11,8	5,5	0,8	0,27
	90	15,6	10,5	3,0	0,83
	180	12,3	7,3	1,3	0,28
300	0	10,4	6,0	0,6	0,14
	45	10,6	7,0	0,7	0,25
	90	13,4	9,0	1,4	0,37
	180	12,8	8,0	1,3	0,35
Doses de K (mg dm^{-3})		Altura	Diâmetro	MSP	MSR
0		12,0	6,6	0,9	0,25
50		13,9	8,4	1,3	0,40
100		14,1	9,3	1,9	0,47
200		13,1	8,9	1,8	0,39
Média		13,3	8,3	1,5	0,37
CV (%)		14,1	16,1	11,0	14,7

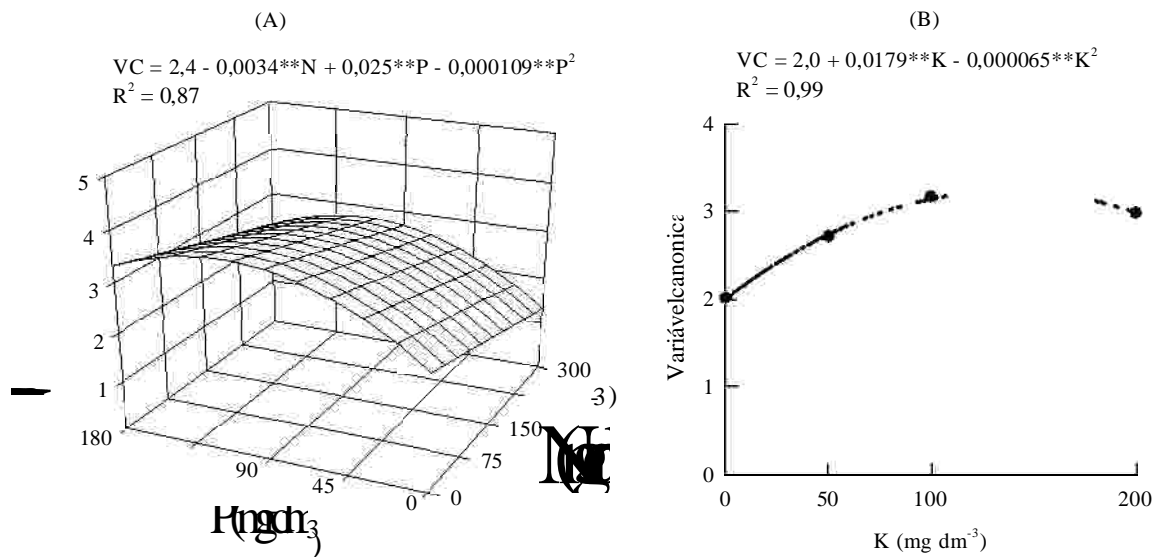


Figura 1. Escore da variável canônica (VC) da análise *canônica* em função de doses de N e P na interação (A) e de K (B) de plantas de pinhão manso (** significativo a 1% pelo teste de t).

De maneira geral, o N é limitante ao crescimento da maioria das plantas, sendo o nutriente mais requerido pelas plantas (MARSCHNER, 2002). A resposta do pinhão manso à adubação nitrogenada em Neossolo Quartzarênico, na fase de crescimento de plantas, não está de acordo com os obtidos com a mesma espécie (GUIMARÃES, 2008); com outra Euphorbiaceae, como a mamona (LAVRES JÚNIOR et al., 2005), e de acordo com o encontrado em mamona (NAKAGAWA et al., 1994). Possivelmente, o pinhão manso deve ser uma espécie de baixa exigência de N na fase de crescimento vegetativo, mesmo em solo com baixo teor de matéria orgânica (Tabela 1), pois taxa de reposição do N mineral na solução do solo, via mineralização da matéria orgânica do Neossolo Quartzarênico, é suficiente para proporcionar o crescimento das plantas de pinhão manso. Outra possibilidade talvez seja algum tipo de simbiose com microorganismos fixadores de nitrogênio.

A reduzida disponibilidade de P no solo (Tabela 1) é responsável pelo aumento do crescimento das plantas, sendo que a deficiência desse nutriente é o mais importante fator nutricional que restringe o crescimento vegetal em solos tropicais (SKREBSKY et al., 2008), além de o pinhão manso ter alta taxa de crescimento durante a fase vegetativa juvenil (SANTOS et al., 2007).

Em condições de campo, a adubação NPK conjugada ao plantio antecipado influenciou de forma linear o crescimento da mamona cv. Mirante 10 em Neossolo Flúvico, proporcionando crescimento em altura e diâmetro de caule e estendendo o início do florescimento, com incremento para cada unidade de variação no nível de adubação: ocorreu

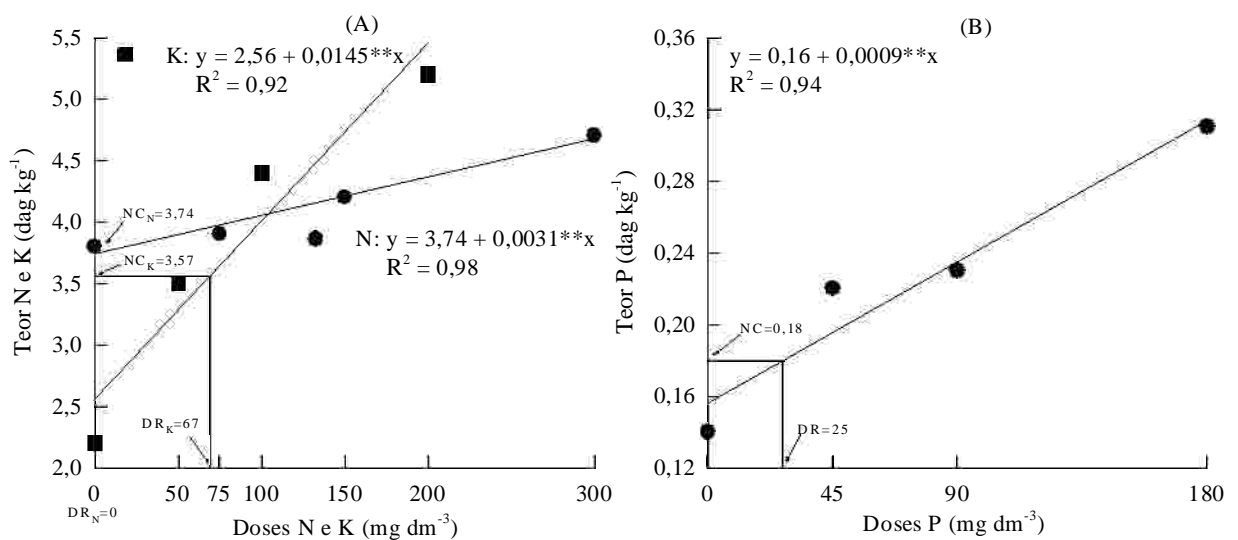
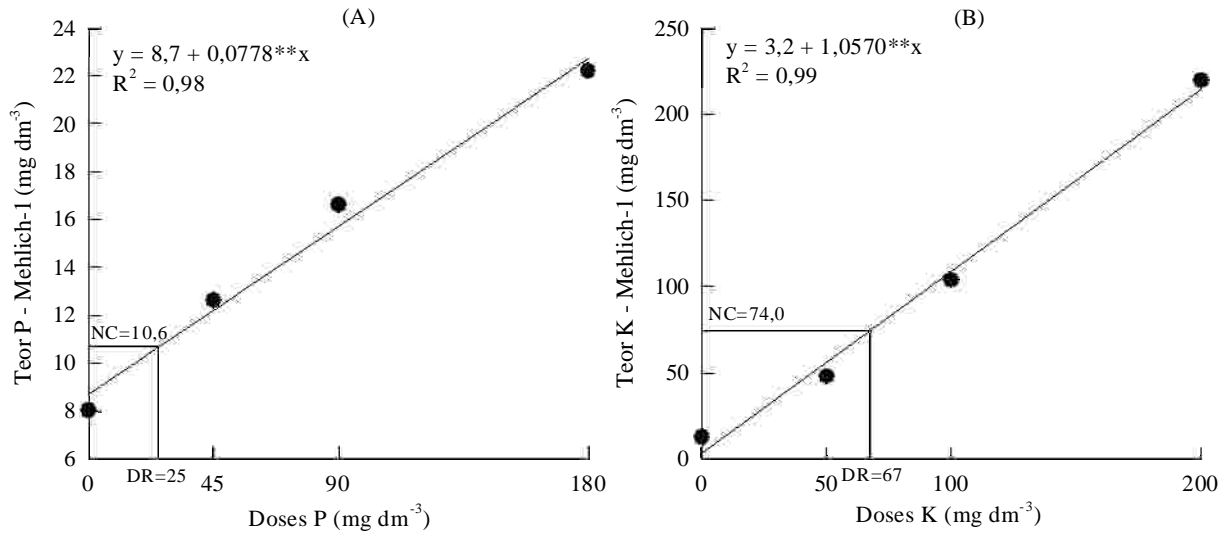
aumento de 0,33 m na altura de plantas, 3,26 mm no diâmetro do caule e 2,37 dias para o início do florescimento (DINIZ NETO et al., 2009).

