



## CRESCIMENTO VEGETATIVO DO PINHÃO MANSO SUBMETIDO À IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA REGIÃO DO CERRADO

Adão Wagner Pêgo Evangelista<sup>1\*</sup>, Fernando Resende da Costa<sup>1</sup>, José Alves Júnior<sup>1</sup>, Derblai Casaroli<sup>1</sup>, Jorge Luiz Moretti de Souza<sup>2</sup>, Márcio Mesquita<sup>1</sup>, Rafael Battisti<sup>1</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se com o experimento avaliar o efeito da aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica sobre o crescimento da parte aérea do pinhão manso. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas constituíram-se da aplicação de quatro lâminas de irrigação (0; 40; 80; e 120% da evaporação do tanque classe A) e as subparcelas de quatro doses de adubação potássica (40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Como tratamento também foram consideradas doze épocas de avaliação do experimento, durante dois anos agrícolas. A irrigação foi via sistema por microaspersão com turno de rega de dois dias. As características de crescimento da planta avaliadas foram: altura de planta, diâmetro de caule, área de projeção de copa, e número de ramificações no ramo principal. Os níveis de irrigação e as doses de potássio influenciaram significativamente as características de crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso. O nível médio de irrigação de 115% da evaporação do tanque Classe A e a dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, foram as que proporcionaram o melhor resultado.

**Palavras-chave:** oleaginosas, biocombustíveis, manejo de água.

**Palavras-chave:** oleaginosas, biocombustíveis, manejo de água

## GROWTH OF JATROPHA TREE SUBMITTED TO IRRIGATION AND POTASSIUM FERTILIZATION IN BRAZILIAN SAVANNA REGION

**ABSTRACT:** The objective of this experiment was to evaluate the effect of the application of irrigation and potassic fertilization levels on canopy growth of the Jatropha trees. The experimental design was in randomized blocks with subdivided plots and four replicates. The plots consisted of application of four irrigation levels (0, 40, 80, and 120% of the evaporation of the class A pan) and the four potassium fertilization levels in subplots (40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O). Twelve evaluation periods of the experiment were also considered for treatment during two agricultural years. Irrigation was by micro sprinkler system to each two days. The plant growth characteristics evaluated were: plant height, stem diameter, canopy projection area, and number of branches in the main branch. Irrigation and potassium levels significantly influenced the vegetative growth of jatropha plants. The best results were obtained with irrigation of 115% of ECA and 125 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O levels.

**Key-words:** oilseeds, biofuels, water management

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás – UFG. \*E-mail: awpego@pq.cnpq.br. Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná – UFPR. E-mail: [jmoretti@ufpr.br](mailto:jmoretti@ufpr.br).

## INTRODUÇÃO

Atualmente, do total de energia consumida no mundo, grande parte provém do petróleo, considerado fonte de energia limitada e com previsão para o término de suas reservas. Diante do exposto, nos últimos anos, o estudo de fontes alternativas aos derivados de petróleo tem sido realizado em vários centros de pesquisa do mundo, com vistas à busca e intensificação do uso de fontes renováveis de energia ecologicamente corretas, como o biodiesel.

Há uma grande diversidade de oleaginosas aptas a serem utilizadas como fonte de matéria-prima para a fabricação do biodiesel tais como: amendoim, soja, girassol, mamona e recentemente o pinhão manso (LIMA et al., 2012).

O pinhão manso é uma planta que não concorre com culturas cultivadas para alimentação de humanos, como a soja, além de possuir atributos essenciais para realização da agricultura familiar, contribuindo para a fixação do homem no campo, além disso, é alta a qualidade de óleo de suas sementes que não degrada com facilidade, favorecendo o seu armazenamento por longo período antes de ser beneficiada (OBERMAIER et al., 2010).

Somente nos últimos anos que o pinhão manso passou a ser pesquisado cientificamente, e os resultados de pesquisas

ainda são preliminares, particularmente quanto à resposta da cultura quanto submetido à laminas de irrigação e fertilização na região do cerrado (ALBUQUERQUE et al., 2009). A análise do crescimento permite o gerenciamento das exigências, sensibilidades e tolerâncias das culturas em função dos recursos disponíveis, racionalizando a produção e oportunizando o planejamento da sua expansão, mesmo sob as limitações naturalmente impostas no pelo clima da região (WEBER et al., 2015).

O clima da região do cerrado brasileiro é caracterizado por apresentar uma estação seca e outra chuvosa com ocorrência de veranicos e os solos dessa região geralmente possuem baixa fertilidade natural, inviabilizando o cultivo da maioria das culturas. Investigações sobre o cultivo do pinhão manso (OLIVEIRA et al., 2012; FREIBERGER et al., 2014)) tem revelado que para obtenção de sucesso com o empreendimento, a planta necessita ser cultivada sem restrições hídrica e nutricional. Logo nessa região, a garantia de produção deveria ser maior com a utilização de práticas como a irrigação e adubação.

Em um estudo sobre o teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso, Laviola e Dias (2008) encontraram que a relação N/K foi de 2,3 nas folhas e de 1,4 nos frutos, indicando que na fase produtiva há aumento de requerimento por

potássio pela planta. O potássio é um dos nutrientes que mais limita a produção das culturas (FILHO et al., 2015), visto que dentre as funções na planta, este nutriente está relacionado no desenvolvimento das sementes, principalmente por atuar na formação de amidos e açúcares, no vigor das plantas, propiciando melhores colheitas (FERREIRA, 2015).

