

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hoechst) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA

MIRIANNY ELENA DE FREITAS

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL

2010

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hoechst) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA

MIRIANNY ELENA DE FREITAS
Engenheira Agrônoma

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CARLOS FERREIRA DE SOUZA

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2010

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

633.85
F862d

Freitas, Mirianny Elena de
Desempenho agrônômico do crambe (*Crambe abyssinica*
Hoechst) em função da adubação e da densidade de semeadura. /
Mirianny Elena de Freitas. – Dourados, MS: UFGD, 2010.
43f.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal
da Grande Dourados.

1. *Crambe abssynica*. 2. Adubação 3. Plantas – Densidade. 4.
Biodiesel. I. Título.

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hoechst) EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA**

por

Mirianny Elena de Freitas

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 23 / 02 / 2010

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
Orientador – FCA – UFGD

Prof^ª. Dr^ª. Marlene Estevão Marchetti
Membro Titular – FCA – UFGD

Pesquisador Dr. Cesar José da Silva
Membro Titular – CPAO - Embrapa

A DEUS

Aos meus pais,

Divino e Elza

A minha irmã,

Jacqueline Elena

A minha sobrinha

Izabelly

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, meu Senhor, criador e dono da minha vida, que me proporcionou saúde, alegria e muita força nestes dois anos de mestrado. Toda honra e toda glória e louvor sejam dados a ti! Obrigada Jesus!

Aos meus pais, Divino Paulino de Freitas e Elza Elena Silva Freitas, por todo apoio, dedicação, amor e carinho neste período, a minha conquista também é de vocês, Obrigada!

A minha irmã, Jacqueline Elena de Freitas, pela amizade, amor e carinho sempre na minha vida e a minha sobrinha Izabelly, tão pequena, mas proporcionou sorrisos infinitos!

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza, pela compreensão, paciência, incentivo, amizade, exemplar orientação e efetiva participação na elaboração desta pesquisa;

Ao Prof. Dr. Gian Paulo Giovanni Freschi e sua equipe do Laboratório de Espectrofotometria e Cromatografia Aplicada, pela ajuda nas análises laboratoriais.

A Prof^a. Dr^a. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues pelo carinho, amizade e companheirismo que incentivou do início ao término do mestrado. Obrigada!

A Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação pela oportunidade concedida e incentivo a formação de novos profissionais e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos durante o período da realização desse trabalho; Ao Fundect pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Aos membros da banca, Prof^a. Dr^a. Marlene Estevão Marchetti e Pesquisador Dr. Cesar José da Silva, pelas correções e sugestões;

Aos colegas: Lenita Aparecida Conus, Jackeline Schultz Soares, Anísio da Silva Nunes, pela amizade, companheirismo e ajuda na elaboração desta pesquisa.

Aos alunos de graduação: Leonardo Darbello Torres, Priscila Akemi Makino, Katiuça Sueko Tanaka e Maira Cristina Pedrotti pela ajuda nos árduos trabalhos de campo e laboratório. Aos novos amigos conquistados ao longo do curso, pela convivência, incentivo e amizade nos momentos difíceis;

E a todos, que de maneira direta ou indireta, participaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	i
INTRODUÇÃO GERAL	ii
CAPÍTULO I - ADUBAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM SEMEADURA E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO CRAMBE	1
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. MATERIAIS E MÉTODOS	4
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4. CONCLUSÕES	26
5. REFERÊNCIAS.....	27
CAPÍTULO II - ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE PLANTAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO CRAMBE	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	32
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAIS E MÉTODOS	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4. CONCLUSÕES	40
5. REFERÊNCIAS.....	41

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hoechst) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA

RESUMO. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a resposta do crambe às adubações em diferentes doses de P_2O_5 e K_2O em semeadura e N em cobertura e avaliar o desempenho agronômico da cultura do crambe submetidos a diferentes espaçamentos e densidades de plantas. No experimento de adubação foi realizado em dois anos agrícolas consecutivos (2008 e 2009). No primeiro ano foi realizado na Fazenda experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, e no segundo ano no Campus Experimental da FCA-UFGD, ambos localizados no município de Dourados, MS. O delineamento experimental para os ensaios foram em blocos casualizados com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições cada. No ano de 2008 as parcelas foram constituídas de quatro tratamentos de adubação de semeadura: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K_2O . Utilizando como fonte do P_2O_5 e de K_2O o formulado 00-20-20. As subparcelas foram constituídas por quatro tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos quinze dias da emergência, utilizando como fonte de N a uréia. No ano de 2009 as parcelas foram constituídas de quatro tratamentos de adubação de semeadura: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K_2O , utilizando-se como fonte de fósforo e potássio o formulado 00-20-20. As subparcelas foram constituídas por três tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura: 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos quinze dias da emergência, utilizando como fonte a uréia. Os adubos foram aplicados manualmente nas linhas. E no experimento de densidade de semeadura os tratamentos corresponderam a três espaçamentos entre linhas: 0,17 m; 0,34 m e 0,51 m e três densidade de plantas: 20; 30 e 40 plantas por metro linear, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições. Nas condições em que a pesquisa foi realizada conclui-se que: A adubação com P_2O_5 e K_2O em semeadura e N em cobertura não interferem na produtividade do crambe, mas contribui para o aumento dos teores de óleo nos grãos. E a adubação nitrogenada diminui a massa específica dos grãos de crambe e afeta negativamente os teores de óleo nos grãos de crambe. A maior produtividade se obteve no espaçamento de 0,34 e 0,51 m. A densidade de plantas não interferiu na produtividade da cultura do crambe.