O crescimento das plantas de pinhão, avaliadas pelos escores da variável canônica, aumentou segundo um modelo quadrático, com o incremento das doses de K aplicadas (Figura 1B). Não houve resposta à aplicação da dose de até 60 mg dm⁻³ através da adubação foliar em plantas de pinhão manso cultivado em Neossolo Regolítico (GUIMARÃES, 2008). Para a mandioca (*Manihot esculenta* L.), da mesma família do pinhão manso, cultivada em Argissolo Vermelho-Escuro de baixa fertilidade, não houve resposta à aplicação da adubação potássica (FIDALSKI, 1999). O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), espécie que apresenta comportamento fisiológico similar ao do pinhão manso, de ocorrência em condições do semiárido brasileiro, teve os teores foliares de K nas plantas elevados com a adubação potássica (NEVES et al., 2007).

A dose recomendada de P para obter 90% do máximo crescimento das plantas de pinhão estimada com a equação ajustada entre a variável canônica (VC) e as doses de P aplicadas ao solo (Figura 1A) foi obtida com a dose de 25 mg dm⁻³ e a dose de K, estimada através da equação quadrática (Figura 1B), foi de 67 mg dm⁻³.

Os resultados da análise química do solo após a colheita (Tabela 3) e dos teores de macro e micronutrientes na parte aérea (Tabela 4) das plantas de pinhão manso revelam o nivelamento a que foram submetidos todos os atributos complexo sortivo do solo, à exceção dos teores de P e K no solo e dos teores foliares de N, P e K na parte aérea do pinhão manso, influenciados pelas doses de N, P e K. Esses teores no solo e na parte aérea do pinhão manso aumentaram linearmente com as doses de N, P e K aplicadas ao solo (Figuras 2 e 3).

Os níveis críticos (NC) são os teores dos nutrientes que proporcionam 90% do máximo crescimento das plantas de pinhão manso, estimados com a equação ajustada entre a variável canônica (VC) e as doses de N, P e K aplicadas ao solo (Figura 1) e foram de 10,6 mg dm⁻³ de P (Figura 2A) e 74,0 mg dm⁻³ de K (Figura 2B) no solo e 3,74 dag kg⁻¹ de N (Figura 3A), 0,18 dag kg⁻¹ de P (Figura 3B) e 3,57 dag kg⁻¹ de K (Figura 3A) na parte aérea das plantas de pinhão manso. No umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), a dose de 281 mg dm⁻³ de P proporcionou a máxima produção de matéria seca das plantas e a faixa crítica de P nas folhas foi de 1,52 a 1,91 g kg⁻¹ (NEVES et al., 2008). Com o K, atingiu a máxima produção de folhas com a dose de 137 mg dm⁻³, já a máxima produção de raízes foi obtida com a dose de 229 mg dm⁻³. A faixa crítica de K foi de 3,40 a 6,04 g kg⁻¹ (NEVES et al., 2007).



CONCLUSÕES

1. O pinhão manso respondeu às doses de NPK aplicadas, sendo que, na fase de crescimento de plantas, recomenda-se doses de 25 mg dm^{-3} de P e 67 mg dm^{-3} de K. Não se recomenda a aplicação de N.

2. Os níveis críticos, correspondentes às doses recomendadas, foram de 10,6 para P e $74,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para K no solo (Mehlich-1).

3. Os teores de N, P e K na massa seca da parte aérea do pinhão manso, no nível crítico, foram de 3,74; 0,18 e 3,57 dag kg⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo auxílio financeiro. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de mestrado. À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pela infraestrutura necessária para condução do experimento. À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) do Centro Tecnológico Norte de Minas em Nova Porteirinha/MG, pelo fornecimento das sementes de pinhão manso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUT I, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.

ARAÚJO, A.P., MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p.253-280.

BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO VELOSO, J. F.; JUNQUEIRA, FIDELIS, M.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ROSCOE, R.; GAZZON D.; DUARTE, J. O.; DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. **Alerta sobre o plantio de pinhão manso no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 15p. (Documentos, 155)

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000

DINIZ NETO, M.A.; TÁVORA, F. J. A. F.; CRISÓSTOMO, L.A.; DINIZ, B.L.M. T.; Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. II - Componentes das fases vegetativas e reprodutivas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.3, p.417-426, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: SPI, 2006. 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise do solo**. Brasília: Produção de Informação, 1997. 212p.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1353-1359, 1999.

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

FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, G.V.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água solo da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p.5-8, 1980.

GUIMARÃES, A.S. **Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes**. 2008. 92f. Tese (Doutorado em Ecologia Vegetal e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba, Areia.

HELLER, J. **Physic nut (*Jatropha curcas* L.): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1**. IBPGR 161. Roma: IBPGR, 1996. 66p.

JONGSCHAAP, R.E.E., CORRÉ, W.J., BINDRABAN, P.S., BRANDENBURG, W.A. **Claims and facts on *Jatropha curcas* L.: global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme**. Wageningen: Plant Research International, 2007. 66p.

KERKHOF, E. **Application of jatropha oil and biogas in a dual fuel for rural electrification**. 2008. 93f., Tese (Master track Sustainable Energy Technology), Eindhoven University of Technology, Eindhoven.

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

LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L. de S.; D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.145-151, 2005.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SILVA, M.I.L.; BELTRÃO, E.M. Fontes e doses de matéria orgânica na composição do substrato para produção de muda de mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.2, p.77-83, 2007.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba : Agronômica Ceres, 1980. 251p.