Para se obter alta produtividade de frutos, o pinhão manso necessita de água e exige solos férteis e com boas condições físicas. Logo, a irrigação, a correção da acidez e da fertilidade do solo, são fatores decisivos para se obter sucesso e lucratividade com esta cultura principalmente na região do Cerrado, onde as chuvas se concentram em determinado período durante o ano (SCHIAVO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013). Portanto no cerrado, o uso da técnica de irrigação e adubação são fatores decisivos para se obter sucesso e lucratividade com a cultura.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica sobre o crescimento da parte aérea e produtividade de sementes do pinhão manso e de níveis de irrigação sobre a distribuição de raízes da cultura, na região do Cerrado Goiano.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG), no município de Goiânia, GO. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw (tropical e chuvoso). A temperatura média anual do ar é de 22,3°C, e total de precipitação pluvial média anual é de 1488,5mm (Brasil, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a lâminas de irrigação, doses de adubação potássica e épocas de avaliação do experimento. Nas parcelas e subparcelas foram aplicados os tratamentos de irrigação e de adubação potássica, respectivamente. Os tratamentos de irrigação corresponderam a níveis de água determinados com base na porcentagem de evaporação acumulada do tanque Classe A (ECA), ou seja: 0; 80; 100 e 120% da ECA. Os tratamentos de adubação foram: 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, usando como fonte o cloreto de potássio. As aplicações foram parceladas em três vezes, sendo a primeira no plantio definitivo e as demais em cobertura. A segunda e a terceira aplicação foram realizadas respectivamente aos trinta e sessenta dias após o transplântio das mudas (DAT). As épocas foram definidas em intervalos de trinta dias, coincidindo como as datas de avaliações das características de

crescimento da planta, tomando como base a primeira adubação do ano. O número de épocas foram doze, respectivamente, para o primeiro e segundo ano de avaliação. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de pinhão manso com cinco plantas cada uma. Cada bloco foi constituído por quatro parcelas, somando 48 plantas, com área útil total de 216 m<sup>2</sup>, ocupando uma área total de 864 m<sup>2</sup>.

O solo onde foi instalado o experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006), com composição granulométrica de 614,4 g de argila, 77,8 g de silte e 307,8 g de areia por quilograma de solo. A umidade do solo correspondente à capacidade de campo é de 34% e a correspondente ao ponto de murcha

permanente de 22%, com base em volume, estimados por meio da curva de retenção de água no solo.

A adubação química de 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 química do solo (Tabela 1), havendo apenas diferenciação na adubação de potássio. No plantio, cada cova recebeu 100g de calcário, 5 dm<sup>3</sup> de esterco de curral, 15 de N e 35 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, usando como fonte a ureia e o superfosfato simples, respectivamente. No segundo ano, aplicou-se em cobertura por planta, 2 dm<sup>3</sup> de esterco de curral, 50 g de N e 60 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, em duas parcelas aplicadas nos meses de setembro e novembro.

**Tabela 1.** Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,20m de profundidade

MO g kg <sup>-1</sup>	pH-H <sub>2</sub> O	P -----mg dm <sup>-3</sup> -----	K -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> -----	CTC -----
2,1	5,2	9,6	99	2,0	0,9	0,0	6,4
V	S	P <sub>rem.</sub>	Zn	Fe	Mn	Cu	B
%	mg dm <sup>-3</sup>	mg L <sup>-1</sup>	-----	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----
51,7	22,7	13,6	4,4	18,2	20,3	24,6	0,4

pH em H<sub>2</sub>O: relação 1:2,5. CTC: capacidade de troca de cátions. P, K, Fe, Zn, Mn, Cu: extrator Mehlich<sup>-1</sup>. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. H + AL: método Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7. Matéria orgânica: C orgânico x 1,724 – Walkley Black.

As mudas de pinhão manso provenientes de sementes foram produzidas em telado localizado na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, GO. As

sementes de pinhão manso foram provenientes do banco de germoplasma da EPAMIG em Nova Porteirinha, MG, coletadas em plantas com seis anos de idade que apresentavam características de

crescimento e produtividade de sementes com baixa variabilidade. A semeadura foi realizada em tubetes de 280 mL, utilizando-se substrato comercial, segundo as recomendações de Anez et al. (2005).

O plantio foi efetuado em covas, manualmente, sessenta dias após a semeadura, quando as mudas possuíam uma altura média de 0,20 m acima do colo da planta no ato do plantio. O espaçamento utilizado foi de 3,0 m entre linhas de plantio e 1,5 m entre plantas.

O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão, com emissores modelo fixo, com raio de alcance 1,0 m e vazão média de 65 Lh<sup>-1</sup> e pressão de operação de 20 mca. Utilizou-se um microaspersor para cada duas plantas, perfazendo uma área molhada de 35%. O manejo de irrigação foi realizado com base na evaporação diária medida em um tanque Classe A e a precipitação medida em pluviômetro, instalados na estação evaporimétrica, localizada na área da Escola de Agronomia da UFG, numa distância de 300m da área experimental.

As irrigações foram realizadas três vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras). O volume de água aplicado foi calculado com base no saldo entre a evaporação do tanque Classe A (ECA) e as precipitações ocorridas no período, entre duas irrigações consecutivas.