Palavras-chave: *Crambe abssynica*; adubação; densidade de plantas; biodiesel.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hoechst) ACCORDING TO THE MANURING AND SOWING DENSITY

ABSTRACT. The aim of this study was to evaluate the response of crambe to fertilization in different doses of P_2O_5 and K_2O at sowing and N topdressing and evaluate the agronomic performance of cultivating crambe under different spaces and plant densities. The fertilization experiment was conducted in two consecutive years (2008 and 2009). The first year was conducted at the Experimental Farm of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, and in the second year in the Experimental Campus of FCA-UFGD, both located in the city of Dourados, MS. The experimental design for the trial runs were randomized blocks with treatments arranged in split plots with four repetitions each. In 2008 the plots consisted of four fertilization

treatments of sowing: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅ e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ of K₂O. Using as a source of P₂O₅ e de K₂O the formulated 00-20-20. The subplots consisted of four treatments with nitrogen topdressing: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ of N applied to the fifteen days of the emergency, using as source of N urea. In 2009 the plots consisted of four fertilization treatments of sowing: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 0, 20, 40 and 60 kg ha⁻¹ of K₂O, using as source of phosphorus and potassium the formulated 00-20-20. The subplots consisted of three treatments with nitrogen topdressing: 0, 60 and 120 kg ha⁻¹ of N to the fifteen days of the emergency, using as source the urea. The fertilizers were applied manually on the lines. And at the experiment of sowing density the treatments corresponded to three spaces among lines: 0,17 m; 0,34 m and 0,51 m and three densities of plants: 20; 30 and 40 plants per linear meter, totalizing nine treatments with four repetitions. Under the conditions in which the research was conducted, it can be concluded that: the fertilization with P₂O₅ and K₂O at sowing and N topdressing don't interfere with the productivity of crambe, but contributes to the increase of oil content in grains. And the nitrogen fertilization decreases the density of the crambe grains and negatively affects the oil content in seeds of crambe. The highest productivity was obtained at the spaces of: 0,34 and 0,51 m. The plants density did not affect the cultivate productivity of the crambe.

Key-words: *Crambe abssynica*; fertilization; plants density; biodiesel.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um país que, por sua extensa área territorial, clima tropical e subtropical favorece uma ampla diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel. Destacam-se, dentre as principais matérias-primas cotadas para o biodiesel como o algodão, amendoim, dendê, girassol, mamona, pinhão manso e soja. Cada cultura, dependendo da região na qual é cultivada e segundo as condições de clima e de solo, apresenta características específicas na produtividade por hectare e na percentagem de óleo obtida da amêndoa ou grão, as quais estão diretamente associada com as tecnologias de cultivo e de processamento praticadas.

A produção de biodiesel nacional encontra-se, porém, alicerçada em culturas anuais, principalmente de ciclo primavera/verão, faltando alternativas para o outono/inverno a fim de dar continuidade à produção de biodiesel, além de fazer o papel da rotação de cultura. As espécies escolhidas devem ter propósitos comerciais e de manutenção ou recuperação do ambiente. Para a obtenção de máxima eficiência da capacidade produtiva do solo, o planejamento de rotação deve considerar, além das espécies comerciais, aquelas destinadas à cobertura do solo, que produzam grandes quantidades de biomassa, cultivadas quer em condição solteira ou em consórcio com culturas comerciais (JASPER, 2009).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2005), o Brasil ainda dispõe de mais 90 milhões de hectares de terras agricultáveis não exploradas. Com emprego de tecnologia será possível liberar para a agricultura mais 30 milhões de hectares hoje destinados à pecuária, totalizando 120 milhões de hectares em novas áreas para a produção de grãos e cana. A pecuária brasileira tem 190 milhões de cabeças e utiliza 220 milhões de hectares; portanto, na média, a pecuária subutiliza as pastagens com menos de uma cabeça por hectare.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) surge como planta com grande potencial para a produção de matéria-prima para biodiesel, além de atuar na rotação de culturas. Em dados coletados em pesquisas realizadas pela Fundação MS (2007), em Maracaju/MS, observa-se que a cultura do crambe tem potencial para uma produção entre 1.000 e 1.500 quilos por hectare, tolerância a seca e geadas depois de estabelecida, e elevada precocidade destacando-se como as principais vantagens da cultura, que floresce aos 35 dias e pode ser colhida aos 85-90 dias, dependendo da maturação das plantas.