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

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

MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. New York: Mc Graw-Hill Book CO., 1967. 415p.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; FERNANDES, D. M. Importância da adubação na qualidade do amendoim e da mamona. In: SÁ, M.E.; BUZZE I, S. (Ed.) **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.289-318.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G; FERREIRA, E.V.O.; PEREIRA, N.V. Crescimento, nutrição mineral e nível crítico foliar de K em plantas de umbuzeiro, em função da adubação potássica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 636-642, 2007.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.; OLIVEIRA, E.V.; NEVES, B.F.; Crescimento, nutrição mineral e nível crítico foliar de P em plantas de umbuzeiro, em função da adubação fosfatada **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 801-805 , 2008

NUNES, C.F.; SANTOS, D.N.S.; PASQUAL, M.; VALENTE, T.C.T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.207-210,2009.

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

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P.; Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria Orgânica do solo. In: NOVAIS et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.275-354.

SILVA, M. N. da. **População de plantas e adubação de nitrogenada em algodoeiro herbáceo irrigado**. 2001. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SKREBSKY, E.C.; NICOLOSO, F.T.; MALDANER, J.; RAUBER, CASTRO, G.Y.; JUCOSKI, G.O.; SANTOS, D.R. Caracterização das exigências nutricionais de plantas de *Puffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica nutriente faltante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.989-996, 2008.

SUJATHA, M.; REDDY, T.P.; MAHASI, M.J. Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. **Biotechnology Advances**, Ontario, v.26, p.424-435, 2008.

ARTIGO CIENTÍFICO II
ADUBAÇÃO NPK DO PINHÃO MANSO EM DUAS CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS

RESUMO

O pinhão manso é uma espécie atualmente estudada para a produção de biodiesel, mas sua viabilidade depende também das práticas agrícolas adotadas no cultivo, como a adubação, pois são determinantes da eficiência econômica e energética do processo. O objetivo deste trabalho foi estudar a adubação NPK sobre o crescimento de plantas, a produção de sementes e de óleo do pinhão manso em duas condições edafoclimáticas. Foram conduzidos dois experimentos, sendo um sob Neossolo Quartzarênico, no município de Diamantina, e outro sobre Latossolo Vermelho-Amarelo, no município de Governador Valadares, ambos no Estado de Minas Gerais. Usou-se, em ambos os locais, a espécie pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), com uma planta por cova, no espaçamento 2,5 x 2,0 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema de fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$, perfazendo um total de 32 tratamentos. Foram aplicadas doses de N: 0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹, na forma de uréia; doses de P₂O₅: 0, 75, 150 e 300 kg ha⁻¹, na forma de superfosfato triplo e as doses de K: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹, na forma de cloreto de potássio. Foi avaliado o crescimento das plantas pela medição da altura de plantas e diâmetro do caule na altura do colo a cada 30 dias; produção de sementes e de óleo com uma colheita em Diamantina, no ano de 2009, e duas colheitas em Governador Valadares, nos anos de 2008 e 2009. A aplicação de doses de N diminuiu o crescimento e a produção de sementes e de óleo em Diamantina e elevou-os em Governador Valadares. As doses recomendadas de P₂O₅ foram 87, 72 e 72 kg ha⁻¹ para o crescimento, a produção de sementes e de óleo de pinhão manso em Diamantina. Em Governador Valadares, não houve recomendação de adubação nitrogenada para a fase de crescimento das plantas; já para a produção de sementes e de óleo as doses recomendadas foram 36 e 31 kg ha⁻¹ de N. A adubação potássica não influenciou o crescimento e produção de sementes e de óleo de pinhão manso em ambos os locais de cultivo.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., Latossolo, Neossolo Quartzarênico.

NPK FERTILIZATION OF PHYSIC NUT IN TWO EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS

ABSTRACT

The physic nut is a currently studied specie to obtain biodiesel, but its viability also depends on the agricultural practices which is adopted in tillage such as fertilizer, considering that they are economic and energetic efficiency determinants of the process. The objective of the work was to study the NPK effects on growth, seeds and oil physic nut yield in two climate and soil conditions. Two experiments were conducted, one under Quartzarenic Neossol conditions, in Diamantina and another on Red-Yellow Latossol in Governador Valadares, both in the Minas Gerais. There were used in both places, the physic nut specie (*Jatropha curcas* L.), with one plant per pit and spacing of 2.5 x 2.0 m. The experimental design was randomized blocks, in the fractional factorial scheme $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$ totalizing 32 treatments. The N doses were applied (0, 25, 50 and 100 kg ha⁻¹) in urea form; P₂O₅ doses (0, 75, 150 and 300 kg ha⁻¹) in the triple superphosphate form and K doses (0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹) in the potassium chloride form. The plant growth was evaluated by measuring the height and stem diameter at the height of the lap every 30 days, seed and oil production with a harvest in Diamantina in 2009 and two harvests in Governador Valadares in the years 2008 and 2009. The applying of N doses affected negatively in the growth, seed and oil production in Diamantina and positively in Governador Valadares. The recommended P doses for the physic nut growth, seed and oil production in Diamantina was 87, 72 and 72 kg P₂O₅ per ha, respectively. In Governador Valadares, there was no recommends about nitrogen fertilization for the stage of plant growth. Though, for the oil and seeds production, the recommended dose was 36 and 31 kg ha⁻¹ N, respectively. Potassium fertilization did not influence the growth, seeds or oil production of physic nut in both cultivation places.

Keywords: *Jatropha curcas* L., Latossol, Quartzarenic Neossol

INTRODUÇÃO

O Protocolo de Kyoto estabeleceu metas quantitativas para a redução da de gases de efeito estufa pelos países desenvolvidos, referentes aos níveis de 1990. É nesse quadro que os biocombustíveis vão se inserir no mundo om, no mínimo, uma dupla responsabilidade: ajudar a reduzir a emissão de gases de efeito estufa e substituir parcialmente o petróleo para alongar sua vida útil. Hoje, os biocombustíveis em uso comercial no mundo são o etanol e o biodiesel, nos níveis de 50,0 e 5,0 bilhões de litros por ano, respectivamente (LEAL e LEITE, 2007).

Nesse contexto insere-se o pinhão manso (*Jatropha curcas* L), uma planta da família Euphorbiaceae, a mesma da mandioca (*Manihot esculenta*) e da mamona (*Ricinus communis* L). Considerada uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel, é um arbusto de crescimento rápido, caducifólico, que pode atingir mais de 5,0 m de altura. Os frutos são do tipo cápsula ovóide, com 1,5 a 3,0 cm de diâmetro, trilocular contendo, via de regra, três sementes, sendo uma semente por lóculo. As sementes têm de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura, apresentam teor de óleo variando entre 33 e 38 % e representam entre 53 e 79 % do peso do fruto (SATURNINO et al., 2005; LAVIOLA e DIAS, 2008). Sua dormência é induzida por flutuações na precipitação e (luz), mas nem todas as árvores respondem simultaneamente. Em uma cerca viva, por exemplo, poderão existir ramos sem folhas, e também outros cheios de folhas verdes (HENNING, s.d.).

As práticas agrícolas adotadas no cultivo das espécies produtoras de biodiesel são aspectos determinantes das eficiências econômica e energética do processo de obtenção de biodiesel. A eficiência energética do biodiesel depende de fatores como gasto energético na produção e o teor de óleo dos grãos utilizados. O sistema agrícola adotado, com maior ou menor número de operações de preparo de solo, por exemplo, é fundamental para um balanço energético favorável (SILVA e FREITAS, 2008).