As características de crescimento da planta foram avaliados mensalmente, durante dois anos após o transplante das mudas, sendo: altura de planta, área de copa, diâmetro de caule e número de ramificações no ramo principal. A altura de planta foi medida utilizando uma régua graduada, usando como referência, a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal. A área de copa foi determinada a partir de medição dos comprimentos de copa da planta medidos na direção da linha de plantio e perpendicular a mesma. O diâmetro de caule foi medido utilizando um paquímetro digital, a uma altura de 10 cm da superfície do solo e o número de ramificações no ramo principal foi avaliado através de contagem direta na planta. As medições foram realizadas em todas as plantas das parcelas.

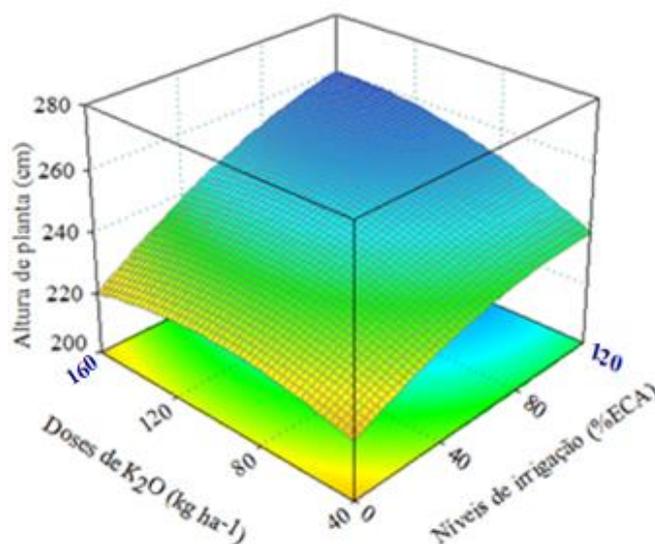
Foi realizada a análise de variância e, em seguida, quando a interação tripla foi significativa, em nível de 5% de probabilidade de erro, ajustaram-se superfícies de resposta para as combinações de três fatores. Para as interações duplas significativas, procedeu-se ao ajuste de superfície de resposta. Quando houve efeito significativo isolado das fontes de variação quantitativas, desdobrou-se a soma dos quadrados dos tratamentos em polinômios de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> graus, ajustando o polinômio de maior grau significativo em nível de 5% de

probabilidade de erro e para o tratamento qualitativo, quando apresentou efeito significativo, as médias foram comparadas usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano agrícola houve interação tripla significativa entre as lâminas de irrigação, doses de adubação potássica e épocas de avaliação, para altura de planta, área de copa e diâmetro de caule. Para o número de ramificações no ramo principal houve interação entre as lâminas de irrigação e doses de adubação potássica e nas épocas de avaliações, contatou-se influencia separadamente, sobre essa característica de crescimento da planta.

A melhor resposta em altura de planta foi registrada no primeiro ano agrícola na época doze (360 DAT), com registro de aumento gradual na altura de planta, com o aumento dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica (Figura 1). A altura máxima de 260,07 cm foi alcançada com a aplicação do nível de irrigação de 120% da evaporação do tanque Classe A e dose de adubação potássica de 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Esse resultado corrobora com os dados encontrados por Saturnino (2005) que afirma que o pinhão manso é um arbusto grande e de crescimento rápido, cuja altura normal é de dois a três metros de altura, mas podendo alcançar até cinco metros em condições especiais, como por exemplo, com o uso da irrigação e adubação correta.

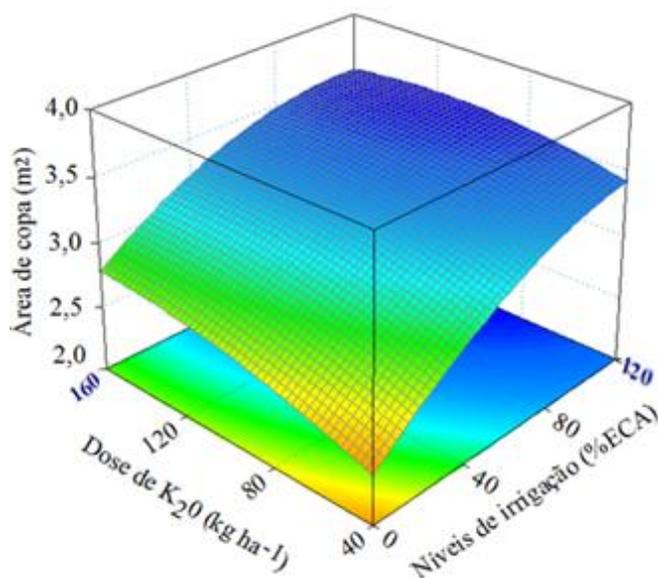


$$\text{Altura} = 206,91 + 0,28N + 0,35K - 0,0015N^2 - 0,0017K^2 + 0,0014NL \quad R^2 = 0,84$$

**Figura 1.** Altura média de plantas de pinhão manso (cm) em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica na avaliação realizada aos 360 dias após o transplante.