O crambe é uma cultura importante por seu óleo que contém alto teor de ácido erúico, um ácido graxo de cadeia longa que tem alto valor industrial. É utilizado para fabricação de produtos químicos intermediários, que posteriormente são utilizados como insumos na fabricação de sacos plásticos, cosméticos, produtos de higiene pessoal, detergentes para roupa, etc. O óleo de crambe é um lubrificante com alta eficiência, sendo altamente biodegradável quando comparado com os óleos minerais, utilizado isoladamente ou como aditivo, nos mais diversos fins industriais (PITOL, 2008).

O crambe ainda está em desenvolvimento como uma cultura agrícola e não é amplamente cultivado. Nos Estados Unidos, apesar das inúmeras tentativas, desde a década de 1950, em desenvolver a produção comercial de óleo com alto teor de ácido erúico (HEA – High Erucic Acid) esta espécie ainda não se tornou cultura agrícola estabelecida. As sementes do crambe podem apresentar 37% de óleo que é constituído por até 57% de ácido erúico (CARLSON, 2007). Atualmente, este óleo tem despertado o interesse dos agricultores para produção de biocombustíveis, devido ao potencial de produção do óleo.

Nesse sentido objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho agrônomo do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função da adubação e da densidade de semeadura.

CAPÍTULO I – ADUBAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM SEMEADURA E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO CRAMBE

RESUMO. O objetivo deste experimento foi avaliar a resposta do crambe às adubações em diferentes doses de P_2O_5 e K_2O em semeadura e N em cobertura. O experimento foi realizado em dois anos agrícolas consecutivos (2008 e 2009). No primeiro ano foi realizado na Fazenda experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, e no segundo ano no Campus Experimental da FCA-UFGD, ambos localizados no município de Dourados, MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com tratamentos arranjos em parcelas subdivididas, com quatro repetições cada. No ano de 2008 as parcelas foram constituídas de quatro tratamentos de adubação de semeadura: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K_2O . Utilizando como fonte do P_2O_5 e de K_2O o formulado 00-20-20. As subparcelas foram constituídas por quatro tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos quinze dias da emergência, utilizando como fonte de N a uréia. No ano de 2009 as parcelas foram constituídas de quatro tratamentos de adubação de semeadura: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K_2O , utilizando-se como fonte de fósforo e potássio o formulado 00-20-20. As subparcelas foram constituídas por três tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura: 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos quinze dias da emergência, utilizando como fonte a uréia. Os adubos foram aplicados manualmente nas linhas. A adubação com P_2O_5 e K_2O em semeadura e N em cobertura não interferem na produtividade da cultura do crambe, mas contribui para o aumento dos teores de óleo nos grãos. A adubação nitrogenada diminui a massa específica dos grãos de crambe e afeta negativamente os teores de óleo nos grãos de crambe.

Palavras-chave: *Crambe abssynica*; nutrição mineral; biodiesel.

PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION IN SOWING AND NITROGEN IN THE COVERAGE OF AGRONOMIC PERFORMANCE OF CRAMBE

ABSTRACT. This experiment aimed to evaluate the response of crambe to fertilization in different doses of P_2O_5 and K_2O at sowing and N topdressing. The experiment was conducted in two consecutive years (2008 and 2009). The first year was conducted at the Experimental Farm of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, and in the second year in the Experimental Campus of FCA-UFGD, both located in the city of Dourados, MS. The experimental design was randomized blocks with treatments arranged in split plots with four repetitions each. In 2008 the plots consisted of four fertilization treatments of sowing: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ of P_2O_5 e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ of K_2O . Using as a source of P_2O_5 e de K_2O the formulated 00-20-20. The subplots consisted of four treatments with nitrogen topdressing: 0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of N applied to the fifteen days of the emergency, using as source of N urea. In 2009 the plots consisted of four fertilization treatments of sowing: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ of P_2O_5 and 0, 20, 40 and 60 kg ha⁻¹ of K_2O , using as source of phosphorus

and potassium the formulated 00-20-20. The subplots consisted of three treatments with nitrogen topdressing: 0, 60 and 120 kg ha⁻¹ of N applied to the fifteen days of the emergency, using as source the urea. The fertilizers were applied manually on the lines. The fertilization with P₂O₅ and K₂O at sowing and N topdressing doesn't interfere with the productivity of crambe, but contributes to the increase of oil content in grains. And the nitrogen fertilization decreases the density of the crambe grains and negatively affects the oil content in seeds of crambe.

Key-words: *Crambe abssynica*; mineral nutrition; biodiesel.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente mais de 25 países tem produzido biodiesel a partir de sementes de plantas oleaginosas. Existem mais de 300 espécies vegetais de oleaginosas, porém, apenas 40 espécies têm potencial para produção de biodiesel, sendo as mais utilizadas a soja, a canola, a palma e o girassol. A principal dificuldade em recomendar a semeadura em escala comercial de outras espécies de oleaginosas para produção de grãos como matéria prima para o biodiesel deve-se ao pouco conhecimento de cultivo, que está associado diretamente com as adaptações das espécies às condições edáfoclimáticas, incidência de pragas e doenças, produtividade, rendimento de óleo, comercialização, preço da matéria prima e o preço do biodiesel na indústria (DE LA FUENTE ET AL., 2006, citado por PENELA, 2007).