O N tem função estrutural na planta e faz parte de moléculas de aminoácidos e proteínas, além de ser constituinte de bases nitrogenadas e ácidos nucléicos. É fundamental no crescimento, na formação vegetativa da planta e, na produção, estimula o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas e aumenta o teor de proteínas (MALAVOLTA et al., 1997). Nas oleaginosas, o N determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e produção de óleo, já que influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes. Quando adubado com N em grandes quantidades, eleva os ores do nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios

(CASTRO et al., 1999). O P é, reconhecidamente, um nutriente relevante para a obtenção de produtividade elevada. Tem sido o macronutriente que frequentemente limita a produção e, apesar da pequena exigência da cultura, são obtidas respostas positivas à adubação fosfatada. Além da pobreza dos solos brasileiros em P disponível, é baixo o aproveitamento desse nutriente aplicado via adubação, pois sua fixação é elevada nos solos tropicais (NOVAIS e SMITH, 1999). O K desempenha diversas funções na planta, destacando-se a ativação de enzimas; atua na fotossíntese e respiração, síntese de proteínas, carboidratos e de ATP; na regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos (MARSCHNER, 1995).

O objetivo deste trabalho foi estudar a adubação NPK sobre o crescimento, a produção de sementes e de óleo de pinhão manso em duas condições edafoclimáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos da mesma forma em dois locais distintos, caracterizados a seguir: um no município de Diamantina/MG, localizado no Alto Vale do Jequitinhonha, definido geograficamente pelas coordenadas de 18°12'09,8" de Lat. (S) e 43°34'22,1" Long. (O) e altitude 1.397 m, de clima tropical Cwb na classificação de Köppen (ANTUNES, 1986), com uma precipitação média anual de 1.082 mm, temperatura média 19,4°C (Figura 1), sob um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (NQ) (EMBRAPA, 2006). O outro, no município de Governador Valadares/MG, Vale do Rio Doce, definido geograficamente pelas coordenadas de 18°42'44,3" Lat. (S) e 42° 03' 48,7" Long. (O) e altitude 170 m, e clima tropical Aw na classificação de Köppen (ANTUNES, 1986), com precipitação média anual de 1.478 mm, temperatura média de 24,2°C (Figura 1), sob um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) (EMBRAPA, 2006), onde foram realizadas análises químicas e texturais (Tabela 1), conforme Embrapa (1997), respectivamente. (SILVA, 2009)

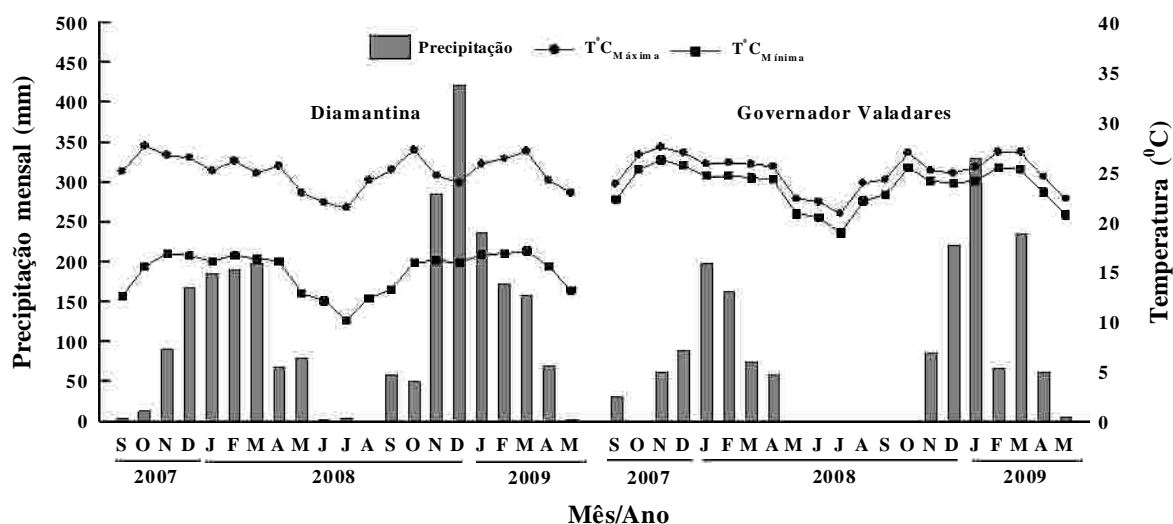


Figura 1. Distribuição mensal da precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima em Diamantina e Governador Valadares/MG no período de estudo. Fonte: Inmet (2009)

Tabela 1. Análise de química e de textura dos solos antes da aplicação dos experimentos.

Solo	pH _{água}	P K		Ca Mg Al			T	m V		MO	Areia	Silte	Argila
		-- mg dm ⁻³ --		----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- % -----					
NQ	5,9	0,5	46	0,2	0,1	0,7	4,6	58	9,1	17,5	870	70	60
LVA	6,9	10	70	2,1	0,9	0,1	5,1	3	55	18,7	590	50	360

pH_{água} - Relação solo-água 1:2,5. P e K - Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹. T - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases. MO - Matéria orgânica determinado através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método Walkley-Black por 1,724. Areia, silte e argila - Método da pipeta. NQ - Neossolo Quartzarênico e LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006).

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$, perfazendo 32 tratamentos. Nos arranjos do tipo fatorial, todas as combinações dos tratamentos são avaliadas e, quando esse delineamento é fracionado, algumas dessas combinações são eliminadas, de acordo com tabelas estatísticas, que variam com o experimento. As doses aplicadas de N, P e K foram baseadas na recomendação para a cultura da mamona (CFSEMG, 1989) - N: 0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹, na forma de uréia; as doses de P₂O₅: 0, 75, 150 e 300 kg ha⁻¹, na forma de superfosfato triplo e as doses de K₂O: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹, na forma de cloreto de potássio. Cultivou-se o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), cujas sementes são provenientes de uma população da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) do Centro Tecnológico Norte de Minas, em Nova Porteirinha/MG. As sementes foram imersas em solução contendo fungicida tiofanato metílico a 0,7% e antibiótico cloranfenicol a 2%. As sementes foram semeadas em saquinhos com 11 cm largura x 20 cm de altura, contendo subsolo de um Latossolo Vermelho-Amarelo,

e irrigadas diariamente com água, até o início da fase experimental. As plantas foram transplantadas para o campo em raiz nua, quando possuíam seis semanas em Diamantina e três semanas em Governador Valadares.

O preparo do solo da área experimental foi realizado de forma convencional. A calagem foi feita com três meses de antecedência na área, distribuindo em área total para elevar a saturação por bases de 55% no NQ em Diamantina, sem necessidade para LVA de Governador Valadares (Tabela 1). O adubo fosfatado foi distribuído no sulco no dia do plantio, conforme cada tratamento. O plantio das plantas foi realizado em 20 de setembro de 2007, em Diamantina, e em 5 de dezembro de 2007, em Governador Valadares. O plantio foi feito em sulcos com espaçamento de 2,5 x 2,0 m. A parcela experimental foi composta por 18 plantas, distribuídas em três fileiras com seis plantas, sendo a parcela útil as quatro plantas centrais. A adubação nitrogenada e potássica foi realizada em cobertura, parcelada em três vezes, visando reduzir possíveis perdas por lixiviação desses nutrientes, conforme cada tratamento. A adubação com micronutrientes foi de 1 kg ha⁻¹ de B e 4 kg ha⁻¹ de Zn, na forma de ácido bórico e sulfato de zinco, respectivamente.