Ressalta-se que o crescimento vigoroso da planta de pinhão manso não é conveniente, pois segundo Achten et al. (2010), pode ocorrer queda de produtividade da cultura em razão da demanda de nutrientes pelas partes vegetativas e autossombreamento e, também, dificultar a execução dos tratamentos culturais e fitossanitários e as operações de colheita. Os mesmos autores também comentam que, para facilitar a colheita, quando adultas a altura média das plantas não deve ultrapassar dois metros, o que ocorreu com as plantas irrigadas e adubadas com os melhores tratamentos, neste experimento justificando, assim, o uso de técnicas de manejo da cultura como, por exemplo, a poda das plantas.

A área de copa é uma característica da planta que pode influenciar a produção da maioria das culturas, pois interfere diretamente no processo de interceptação da luz solar, que é transformada pelo processo da fotossíntese em energia química. No primeiro ano agrícola, a área de copa da planta do pinhão manso, também apresentou aumento acentuado com a aplicação dos tratamentos (Figura 2). Semelhante a altura de planta, a melhor resposta para área de copa ( $3,58 \text{ m}^2$ ) também foi alcançada aos 360 dias após o transplante, com a aplicação do nível de irrigação também de 120% da evaporação do tanque Classe A e adubação potássica de  $119,21 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

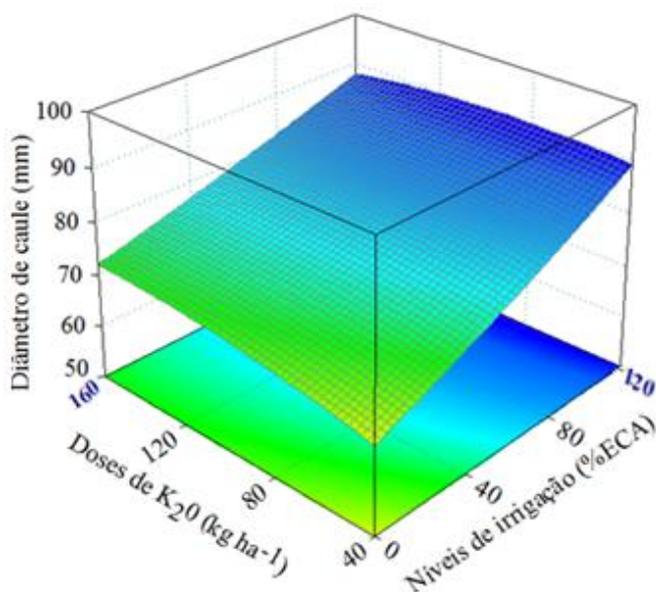


$$\text{Área da copa} = 2,04 + 0,016N + 0,009K - 5,64N^2 - 2,81K^2 - 1,98NK \quad R^2 = 0,61$$

**Figura 2.** Área de copa do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica realizada aos 360 dias após o transplante.

A maior área de copa alcançada com a aplicação dos tratamentos que o otimizaram, foi em média, 51% maior que àquela das plantas de sequeiro e adubadas com a menor dose de potássio, indicando mais uma vez, restrição no desenvolvimento da cultura caso seja cultivada nas condições de clima do Cerrado e em solos com baixos teores de potássio. Albuquerque et al., (2009), avaliando o crescimento inicial do pinhão manso em condições de sequeiro no semiárido nordestino verificaram um rápido crescimento da área de copa da cultura no período chuvoso, porém, na época seca do ano houve drástica redução na sua taxa de crescimento.

Houve um aumento no diâmetro de caule do pinhão manso, a medida que se aumentou simultaneamente a aplicação dos níveis de irrigação e doses de potássio (Figura 3), onde os níveis ótimos de nutrientes para o alcance dos diâmetro de caule máximos aumentaram com o acréscimo da aplicação dos níveis de irrigação. Esse comportamento justifica-se à medida que a fertirrigação torna-se mais eficiente com o aumento da disponibilidade de água no solo, principalmente com relação aos nutrientes com elevada solubilidade, como o potássio (DALRI; CRUZ, 2008).

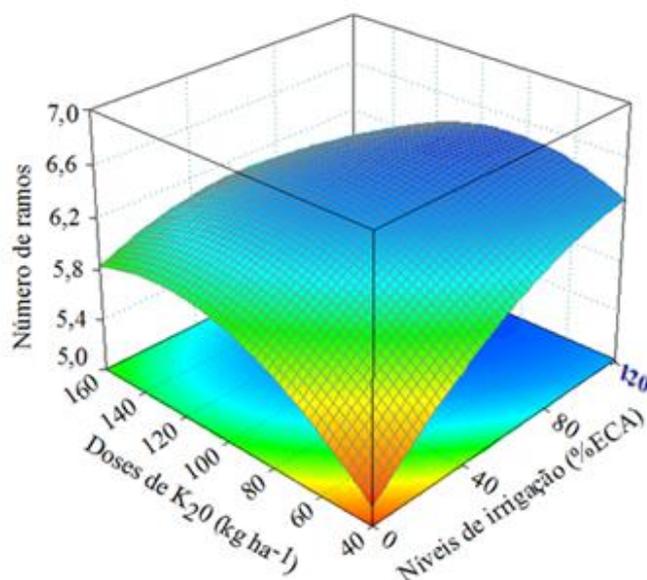


$$\text{Diâmetro do caule} = 61,35 + 0,55N + 0,137K + 0,00015N^2 - 0,00045K^2 - 0,00048NL \quad R^2 = 0,59.$$

**Figura 3.** Diâmetro de caule de pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica, realizada aos 360 dias após o transplântio.