O biodiesel pode ser produzido de qualquer óleo vegetal, bem como de todas as gorduras de animais, e ainda, de óleos e gorduras residuais, onde se incluem os óleos usados em frituras e os óleos contidos nos esgotos urbanos. Possui, portanto, uma ampla gama de matérias primas, permitindo a prática dos mais diversificados arranjos produtivos, os quais podem interagir positivamente na produção de alimentos (PARENTE, 2008).

Mas, a produção do biodiesel tem enfrentado uma competição quando se trata de alimentação, pois as culturas mais utilizadas para a produção do biodiesel também são usadas na alimentação, como as do girassol, soja, milho, canola, etc.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hoehst) por sua vez, é uma planta que apresenta grande potencial para ser cultivada com a finalidade de produção de biodiesel, devido o óleo não ser recomendado para o consumo humano, por possuir alto teor de ácido erúxico (50-60%). A cultura tem despertado interesse dos produtores de soja, porque

todo seu cultivo é mecanizado e, por ser uma cultura de inverno, semeada após a colheita da soja em março a maio, apresenta baixo custo de produção, com percentual de óleo total entre 26% e 38%. A produtividade é de 1.000 a 1.500 quilos por hectare (PITOL, 2008). O alto teor de ácido erúico (50-60%), classificado como ácido graxo de cadeia longa, é utilizado como lubrificante industrial, na fabricação de tintas, de plásticos, nylon, colas, entre outros. O farelo pode ser utilizado como suplemento protéico para bovinos, contém entre 46 e 58% de proteína nas sementes. Porém, não é recomendado para alimentação de animais não ruminantes, devido existirem glucosinatos, os quais podem ser desdobrados no trato digestivo formando compostos que podem causar danos no fígado e nos rins dos animais.

O crambe foi avaliado por muitos anos como cultura para cobertura do solo, mas tem boas possibilidades para ser uma cultura voltada à produção de biodiesel, devido aos elevados teores de óleo, com baixo custo de produção, à semelhança do nabo forrageiro e aveia preta. Seu custo de produção variável se resume basicamente à semente (12 a 15 kg ha⁻¹), dessecação, operação de plantio, operação de colheita e transporte, variando de R\$ 200,00 a R\$ 300,00 por hectare (PITOL, 2008).

De acordo com Pitol (2009) o solo para o cultivo do crambe deve ter ausência ou baixo teores de alumínio e pH acima de 5,0. Para o bom desenvolvimento radicular da planta, é necessário que haja boas condições físicas e químicas nas primeiras camadas do solo numa profundidade entre 20 e 40 centímetros.

O crambe é tolerante ao clima seco e também a temperaturas baixas e geadas, desde que não seja exposto a essas condições na fase de plântula e no florescimento.

A adubação fosfatada em quantidades adequadas para a planta estimula o desenvolvimento radicular, rápido desenvolvimento inicial, apressa a maturação fisiológica, estimula o florescimento, ajuda a formação das sementes, aumenta a resistência ao frio dos cereais e também aumenta a produtividade (MALAVOLTA, 1989). Segundo Ramos et al. (2005), o manejo da adubação fosfatada é de grande importância para a obtenção de óleo de melhor qualidade, garantindo ao produtor maior ganho em qualidade. A resposta à fertilização fosfatada é influenciada pelo desenvolvimento radicular da planta, método de aplicação, teor de fósforo no solo, tipo de solo, seu conteúdo de umidade e temperatura.

De acordo com Coedeiro et al., (1999) a canola é uma planta muito exigente em nutrientes, de maneira geral, requer mais nitrogênio que a maioria das culturas, além de

ser eficiente na utilização de fósforo do solo. Por serem plantas da mesma família (Brassicaceae), espera-se que o crambe também o seja.

A deficiência de nitrogênio reduz a produtividade da canola, no entanto doses excessivas alongam a fase vegetativa, podendo aumentar a susceptibilidade a patógenos, diminuir o teor de óleo e promover a queima das folhas.

Em relação ao potássio, a canola extrai boa quantidade, mas transloca muito pouco às sementes, requerendo menos fertilizantes potássicos que as demais culturas (COEDEIRO et al., 1999).

O crambe por ser uma cultura de importância agrônômica no que diz respeito do teor de óleo para o biodiesel, trata-se necessário estabelecer doses de N, P e K na sua adubação para o aumento da produtividade e o teor de óleo.