Mensalmente, as parcelas úteis foram avaliadas da seguinte forma: a altura das plantas e o diâmetro do caule na altura do colo até aos 425 e 128 dias após o plantio das plantas em Diamantina e Governador Valadares, respectivamente, sendo que depois dessa avaliação as plantas floresceram. Foram determinadas pela fórmula que descreve a obtenção das curvas a área abaixo da curva de progresso da altura de plantas e do diâmetro do colo (AACPDCC) de plantas de pinhão manso submetidas a doses de NPK cultivado em NQ e LVA, adaptada da equação proposta por Shaner e Finney (1977) para as variáveis:

$$AACPDCC = \sum_{i=1}^{n-1} ((Y_i + Y_{i+1})/2) * (T_i - T_{i+1}),$$

onde: AACPDCC = área abaixo da curva de progresso (adimensional); Y_i = proporção da doença na i-ésima observação; T_i = tempo em dias na i-ésima observação; n = número de observações.

Em Diamantina, a colheita foi realizada em janeiro de 2009; já em Governador Valadares, a primeira colheita foi em agosto de 2008 e, a segunda, em maio de 2009. A produção de sementes de pinhão manso foi avaliada por parcela útil, com umidade das sementes corrigida para 12%. O teor de óleo das amêndoas foi obtido por extração contínua com éter etílico em aparelho tipo Soxhlet (AOAC, 1990). Por meio desse dado foi possível extrapolar para a produção de óleo em L ha⁻¹, apresentada pela planta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e estudo de regressão polinomial utilizando o programa SAS for Windows, pelo procedimento PROC GLM e REG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ser uma planta em fase inicial de domesticação, só agora começam a ser feitos os ensaios de adubação em campo. Sabe-se que a floração do pinhão manso é induzida por fatores estressantes, como temperatura e estações de seca, mas exatamente como isso ocorre ainda é desconhecido. Para a indução floral, as plantas de pinhão manso precisam ser expostas a alta radiação solar (KERKHOF, 2008). Já o crescimento e a reprodução são influenciados pelo estágio nutricional da planta. Ocorrendo a deficiência nutricional, a planta cresce menos e ramifica menos, o que implicará em menos frutos, já que são produzidos nas pontas dos ramos (GUIMARÃES, 2008).

Em um clima com épocas distintas, o pinhão manso começa floração após esses períodos de estresse terem terminado, o que pode acontecer várias vezes por ano. De posse dessa informação e, ao observar a distribuição mensal da precipitação e as temperaturas máximas e mínimas em Diamantina e Governador Valadares (Figura 1), é possível averiguar um dos motivos de a produção ter sido maior na região de Governador Valadares, mesmo sob tratos culturais idênticos. Isso se confirma ainda pelo maior tempo gasto entre o das mudas e o início da floração, que foi 128 dias em Governador Valadares e 425 dias em Diamantina.

As doses de N e P apresentaram efeitos individuais significativos nas condições edafoclimáticas de Diamantina. O solo NQ, de baixa fertilidade natural, respondeu negativamente à aplicação de N (Tabela 2). A resposta do N seguiu modelo linear decrescente, mostrando que houve resposta restritiva ao crescimento, produção de sementes e de óleo (Tabela 3). O resultado encontrado sugere que o pinhão manso é altamente eficiente na absorção de N em um solo com baixos teores desse nutriente. Apenas o N proveniente da matéria orgânica foi suficiente para suprir a demanda da planta. O efeito negativo do N sobre a produção demonstra que a cultura não necessita de aplicação de N, o que foi associado à menor produtividade das plantas cultivadas no NQ (Tabela 3).

O baixo teor de N no solo foi capaz de suprir a demanda da planta, pois as baixas temperaturas prejudicaram o florescimento do pinhão manso, reduzindo drasticamente a demanda por N da planta. Outra possibilidade talvez seja algum tipo de simbiose com microorganismos fixadores de nitrogênio.

O pinhão manso apresentou resposta positiva à aplicação de P, primeiramente em razão das características de baixa fertilidade do solo e do baixo teor de argila presente no NQ

(Tabela 1) nas condições edafoclimáticas de Diamantina (Tabela 2). O baixo teor de argila reduziu a adsorção do macronutriente, deixando o P mais disponível à planta. O modelo da equação quadrática foi a que melhor explicou a variação do crescimento, da produção de sementes e de óleo em função das doses de P (Tabela 3). A dose de P recomenda foi de 95 e 80 kg ha⁻¹ para a AACPAP e para AACPDCC, respectivamente, que representam a variação do crescimento, e 72 kg ha⁻¹ para a produção de semente e de óleo (Tabela 3).

Tabela 2. Área abaixo da curva de progresso da altura de plantas do diâmetro do colo (AACPDCC), produção de sementes e de óleo de plantas de pinhão manso submetidas a doses de N, P e K em dois locais de cultivo (Diamantina e Governador Valadares).

Doses	AACPAP	AACPDCC	Produção			
			Semente		Óleo	
		 kg ha ⁻¹ L ha ⁻¹
.....Diamantina.....						
Doses N						
0	14.526,8	1.252,3	17,1		7,2	
25	12.637,8	1.065,2	16,1		6,4	
50	11.339,0	1.051,6	15,0		5,8	
100	8.772,0	793,2	13,4		5,3	
Doses P ₂ O ₅						
0	7.572,3	835,8	12,6		5,0	
75	13.581,2	1.054,7	16,1		6,7	
150	15.024,1	1.237,6	17,5		6,7	
300	11.098,0	1.034,1	15,3		6,2	
.....Governador Valadares.....						
Doses N			2008	2009	2008	2009
0	9.275,7	375,2	126,6	130,2	51,6	51,4
25	9.753,5	407,8	243,9	271,2	98,5	119,8
50	10.001,4	411,3	366,5	348,2	139,9	139,5
100	8.447,5	371,4	231,9	148,7	90,9	57,6

A adubação nitrogenada não influenciou na produção de mamão aspecto provavelmente explicado pela alta concentração de matéria orgânica do solo, a qual, através de processo de mineralização, disponibilizou as quantidades exigidas de N. A adubação potássica diminuiu a produção da mamona e as doses de P aumentaram-na (PACHECO et al., 2008). O aumento nas doses de P promoveu a elevação da produção de óleo da mamona (SEVERINO et al., 2006).

Nas condições edafoclimáticas de Governador Valadares, apenas a adubação nitrogenada foi significativa para os parâmetros estudados (Tabela 2). Por não apresentar efeito residual no solo (DA SILVA, 2005), o N foi exigido em Governador Valadares, como

resposta aos teores médios de P e K no solo (Tabela 1) e às condições climáticas favoráveis de temperatura e precipitação (Figura 1) em relação às condições edafoclimáticas de Diamantina.

Tabela 3. Equações de regressão ajustadas para a área abaixo da curva de progresso da altura de plantas (AAPAP) e do diâmetro do colo (AAPDCC), produção de sementes e de óleo de pinhão manso como variáveis dependentes (Y) das doses de N (N) e P₂O₅ (P) aplicadas ao solo e; dose recomendada para 90% do crescimento máximo (AAPAP e AAPDCC) ou produção máxima (sementes e óleo) em dois locais de cultivo.