O acréscimo na disponibilidade de água no solo proporcionado pelo nível de irrigação de 120 % da ECA, e com aumento da fertilidade do solo com a aplicação da dose de adubação potássica de 88,50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, contribuiu para alcançar o diâmetro máximo de caule para a cultura de pinhão manso de 90,06 mm, também aos 360 dias após o transplântio das mudas (Figura 3). Ressalta-se que plantas com maiores diâmetros de caule apresentam na maior resistência mecânica e também um maior volume de vasos condutores de seiva, garantindo maior fluxo na parte interna da planta.

O número de ramificações nas plantas nas três primeiras épocas (até 90 DAT) foram considerados estatisticamente iguais com média de 1,24 ramos, apresentando aumento acentuado nas épocas 4 (120 DAT), 5 (150 DAT) 6 (180 DTA) 7 (210 DTA) e 8 (240 DAT), com médias de 2,73, 3,99, 4,71 e 5,07 respectivamente. A partir da época 8 os diâmetros de caule foram considerados iguais. Para a época 12 (360 DAT), o maior número de ramificações foi de 5,49, alcançado com a aplicação do nível de irrigação de 102,56% da ECA e dose de adubação potássica de 90,34 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em um número máximo de ramificações de 6,28 (Figura 4).



$$N^{\circ} \text{ ramificação} = 4,23 + 0,020N + 0,026K + 6,65 \cdot 10^{-5}N^2 - 0,00010K^2 - 7,54 \cdot 10^{-5}NL R^2 = 0,72.$$

**Figura 4.** Número de ramificações no ramo principal de plantas de pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica, realizada aos 360 dias após o transplântio.

Este fato reforça a importância da adubação potássica e da irrigação do pinhão manso na região do Cerrado, com vistas à obtenção de melhores condições de desenvolvimento e produção da cultura, pois segundo Anez et al., (2005), quanto maior for o número de ramificações na planta, maior será possivelmente, sua produtividade, uma vez que a primeira inflorescência do pinhão manso é apical e assim que surge, força o brotamento de dois novos ramos secundários, que passam a ser axilares até o surgimento de novas inflorescências que, por sua vez, impedem novamente o crescimento apical, surgindo dois novos ramos terciários.

No segundo ano de cultivo houve efeito significativo entre os tratamentos para todas as características da planta analisadas. Houve interação significativa entre os níveis de irrigação e doses de adubação potássica, para a área de copa e número de ramificações. Enquanto para a altura de planta e diâmetro de copa, houve influência independente dessas fontes de variação (Tabela 2). Com exceção do número de ramificações todas as outras características de crescimento da planta apresentaram diferenças significativas ao longo das épocas.

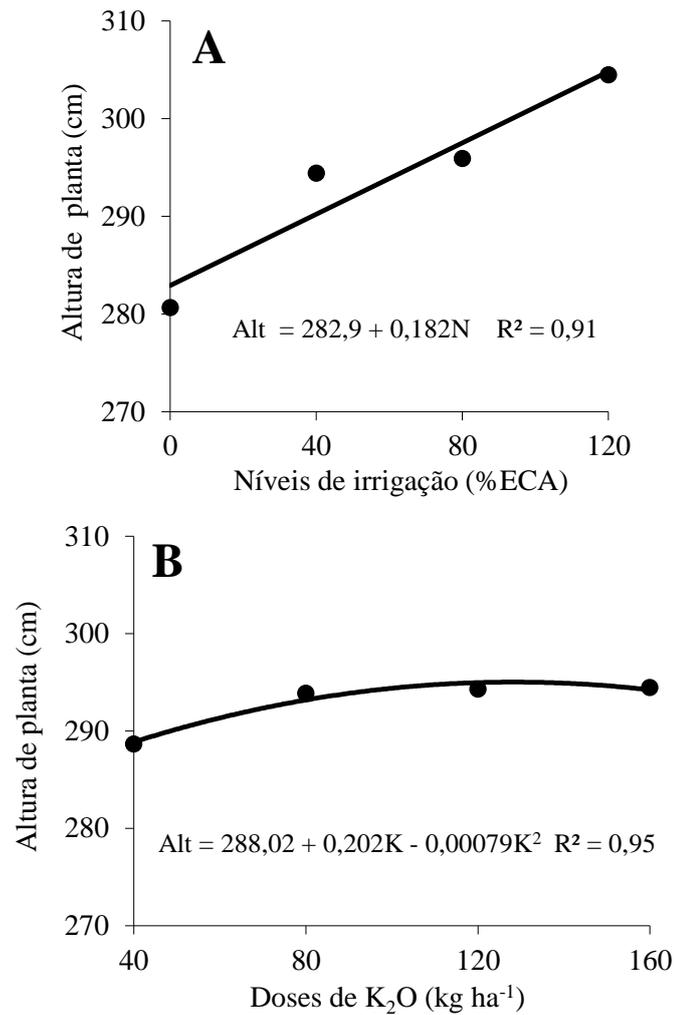
**Tabela 2.** Médias de altura de planta, área de copa e diâmetro de caule de plantas de pinhão manso irrigado por microaspersão e adubados com potássio, em diferentes épocas, durante o segundo ano agrícola