Em função dos poucos resultados de pesquisas sobre a adubação mineral e exigências nutricionais do crambe, objetivou-se neste trabalho avaliar a resposta do crambe às adubações em diferentes doses de P_2O_5 e K_2O em semeadura e N em cobertura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em dois anos agrícolas consecutivos (2008 e 2009). No primeiro ano foi realizado na Fazenda experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, e no segundo ano no Campus experimental da FCA-UFGD, ambos localizados no município de Dourados, MS. A Fazenda Experimental esta localizada na latitude $22^{\circ}13'16''S$, longitude $54^{\circ}48'2''W$ e altitude de 430 m de altitude e o Campus experimental da Faculdade de Ciências Agrárias está situado na latitude de $22^{\circ}14' s$ e longitude $54^{\circ}49' w$, com 452 m de altitude. O solo de ambas as áreas é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999), textura muito argilosa (80% de argila, 14% de silte e 6% de areia), originalmente sob vegetação de cerrado. Os resultados das análises química do solo, realizada antes da semeadura dos experimentos, na profundidade de 0-20 cm, são apresentados no Quadro 1 (EMBRAPA, 2009). Os dados da pluviosidade e de temperatura máximas e mínimas registrados durante o período dos experimentos podem ser observados na Figura 1A E 1B.

QUADRO 1. Valores médios das análises químicas do solo realizada antes da semeadura das safras de 2008 e 2009. Dourados – MS, 2009.

	MO	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V(%)
	g dm ⁻³	H ₂ O	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³mmol _c dm ⁻³						
2008	29,9	5,4	26,4	7,4	0,9	46,1	30,4	63,0	83,9	147,7	56,6
2009	30,7	5,3	23,6	6,4	0,7	44,9	29,0	65,3	80,2	146,3	54,6

Safra 2008

As parcelas foram constituídas de quatro tratamentos de adubação de semeadura: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte de fósforo e potássio o formulado 00-20-20. As subparcelas foram constituídas por quatro tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos quinze dias da emergência, utilizando como fonte a uréia.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições cada.

A área de cada parcela foi de 11,2 metros de comprimento e 6 metros de largura (67,2 m²). As subparcelas corresponderam a seis linhas de plantas de crambe com seis metros de comprimento com espaçamento de 0,40 metros entre linhas e densidade de 25 plantas por metro.

A semeadura da cultura do crambe e a adubação de semeadura com fósforo e potássio foram feitas manualmente no dia 02 de maio de 2008. A colheita foi realizada manualmente, colhendo as duas linhas centrais de cada subparcela, no dia 07 de agosto de 2008.

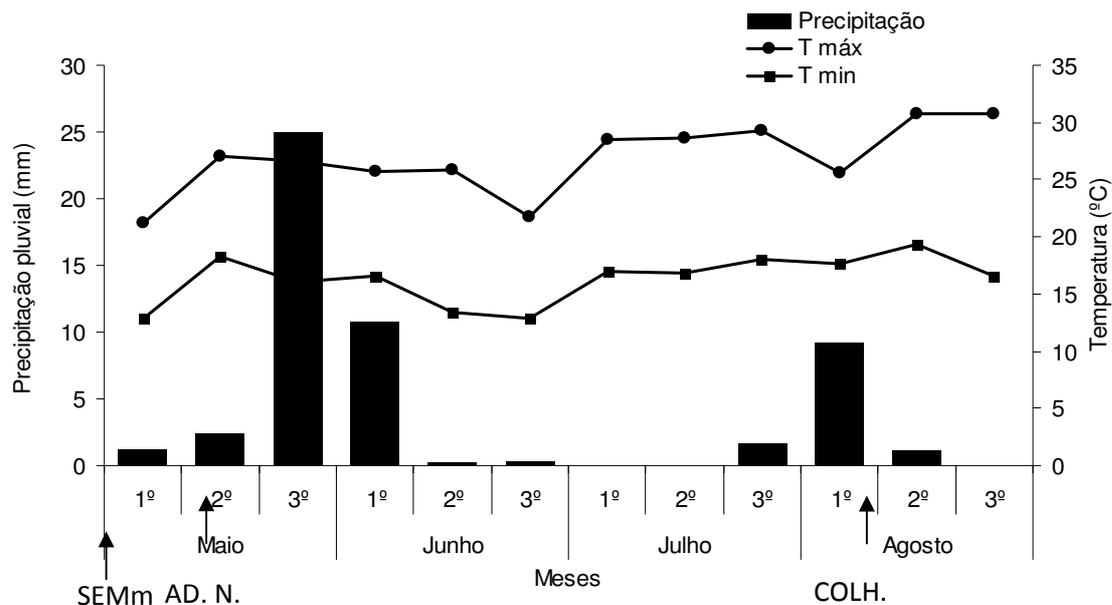


FIGURA 1A. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decêndio no período de maio a agosto de 2008. (SEM) = Semeadura do crambe; (AD. N.) = Adubação nitrogenada do crambe; (COLH.) = Colheita do crambe. Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados – MS, 2008.

Safra 2009

As parcelas foram constituídas de quatro tratamentos de adubação de sementeira: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte de fósforo e potássio o formulado 00-20-20. As subparcelas foram constituídas por três tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura: 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos quinze dias da emergência, utilizando como fonte a uréia. Os adubos foram aplicados manualmente nas linhas.