Fase	Variável	Equação	R ²	90% crescimento ou produção máxima	Dose recomendada (kg ha ⁻¹)
..... Diamantina (MG)					
Crescimento	AAPAP	Y= 14285 - 56,3591**N	0,99	14.285,0	0
		Y= 7760 + 90,94**P - 0,2667**P ²	0,99	13.979,3	95
	AAPDCC	Y= 1229 - 4,3099**N	0,95	1.229,0	0
		Y= 823+ 4,47**P - 0,0125**P ²	0,98	1.100,4	80
Produção (2009)	Semente (kg ha ⁻¹)	Y= 17,0 - 0,0368**N	0,99	17,0	0
		Y= 12,6 + 0,0575**P - 0,000161**P ²	0,99	15,9	72
	Óleo	Y= 7,0 - 0,0182**N	0,95	7,0	0
		Y= 5,1+ 0,0208**P - 0,000057**P ²	0,91	6,3	72
..... Governador Valadares (MG)					
Crescimento	AAPAP	Y= 9238 + 35,3318**N - 0,4311**N ²	0,99	9.238,0	0
	AAPDCC	Y= 376 + 1,5426**N - 0,0156**N ²	0,99	376,0	0
Produção (2008)	Semente	Y=115,8 + 7,9678**N - 0,067712**N ²	0,95	315,2	36
	Óleo	Y=48,4 + 2,9730**N - 0,025382**N ²	0,97	121,9	35
Produção (2009)	Semente	Y=125,8 + 8,2981**N - 0,080554**N ²	0,99	305,5	31
	Óleo	Y=52,1 + 3,4961**N - 0,034436**N ²	0,99	126,7	31

** Significativo a 1% pelo teste de t. Produção de sem e de óleo em kg ha⁻¹ e L ha⁻¹, respectivamente.

Na Tabela 2, observam-se as variáveis relativas ao crescimento do pinhão manso em Diamantina e Governador Valadares em função das doses N e P₂O₅ aplicadas. A princípio, observa-se que o valor de crescimento em Diamantina é maior que em Governador Valadares. O experimento em Diamantina permaneceu 425 dias em campo antes da produção e o de Governador Valadares, 128 dias. Na dose nula de N, tem-se um crescimento relativo em

Governador Valadares duas vezes maior que em Diamantina. Na fase de produção, essa diferença pode ser notada mais facilmente.

Todas as variáveis avaliadas responderam de forma quadrática às doses de N aplicadas no LVA, mas não houve dose recomendada de N na fase de crescimento do pinhão manso nessas condições (Tabela 3). A dose recomendada para produção de sementes foi de 36 e 31 kg ha⁻¹ de N para atingir 90% da produção máxima (dose econômica) para a primeira e segunda colheita, respectivamente, recomendando-se uma dose média de 34 kg ha⁻¹ de N. Para a produção de óleo, a dose recomendada foi de 35 e 31 kg ha⁻¹ na primeira e segunda colheitas, respectivamente, com uma dose média de 33 kg ha⁻¹ de N. Como as doses médias recomendadas para produção de sementes e de óleo de pinhão manso são bastante próximas, por não haver diferença do teor de óleo em resposta à adubação NPK, pode-se recomendar uma dose de 33 kg ha⁻¹ de N como a dose econômica para produzir sementes e óleo de pinhão manso.

O menor desenvolvimento do pinhão manso em Diamantina em relação a Governador Valadares, em razão das condições climáticas, influenciou a resposta do pinhão manso à adubação, especialmente ao N. Na fase de crescimento, nenhum dos dois experimentos respondeu à aplicação de N, o que leva a supor que a matéria orgânica do solo foi capaz de suprir a demanda da planta. Ambos os solos possuem uma média de 18 g dm⁻³ de MOS; no entanto, a textura do Neossolo Quartzarênico com apenas 60 g dm⁻³ de argila favorece uma maior disponibilização de nutrientes para a planta em relação ao LVA. A mineralização da matéria orgânica do solo foi maior no Argissolo Amarelo do que no Latossolo Amarelo, o que se atribuiu à textura mais arenosa do Argissolo (FONTANA et al., 2001). Estudo sobre a adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal em cerrado na região de Botucatu, SP, mostrou que a chuva adicionou 15,5 N; 2,8 P; 5,4 K; 13,0 Ca e 2,4 Mg kg ha⁻¹ ano⁻¹ (MAFRA, 1996). É possível que o pinhão manso, especialmente em Diamantina, onde permaneceu mais tempo em campo, tenha recebido esse acréscimo de nutrientes do solo, advindo não só da matéria orgânica como também da água da chuva. Considerando que na recomendação para o cultivo da mamona (CFSEMG, 1999), que é de 40 kg.ha⁻¹ de N em cobertura e um aporte de 15,5 de N kg ha⁻¹ ano⁻¹, durante a fase de crescimento, o pinhão manso, no cultivo, pode ter recebido cerca de 18 kg ha⁻¹ de N. A adição de N mineral tornou-se desnecessária e até mesmo prejudicial nas doses mais elevadas.

Observa-se que no LVA não houve efeito significativo da adubação fosfatada e potássica em razão do teor médio de P encontrado no solo. Em mamona, tanto a aplicação de NPK quanto de adubo orgânico aumentou o rendimento da cultura (SEVERINO et al., 2006).

Outras oleaginosas, como o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), em solo argiloso (SILVA et al., 1993), e o girassol (*Helianthus annuus*), em Neossolo Quartzarênico (BISCARO et al., 2008), responderam, de maneira linear, positivamente à aplicação de N, com dose máxima de 88 e 55 kg ha⁻¹, respectivamente. A seringueira (*Hevea brasiliensis*) apresentou resposta linear à adubação nitrogenada e fosfatada e à interação de ambas sobre o perímetro do caule, num Latossolo Vermelho-Amarelo (BATAGLIA, et al., 1998).

A adubação potássica não apresentou resposta significativa, uma vez que ambos os solos apresentam teor médio de K (Tabela 1), suficiente para suprir a demanda nutricional do pinhão manso. A soja não respondeu à adubação potássica em um experimento de campo em um Latossolo Húmico (SCHERER, 1998) e em Latossolo Vermelho (BERNARDI et al, 2009), com teor no solo de 936 e 86 mg dm⁻³ de K, respectivamente.

Esses experimentos deixaram claro que a adubação e o tipo de solo influenciaram o crescimento e produção do pinhão manso (Tabela 2), mas os fatores climáticos foram decisivos em todo o ciclo da cultura, desde o cultivo da fase de plantas até a produção. Notadamente em um mesmo período experimental, em Governador Valadares obteve-se uma florada mais rápida, que proporcionou duas colheitas, enquanto que, em Diamantina, houve uma demora para florescer e somente uma produção (Tabela 2). A distribuição atual de pinhão manso mostra que a introdução foi mais bem sucedida em regiões mais secas dos trópicos, com uma precipitação média anual entre 300 e 1.000 mm; no entanto, também cresce em maiores precipitações (BEERENS, 2007). Como pinhão manso ocorre principalmente em baixas altitudes (0-500 m), pode-se concluir que está adaptado a temperaturas mais elevadas (KERKHOF, 2008). As áreas onde tem sido coletado, no centro de origem, e de onde o material foi levado para ensaios de proveniência mostram médias anuais de temperaturas bem acima de 20°C e até 28°C (HELLER, 1996).

CONCLUSÕES

1. O clima influenciou o pinhão manso nos dois locais de cultivo.
2. A adubação fosfatada influenciou o crescimento e a produção de sementes e de óleo de pinhão manso em Diamantina, cujas doses recomendadas são 87 e 72 kg ha⁻¹ de P₂O₅.
3. A adubação potássica, por sua vez, não apresentou influência sobre o pinhão manso em nenhum dos dois locais de cultivo.