Épocas	Altura de planta (cm)	Área de copa (m <sup>2</sup> )	Diâmetro de caule (mm)
Época 1 – 390 DAT	258,1 a	3,41 a	97,78 a
Época 2 – 420 DAT	266,4 b	3,61 b	123,93 b
Época 3 – 450 DAT	274,5 c	3,79 bc	130,79 bc
Época 4 – 480 DAT	279,0 cd	3,85 cd	133,36 cd
Época 5 – 510 DAT	283,2d	3,93 cd	135,60 cd
Época 6 – 540 DAT	293,1e	4,02 de	140,19 de
Época 7 – 570 DAT	302,8g	4,14 ef	148,27 e
Época 8 – 600 DAT	310,9 h	4,23 f	158,44 f
Época 9 – 630 DAT	311,2 h	4,23 f	158,56 f
Época 10 – 660 DAT	311,2 h	4,23 f	158,57 f
Época 11 – 690 DAT	311,3 h	4,23 f	158,57 f
Época 12 – 720 DAT	311,4 h	4,24 f	158,58 f
CV (%)	3,69	11,04	7,65

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.

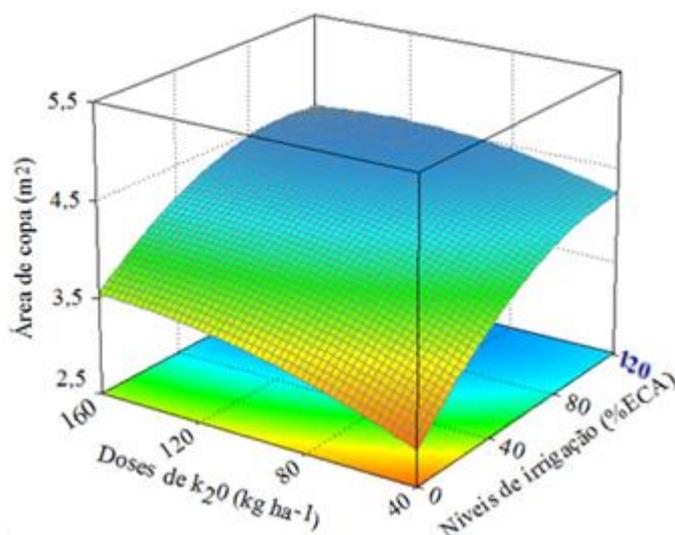
No segundo ano, após a adubação em maior altura de planta (3,05m) foi obtida com cobertura, as plantas continuaram a responder aplicação do nível de irrigação de 120% da com aplicação dos tratamentos, até a época 8 ECA (Figuras 5A) e no caso da adubação (630 DAT), alcançando a altura máxima de potássica, a dose que maximizou a altura de 311cm (Tabela 2), indicando a necessidade de planta (2,96 m) foi de 125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O realização de poda de condução, pois como (Figura 5B). Comparando com ano anterior, mencionado anteriormente, em razão do as exigências da planta para obtenção das maiores alturas foram semelhantes quanto ao maior desenvolvimento em altura da planta, requerimento de água, entretanto, a dose de pode ocorrer queda em sua produtividade adubação potássica exigida pela cultura foi pelo aumento da demanda de nutrientes pelas partes vegetativas, além de menor. Isso não era esperado, pois nesse autossombreamento e dificultar a execução período as plantas entraram em fase de dos tratos culturais e as operações de produção, e nesse período, segundo colheita. (LAVIOLA; DIAS, 2008) o requerimento da

Neste período, houve incremento na planta por esse nutriente aumenta, altura de planta com o aumento da aplicação desempenhando papel importante na dos tratamentos, porém o efeito foi isolado. A formação dos frutos.



**Figura 5.** Altura de planta do pinhão manso no segundo ano agrícola, A) em função dos níveis de irrigação e, B) em função das doses de adubação potássica aplicados.

Ao longo do tempo houve aumento significativo da área de copa das plantas até a época 8 (600DAT), a partir do qual, as médias não diferiram entre si, alcançando o valor máximo de 4,23 m<sup>2</sup> (Tabela 2). Na Figura 6 visualiza-se a superfície de resposta para área de copa do pinhão manso em função da aplicação dos tratamentos, no segundo ano agrícola. A melhor resposta da cultura quanto a esse parâmetro foi para a aplicação do nível de irrigação de 101,32% da ECA e da dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, maximizando a área de copa em 4,51 m<sup>2</sup>.