A área de cada parcela foi de 11,2 metros de comprimento e 6 metros de largura (67,2 m²). As subparcelas corresponderam a seis linhas de plantas de crambe com seis metros de comprimento com espaçamento de 0,40 metros entre linhas e densidade de 25 plantas por metro.

A sementeira da cultura do crambe e a adubação de sementeira de P₂O₅ e K₂O foram feitas manualmente no dia 15 de maio de 2009. A colheita foi realizada manualmente, colhendo-se as duas linhas centrais de cada subparcela, no dia 26 de agosto de 2009.

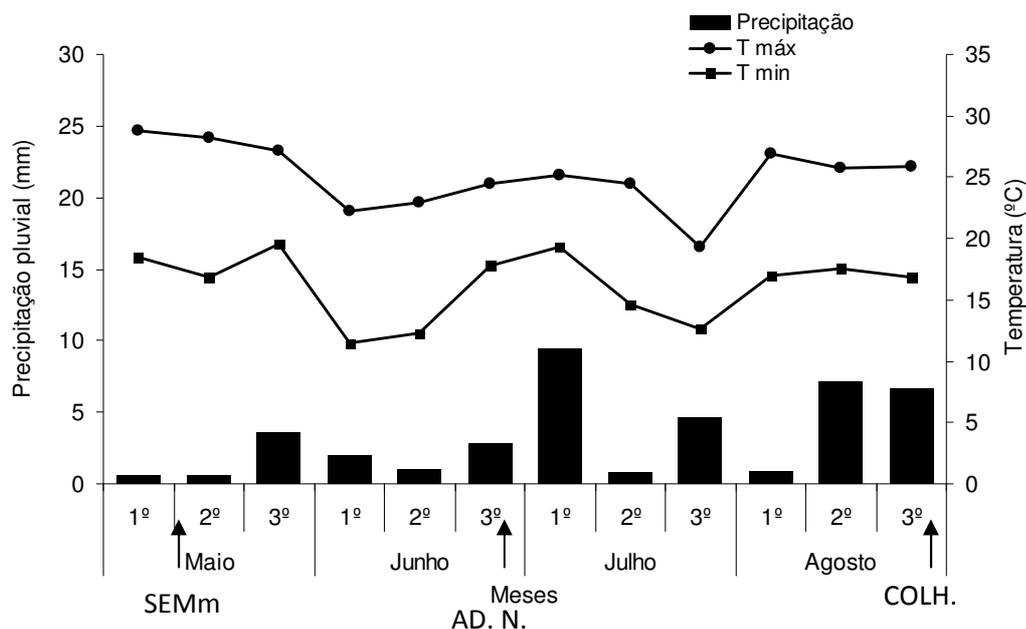


FIGURA 1B. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decêndio no período de maio a agosto de 2008. (SEM) = Semeadura do crambe; (AD. N.) = Adubação nitrogenada do crambe; (COLH.) = Colheita do crambe. Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados – MS, 2009.

Os caracteres avaliados foram:

Altura de plantas: Medindo-se, com régua graduada, a distância entre o nível do solo até o ápice da planta, de dez plantas ao acaso dentro de cada subparcela.

Número de cápsulas por planta: O número de cápsulas por planta foi determinado na colheita, contando-se as cápsulas, de dez plantas escolhidas ao acaso na área útil da subparcela.

Número de ramificações por planta: O número de ramificações por planta foi determinado na colheita, contando-se, ao acaso, as ramificações de dez plantas tomadas ao acaso.

Massa específica dos grãos: Após a medida de produtividade de cada subparcela foi efetuada a massa específica em balança apropriada e os valores transformados para kg m^{-3} .

Massa de 1000 grãos: Após a medida da produtividade e da massa específica foi efetuada a contagem de oito sub-amostras de 100 grãos por subparcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais, corrigindo-se o grau de

umidade para 13%. A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992).

Produtividade: A produtividade foi medida após a trilha e limpeza dos grãos, colhidas dentro da área útil de cada subparcela, representada por duas linhas de crambe com 6 metros de comprimento. A massa foi determinada em balança de precisão com duas casas decimais, com os valores expressos de kg ha^{-1} , corrigindo-se o grau de umidade para 13%.

Massa seca de plantas: Na fase de florescimento foram amostradas três plantas por subparcela e estas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e pesadas em balança de precisão com três casas decimais, para a determinação da massa seca por planta.

Nitrogênio (N) Fósforo (P) e Potássio (K) foliar: A amostragem foi realizada na emissão da inflorescência das plantas, onde foram coletadas a terceira folha do ápice para a base de cerca de 30 plantas aleatoriamente em cada subparcela. A análise de fósforo e potássio foliar foi determinada de acordo com Malavolta et. al. (1997).

Teor de N e proteína nos grãos do crambe: Os grãos foram macerados em cadinho de porcelana. Em seguida foi feita a digestão sulfúrica (MALAVOLTA et al., 1997) determinada pelo método Kejldahl, descrito pela AOAC (1985) e Cai e Chang (1998). O teor de proteína no grão foi obtido através de uma conversão nos dados de N multiplicando-os por 6,25.