4. Não há necessidade de adubação nitrogenada na fase de crescimento do pinhão manso.

5. Apenas a adubação nitrogenada influenciou, em Governador Valadares, a produção de sementes e de óleo, cuja dose recomendada foi de 33 kg ha⁻¹ de N.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo auxílio financeiro. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de mestrado. À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Universidade do Vale do Rio Doce, pela infraestrutura necessária para condução dos experimentos. À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) do Centro Tecnológico Norte de Minas, em Nova Porteirinha/MG, pelo fornecimento das sementes de pinhão manso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Analytical Chemists (AOAC).. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15.ed. Washington, D.C. 2v. 1990.

ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.9-13, 1986.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, 1999. p. 43-60.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R.; IGUE, T.; GONSALVES, P.S. Resposta da seringueira clone rim 600 à adubação NPK em solo podzólico vermelho-amarelo. **Bragantia**., v.57, n.2, p. 367-377, 1998.

BEERENS, P. **Screw-pressing of Jatropha seeds for fuelling purposes in less developed countries**, Eindhoven, 2007, 80 p.

BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P.; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G.S.; FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na Rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 2, p. 158-167, 2009.

BISCARO, G.A.; MACHADO, J.R.; TOSTA, M.S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R.P.; CARVALHO, L.A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS, **Ciência e agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1366-1373,2008

CASTRO, C., BALLA, A., CASTIGLIONI, V. B. R. et al. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Scientia agricola**. 1999, vol.56, no.4, p.827-833.

CFSEMG, COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS Mamona. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, 1999. p. 311.

CONAGIN, A.; NAGAI, V.; IGUE, T. **Delineamento (1/2)⁴ em blocos de oito unidades**. Campinas : Instituto Agronômico, Campinas. 1997. 9p. (Boletim Científico 36)

DA SILVA, E.C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) da uréia, do milho e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. 2005, 111f. Tese (Doutorado em Ciências – Área de concentração: Energia Nuclear na Agricultura) Universidade de São Paulo, Piracicaba.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: SPI, 2006. 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise do solo**. Brasília: Produção de Informação, 1997. 212p.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, G.B.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G. Matéria orgânica em solos de tabuleiros na região Norte Fluminense-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n.1, p.114 – 119, 2001

GUIMARÃES, A.S. **Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes**. 2008. 92f. Tese (Doutorado em Ecologia Vegetal e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba, Areia.

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

HENNING, R.K. ***Jatropha curcas* in Africa – an Evaluation**. Global Facilitation Unit for Underutilized Species, Rothkreuz Weissensberg, Germany, 49p., s.d. Disponível em: <<http://www.fact-foundation.com/>>. Acesso em dezembro 2009.

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

LEAL, R.M.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; ZACCARO, R.P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p. 1111-1119, 2007

LEITE, R.C.C; LEAL, M.R.L.V. O biocombustível no Brasil. **Novos estudos - CEBRAP**, São Paulo, n. 78, p.15-21,. 2007.

MAFRA, A.L. **Balanco de nutrientes em um sistema agroflorestal no cerrado de Botucatu, SP**. 1996. 65f. Tese (Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo). Piracicaba.

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

NOVAIS RF; SMYTH TJ. 1999. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 399 p.

PACHECO, D. D.; GONSALVES, N.P.; SATURNINO, H.M.; ANT NES, P.D. Produção e disponibilidade de nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.8, n.1, p. 153-160, 2008.

PRAJAPATI, T. **A hand book of Jatropha curcas Linn: physic nut**. Asian Medicinal Plants & Health Care Trust, 2005, 98p.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.563-568, 2006

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, D.A.; CARDOSO, G.D. ; VIRIATO, J.R.; BELTRÃO, N.E.M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.879-882, 2006

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, 70, p. 1183-1186, 1977.

SCHERER, E. E. Resposta da soja à adubação potássica em Latossolo Húmico distrófico num período de doze anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.1, p.49-55,1998.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L.H.; CANTARELLA, H.; BATAGLIA O.C.; KONDO, J.I.; SABINO, J.C.; BORTOLETTO, N. Uso de sulfato de amônio e de uréia na adubação do algodoeiro. **Bragantia**, v.52, n.1, p. 69-81, 1993.

SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S., Biodiesel: o ônus e o ônus. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.843-851, jun. 2008.

SILVA, T.R.B; LEITE; V.E.; SILVA, A.R.B; VIANA, L.H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p. 1357-1359 ,2007

CONCLUSÃO GERAL

Na fase de crescimento de plantas de pinhão manso não há necessidade de adubação nitrogenada, mas é necessário na fase produção de sementes e de óleo para garantir elevadas produtividades.

A adubação fosfatada deve ser adequada na fase de produção de plantas e crescimento de plantas a campo e para produção de sementes e de óleo de pinhão manso para teor baixo de P no solo e não tendo a necessidade da adubação potássica em teor médio de K no solo

O crescimento e produção de sementes e de óleo do pinhão manso são melhores em regiões mais quentes e úmidas.

ANEXO

Tabela 1A. Resumo da análise de variância dos dados de altura de plantas, diâmetro na altura do colo, produção de massa seca da parte aérea (MSPA) de raízes (MSR) de plantas de pinhão manso submetidas a doses de NPK no solo.

CV	GL	Quadrado médio			
		Altura	Diâmetro	MSPA	MSR
N	3	56,7436**	63,75**	6,1638**	0,2239**
P	3	23,0955**	13,37**	3,7362**	0,2487**
K	3	38,1780**	56,83**	8,1345**	0,3418**
N*P	9	24,2828**	19,24**	3,4051**	0,2202**
N*K	7	5,7955	2,61	0,0067	0,0050
P*K	4	3,1650	4,16	0,0143	0,0063
Resíduo	67	3,4992	1,78	0,0262	0,0030
Média	-	13,26	8,30	1,47	0,37
CV(%)	-	14,10	16,08	11,02	14,69

** significativo a 1% pelo teste de F.

Tabela 2A. Resumo da análise de variância dos dados da análise química do solo após o cultivo das plantas de pinhão manso submetido a doses de NPK no solo.

CV	GL	Quadrado médio								
		pH _{água}	P	K	Ca	Mg	Al	CTC pH		
								7,0	V	MO
N	3	0,004	23,45	930,20	0,96	0,502	0,0006	9,09	64,67	0,330
P	3	0,037	50,67**	414,50	2,79	0,482	0,0019	11,89	71,30	0,334
K	3	0,038	26,51	135.740,50**	1,81	0,283	0,0014	8,24	97,28	0,187
N*P	9	0,036	16,66	406,61	0,75	0,334	0,0015	7,81	106,15	0,358
N*K	7	0,041	17,41	180,94	0,84	0,444	0,0013	6,96	112,68	0,899
P*K	4	0,040	26,75	639,20	1,51	0,447	0,0018	6,93	41,53	0,240
Resíduo	67	0,027	14,55	423,0937	1,54	0,269	0,0009	4,88	102,12	0,622
Média	-	5,0	15,6	97,9	5,0	2,4	0,2	11,5	66	7,4
CV(%)	-	3,3	24,5	21,0	24,8	21,6	15,1	19,2	15,3	10,7

** significativo a 1% pelo teste de F. CTC - Capacidade de troca de cátions. V - Saturação por bases. M.O. - Matéria orgânica

Tabela 3A. Resumo da análise de variância dos dados dos teores foliares na parte aérea de plantas de pinhão manso submetido a doses de NPK no solo.