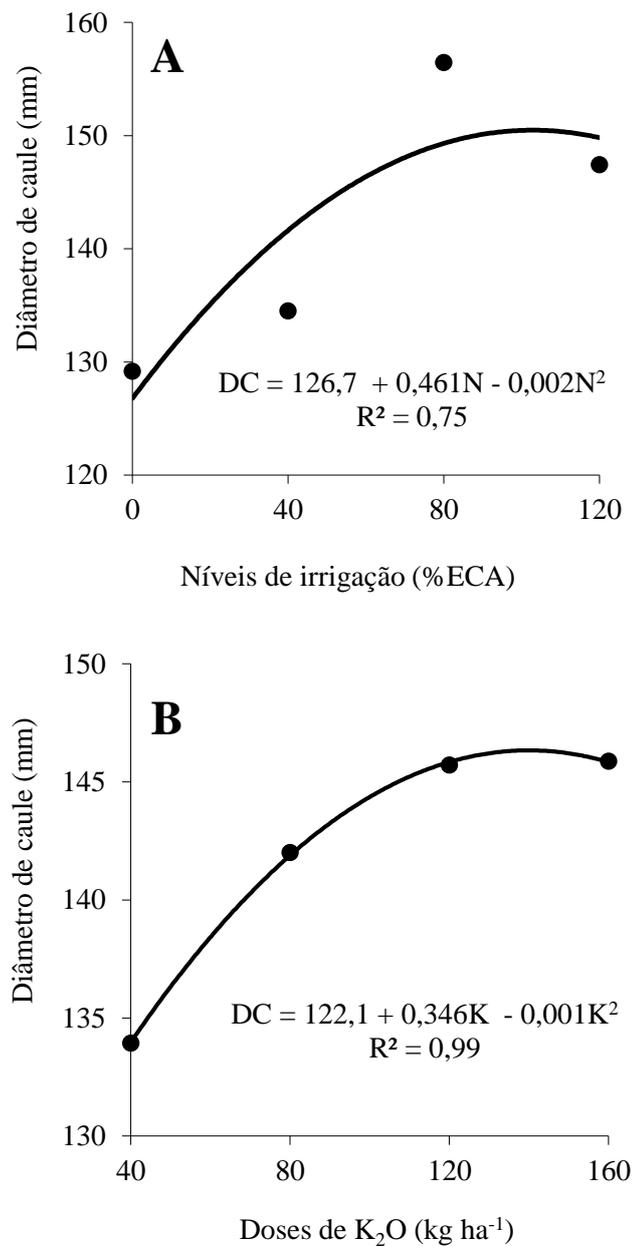
$$\text{Área da copa} = 2,35 + 0,023N + 0,0145K - 9,38 \cdot 10^{-5}N^2 - 4,45 \cdot 10^{-5}N^2K^2 - 2,97 \cdot 10^{-5}NL \quad R^2 = 0,62$$

**Figura 6.** Superfície de resposta para área de copa do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica realizada aos 720 dias após o transplântio.

Spinelli et al. (2010) verificaram que quanto maior for o volume de copa do pinhão manso, maior será a produtividade de óleo e sementes da cultura. Sousa et al. (2011), trabalhando com diferentes lâminas de reposição hídrica, também observaram correlação positiva e significativa entre massa de 100 sementes, teor de óleo e volume de copa da planta de pinhão manso. Portanto os resultados alcançados nesse trabalho demonstram que a irrigação e adubação potássica do pinhão manso, cultivado nas condições de solo e clima do Cerrado, podem contribuir para o aumento da produtividade da cultura.

Semelhante à altura de planta e área de copa das plantas, ao longo do tempo,

houve aumento acentuado no diâmetro de caule até a época 8 (600 DAT), a partir do qual, as médias não diferiram entre si, alcançando o valor máximo de 158 mm (Tabela 2). A aplicação dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica proporcionaram aumento do diâmetro de caule das plantas de pinhão manso no segundo ano agrícola. Para ambas as fontes de variação a resposta foi quadrática e o maior diâmetro de caule foi alcançado com o nível de irrigação estimado em 115,25% da ECA e com a dose de adubação potássica de 144,16 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com obtenção dos diâmetros de caule de 153,27 mm e 147,04 mm, respectivamente (Figuras 7A e 7B).



**Figura 7.** Diâmetro de caule de planta de pinhão manso no segundo ano de cultivo, A) em função dos níveis de irrigação e, B) em função das doses de adubação potássica aplicadas.

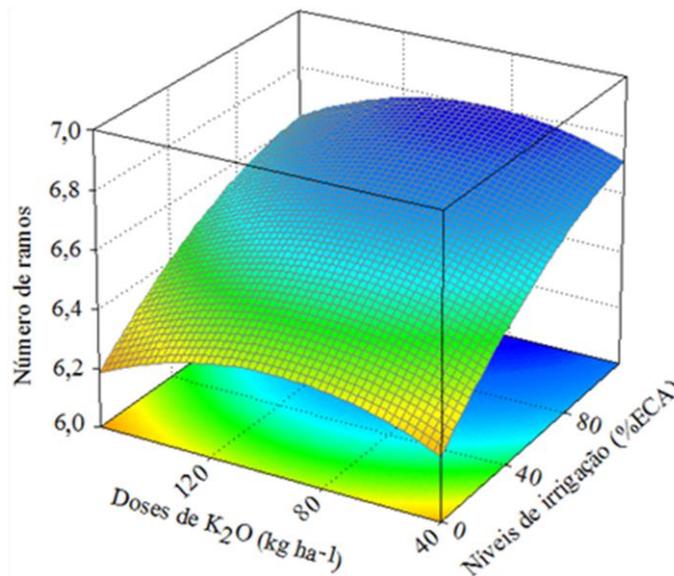
Oliveira et al. (2012) na região sul do estado de Minas Gerais, verificaram que a irrigação também influenciou o diâmetro de caule das plantas de pinhão manso, aos 450 DAT, alcançando um diâmetro médio de 111,4 mm com o nível de irrigação estimado em 106% da ECA. Entretanto, a aplicação de doses de adubação potássica não influenciaram essa característica de crescimento da planta, justificado pelo teor de potássio de 101 mg dm<sup>-3</sup>, encontrado no solo, antes da implantação do experimento.

Ressalta-se que nesse experimento e na mesma época, o diâmetro médio do caule das plantas de pinhão manso era de 130,79 mm (Tabela 2), sendo 17% maior que o das plantas cultivadas em Minas Gerais. Possivelmente essa diferença pode ser justificada pela diferença do clima em ambas regiões, onde o da região de Goiás, indica ser o mais recomendado para o cultivo.