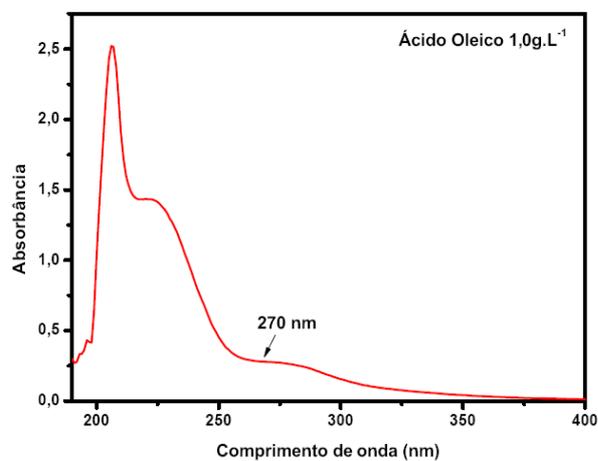
Teor de óleo nos grãos do crambe: A determinação do teor de óleo foi realizada no Laboratório de Espectrofotometria e Cromatografia Aplicada da UFGD, por um método modificado da literatura, pelos próprios químicos do local (FRESCHI, 2010), a qual é dividida em duas etapas:

- *Preparo das amostras:* Foram macerados os grãos manualmente em um cadinho de porcelana, em seguida foi separado aproximadamente 3 g desse material e adicionados 12 mL de Hexano PA ACS e agitado por 24 horas. No dia seguinte foi centrifugado para decantar as impurezas. Dessa solução foi retirado 1 mL e diluído em 9 mL de etanol, e ainda diluído 2 mL da diluição anterior para 2 mL de etanol.
- *Determinação:* Para serem realizadas as leituras das amostras de teor de óleo de crambe foram feitos alguns procedimentos no aparelho: A varredura (λ) 190 a 400 nm com padrão de ácido oléico e mais uma amostra do óleo de crambe, com isso encontrou-se o melhor comprimento de onda para a determinação de óleos (270 nm). Ainda foi desenvolvida a curva de calibração com o padrão de ácido oléico utilizando

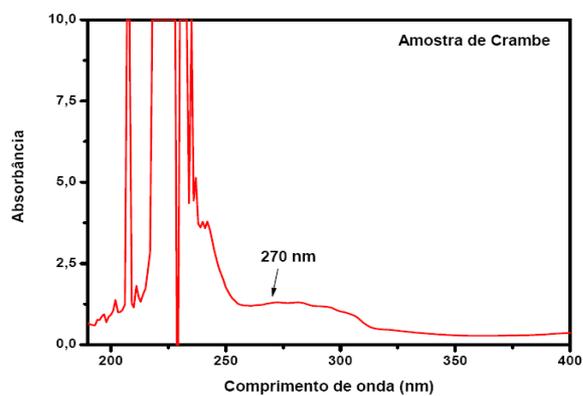
cinco pontos (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 g L⁻¹). E em seguida foram feitas as leituras das amostras no equipamento de absorção molecular (Figura 2).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Lilliefors e ao teste F, ao nível de 5 % de probabilidade. As doses de fósforo e potássio na semeadura e as doses de N em cobertura foram analisadas por meio de ajustes de equações de regressão, no ano de 2008. Da mesma forma, no ano de 2009, as doses de P₂O₅ e K₂O foram analisados com equações de regressão, entretanto, como foram apenas três doses de nitrogênio, utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O software estatístico utilizado foi o Assistat, desenvolvido por Silva e Azevedo (2002).

A



B



C

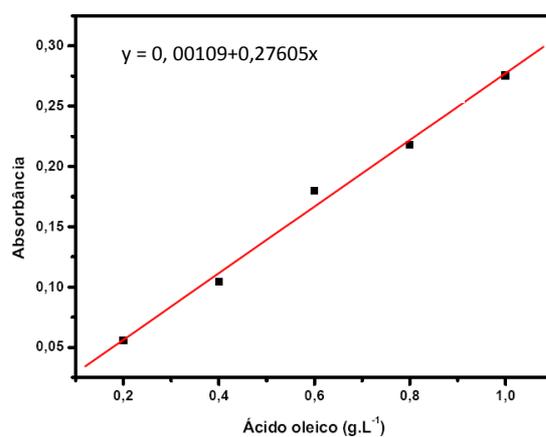


Figura 2. A: Espectro de varredura do padrão; B: Espectro de varredura da amostra de crambe após a extração; C: Curvas de calibração empregando o padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância das variáveis foi significativa ($P < 0,05$) para altura de plantas em função das doses de P_2O_5 e K_2O , número de cápsulas por planta e da massa específica em função das doses de N na safra de 2008 (Quadro 2).