CV	GL	Quadrado médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
N	3	2,63**	0,002	0,918	0,041	0,098	0,027	302,15	6,66	2.259,95	353,85	592,50
P	3	1,51	0,179**	0,730	0,058	0,116	0,040	240,56	7,20	3.621,53	507,45	56,00
K	3	0,54	0,003	2,016**	0,044	0,143	0,045	274,93	7,12	3.075,73	340,12	316,59
N*P	9	1,54	0,002	0,901	0,036	0,106	0,041	126,22	12,80	1.087,06	138,21	528,92
N*K	7	1,25	0,002	0,788	0,041	0,118	0,047	193,96	14,59	1.806,91	409,80	421,13
P*K	4	0,80	0,001	0,621	0,025	0,106	0,055	247,01	5,93	2.947,29	234,29	663,00
Resíduo	67	0,89	0,002	0,585	0,024	0,060	0,025	144,96	7,33	1.396,79	199,69	294,51
Média	-	4,1	0,22	3,8	0,8	1,1	0,7	57,9	19,3	130,5	51,2	92,2
CV(%)	-	23,0	18,3	20,1	19,5	22,2	21,2	20,8	14,0	28,6	27,6	18,6

** significativo a 1% pelo teste de F.

Tabela 4A. Resultados da análise química do solo em função das doses de N, P e K após o cultivo das plantas de pinhão manso.

Doses (mg dm ⁻³)	pH _{água}	P ⁽¹⁾	K ⁽¹⁾	Ca ⁽²⁾	Mg ⁽²⁾	Al ⁽²⁾	T ⁽³⁾	V ⁽⁴⁾	M.O. ⁽⁵⁾
		----- mg dm ⁻³ -----			----- mol dm ⁻³ -----			%	g dm ⁻³
Doses N									
0	5,0	15,1	85,1	5,6	2,6	0,2	12,4	68	13,1
75	5,0	17,4	115,7	5,0	2,1	0,2	11,3	66	12,8
150	5,0	15,6	98,9	5,1	2,8	0,2	12,2	67	12,4
300	5,0	14,7	104,5	4,0	2,1	0,2	10,0	64	12,9
Doses P									
0	5,0	8,0	109,0	5,6	2,7	0,2	12,8	67	12,8

45	5,0	12,6	96,0	5,4	2,4	0,2	12,1	67	12,6
90	5,0	16,6	80,5	4,8	2,5	0,2	11,3	66	12,9
180	5,1	22,2	102,6	4,1	2,0	0,2	9,9	64	13,1
Doses K									
0	5,0	13,3	12,3	5,7	2,5	0,2	12,2	67	12,8
50	5,0	16,0	47,7	4,9	2,4	0,2	11,2	66	12,8
100	5,1	21,5	103,4	5,4	2,7	0,2	12,6	67	13,1
200	5,0	14,7	219,5	4,0	2,2	0,2	10,4	64	12,8
Média	5,0	15,6	97,9	5,0	2,4	0,2	11,5	66	12,8
V (%)	3,3	24,5	21,0	24,8	21,6	15,1	19,2	15,3	10,7

⁽¹⁾Extrator Mehlich-1. ⁽²⁾Extrator KCl 1 mol L⁻¹. ⁽³⁾Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. ⁽⁴⁾Saturação por bases. ⁽⁵⁾Matéria orgânica pelo método Walkey-Black.

Tabela 5A. Teores de nutrientes na parte aérea do pinhão manso em função das doses de N, P e K.

Doses (mg dm ⁻³)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Doses N	----- dg kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----					
0	3,8	0,12	3,9	0,8	1,0	0,8	58,5	19,6	128,5	47,6	92,7
75	3,9	0,11	3,7	0,9	1,1	0,7	56,7	19,2	134,9	49,1	91,6
150	4,2	0,12	3,8	0,8	1,1	0,7	57,1	19,5	128,0	51,3	91,2
300	4,7	0,14	3,8	0,7	1,3	0,7	58,3	18,7	125,7	55,2	99,3
Doses P											
0	4,3	0,14	3,4	0,9	1,1	0,8	59,0	20,3	137,0	54,3	91,0
45	3,7	0,22	3,7	0,8	1,1	0,8	52,7	21,7	144,8	41,4	91,4
90	4,1	0,23	4,1	0,8	1,2	0,7	62,4	18,4	128,8	49,2	92,5
180	4,4	0,31	4,2	0,8	1,0	0,7	51,0	17,1	126,0	59,7	90,8
Doses K											
0	4,0	0,24	2,2	0,8	1,1	0,7	55,0	20,7	123,9	52,8	91,4
50	4,4	0,25	3,5	0,7	1,1	0,8	56,0	19,5	133,5	54,8	92,6
100	4,2	0,26	4,4	0,8	1,1	0,7	57,5	18,3	138,0	49,2	90,7
200	3,9	0,29	5,2	0,9	1,1	0,8	58,8	19,0	127,3	49,1	91,4
Médi	4,1	0,20	3,8	0,8	1,1	0,7	57,6	19,3	130,5	51,2	92,2
V (%)	23,0	18,3	20,1	19,5	22,2	21,2	20,8	37,1	28,6	27,6	18,6

Tabela 6A. Resumo da análise de variância dos dados de área abaixo da curva de progresso da altura de plantas (AAPAP) e do diâmetro do colo (AAPDCC) de plantas de pinhão manso submetidas a doses de NPK em Diamantina e Governador Valadares, MG.

Fator de variação	GL	Quadrado médio			
		Diamantina		Governador Valadares	
		AACPAP	AAPDCC	AACPAP	AAPDCC
Bloco	3	15.360.300,31	166.384,29	1.668.883,14	325,55
N	2	75.212.910,02*	203.529,28*	20.285.481,54*	30.326,06*
P	3	85.153.850,65*	215.911,96*	1.200.145,74	946,93
K	3	14.881.332,37	30.348,35	669.446,92	1.067,08
Resíduo	20	8.629.500,47	94.233,79	5.795.764,45	7.983,20
Média		11818,90	1.040,57	9.369,52	391,42
CV(%)		24,86	29,50	25,69	22,83

*significativo a 5% pelo teste de F.

Tabela 7A. Resumo da análise de variância dos dados de produção de sementes e de óleo de plantas de pinhão manso submetidas a doses de NPK em Diamantina e Governador Valadares, MG.

Fator de variação	GL	Diamantina (MG)		Governador Valadares (MG)			
		Produção (2009)		Produção (2008)		Produção (2009)	
		Sementes	Óleo	Sementes	Óleo	Sementes	Óleo
Bloco	3	8,40	1,24	53.190,80	7.474,77	23.679,29	583,37
N	2	48,87*	7,97*	163.781,00*	9.629,68*	125.021,73*	23.39,05*
P	3	54,68*	9,40*	30.070,69	5.129,80	8.350,46	3.729,37
K	3	6,62	0,79	4.101,31	454,06	9.932,75	6.019,81
Resíduo	20	11,66	1,32	7.948,26	1.320,87	56987,34	2.841,99
Média		15,38	4,75	242,22	97,33	224,57	92,05
CV(%)		22,20	24,19	36,81	37,34	32,15	57,90

*significativo a 5% pelo teste de F.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)