Segundo Cortesão (1956), a fase adulta do pinhão manso é alcançada aos quatro anos de idade onde a planta atinge um

diâmetro médio de caule de 200 mm. Considerando nesse experimento, que aos dois anos de idade o diâmetro médio das plantas já era de 158 mm (Tabela 2), provavelmente os tratamentos aplicados e o clima da região do Cerrado, contribuíram para um melhor desenvolvimento da planta.

Verificou-se no segundo ano de cultivo, que o nível de irrigação que maximizou o número de ramificações (6,85) foi de 120% da ECA e com a adubação potássica de 116 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 8).



$$\text{Diâmetro do caule} = 5,98 + 0,023N + 0,072K + 2,25 \cdot 10^{-5}N^2 - 3,74 \cdot 10^{-5}N^2K^2 - 3,91 \cdot 10^{-6}NL R^2 = 0,86$$

**Figura 8.** Número de ramificações das plantas de pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica, para o segundo ano de cultivo. Goiânia, GO, 2012.

Considerando que o número de ramificações do pinhão manso é um indicativo do seu potencial produtivo, reforçam-se mais uma vez a necessidade de nutrição com potássio e irrigação do pinhão manso na região do Cerrado. Ressalta-se que essa região apresenta períodos de verânicos

que podem comprometer o desenvolvimento e produtividade da cultura. Durante o desenvolvimento desse experimento, foram visualizados sintomas de déficit hídrico nas plantas de sequeiro, como murcha e desfolha, em períodos de seca dentro da estação chuvosa. Oliveira et al. (2012) em pesquisa

realizada com pinhão manso irrigado no sul do estado de Minas Gerais, também visualizaram os mesmos sintomas de déficit hídrico nas plantas de sequeiro, em épocas de verânico. Por outro lado, este fato pode ser interessante para o agricultor, pois segundo Ariza-Montobbio et al. (2010) o florescimento do pinhão manso pode ser induzido duas ou três vezes ao ano, por meio do manejo de irrigação, induzindo o déficit hídrico durante um período suficiente para provocar a queda da metade das folhas da planta, para em seguida restabelecer a irrigação gradualmente, visando aumento de produtividade e do florescimento e amadurecimento dos frutos mais uniforme, facilitando as operações de colheita.

## CONCLUSÃO

A adubação potássica e os níveis de irrigação promoveram acréscimo significativo nos parâmetros de crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso cultivado no Cerrado. O nível de irrigação de 115% da ECA e a dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, foram as que apresentaram o melhor resultado;

## REFERÊNCIAS

- ACHTEN, W. M. J.; MAES, W. H.; REUBENS, B.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; VERCHOT, L.; MUYS, B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 5, p. 667-676, 2010.
- ALBUQUERQUE, W. D.; FREIRE, M. D. O.; BELTRÃO, N. D. M.; AZEVEDO, C. D. Avaliação do crescimento do pinhão-manso em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 9, p. 68-73, 2009.
- ANEZ, L. M. M.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; DOMBROSKI, J. L. D. Caracterização morfológica dos frutos, das sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 563-568, 2005.
- ARIZA-MONTOBBIO, P.; LELE, S.; KALLIS, G.; MARTINEZ-ALIER, J. The political ecology of *Jatropha* plantations for biodiesel in Tamil Nadu, India. **The Journal of Peasant Studies**, v. 37, n. 4, p. 875-897, 2010.
- CAMARGO, A. P. 1963. **Clima do cerrado**. In: Ferri, M. G., coord. Simpósio sobre o cerrado. Ed. Universidade de São Paulo, São Paulo p. 75-95.
- DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 516-524, 2008.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FERREIRA, V. F. **Adubação com potássio nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja**. 2015. 105 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G. Adubação

- fosfatada no crescimento inicial e na nutrição de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 232-239, 2014.
- LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. D. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1969-1975, 2008.
- LIMA, M. L. B., LIMA, V. S. F., SILVA, T. M., ALMEIDA, P. P. N. Pinhão manso como alternativa para produção de biodiesel. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n. 4, p. 01-07, 2012.
- OBERMAIER, M.; HERRERA, S.; LA ROVERE, E. L. Análise de problemas estruturais da inclusão da agricultura familiar na cadeia produtiva de biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4, 2010, João Pessoa, **Anais... SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS**, 2010, João Pessoa. p. 326-331.
- OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W.; MELO, P. C. Resposta do pinhão-manso à aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 593-598, 2012.
- OLIVEIRA, E. R. **Procedimentos e normas para o acompanhamento de análise da qualidade da Cana-de-Açúcar**. ORPLANA-Organização de plantadores de cana da Região Centro-Sul do Brasil, Brasília, p. 81, 2013.
- SATURNINO, H.; PACHECO, D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. Produção de oleaginosas para o biodiesel. **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 229, p. 44-74, 2005.
- SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUSA, R. A. C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 322-329, 2010.
- WEBER, A.; BRAYBROOK, S., HUFLEJT, M.; MOSCA, G.; ROUTIER-KIERZKOWSKA, A. L. SMITH, R. S. Measuring the mechanical properties of plant cells by combining microindentation with osmotic treatments. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, p. 3229-3241, 2015.