Quadro 2: Análises de variância para altura de plantas, número de cápsulas por planta, número de ramificação por planta, massa específica, massa de mil grãos e produtividade em função das doses de P_2O_5 e K_2O e doses de nitrogênio. Dourados – MS, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios					
	Altura de plantas	n° cápsulas por planta	n° ramificação por planta	Massa específica	Massa de mil grãos	Produtividade
Bloco	0,002	11671,36	3,11	309,38	0,03289	144621,93
Doses de P_2O_5 e K_2O	0,01*	8212,66	2,2	698,87	0,37649	82887,43
Resíduo a	0,004	3094,85	2,98	376,6	0,07797	76310,51
Doses de N	0,003	9656,12*	0,02	3218,58*	0,13696	9368,77
Doses de P_2O_5 e K_2O x Doses de N	0,002	5904,93	1,29	510,23	0,12974	39852,17
Resíduo b	0,003	5507,05	1,02	390,04	0,24127	39862,68
CV% (a)	7,2	22,65	32,75	5,89	3,84	40,01
CV% (b)	6,17	30,22	19,18	5,99	6,76	28,91

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na safra de 2008, verificou-se efeito significativo para o número de cápsulas por planta em função das doses de N. para a altura de plantas, número de ramificação por planta, massa específica, massa de mil grãos, produtividade e massa seca de planta não se verificaram efeitos significativos em função das doses de P_2O_5 e K_2O e das doses de N (Quadro 3).

Quadro 3: Análises de variância para altura de plantas, número de cápsulas por planta, número de ramificação por planta, massa específica, massa de mil grãos e produtividade em função das doses de P_2O_5 e K_2O e doses de nitrogênio. Dourados – MS, 2009.

Fontes de variação	Quadrados médios						Massa seca de planta
	Altura de plantas	n°cápsulas por planta	n°ramificação por planta	Massa específica	Massa de mil grãos	Produtividade	
Doses de P_2O_5 e K_2O	0,005	327094,62	5,6	301,12	0,09829	67961,9	2,85
Resíduo a	0,012	136963,25	50,51	160,79	0,11575	59204,48	1,84
Doses de N	0,013	471664,41*	57,48	193,72	0,5011	66393,11	7,09
Doses de P_2O_5 e K_2O x Doses de N	0,007	190161,04	21,52	214,36	0,11259	36780,27	4,06
Resíduo b	0,005	89373,57	19,32	223,34	0,14824	37368,85	2,36
CV% (a)	8,97	35,39	65,04	3,91	5,07	22,86	13,57
CV% (b)	5,74	28,59	40,23	4,61	5,74	18,16	15,39

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para a altura de plantas de crambe, houve significância do efeito das doses de P_2O_5 e K_2O (Figura 3) para a safra 2008. À medida que se aumentaram as doses de P_2O_5 e K_2O , houve aumento linear concomitante na altura das plantas, atingindo valores de 1,02 m para a dose máxima de 60 kg ha^{-1} , que corresponde a um acréscimo de 7,94% em relação à dose 0 kg ha^{-1} .

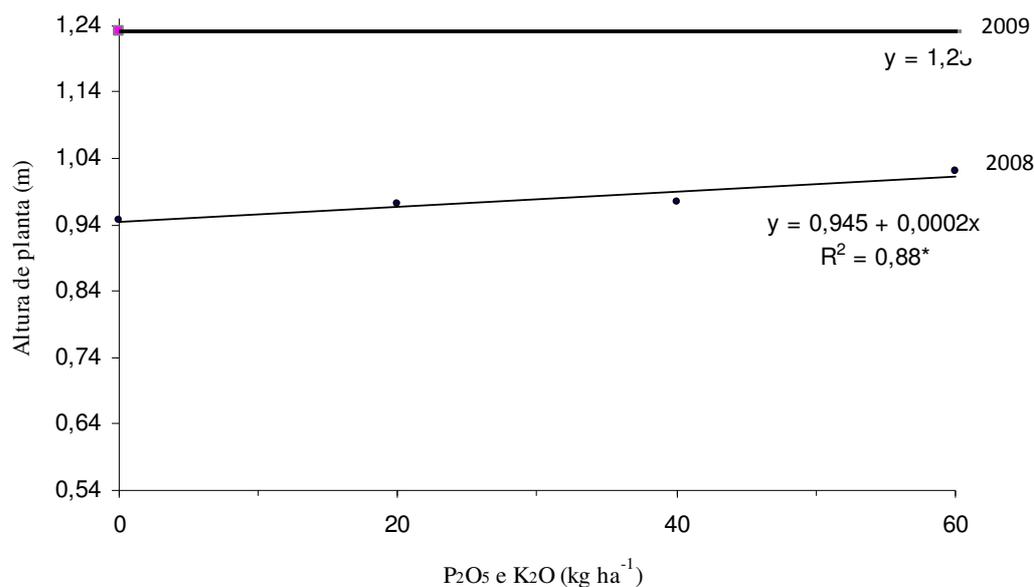


Figura 3. Altura de planta (m) de crambe em função das doses de P_2O_5 e K_2O aplicados na semeadura. Dourados – MS, 2008.

Não houve resultado significativo na altura das plantas de crambe em função das doses de N (Quadro 4) para a safra 2008.

Quadro 4. Valores médios das variáveis: altura de plantas (m), número de cápsulas por planta, número de ramificação por planta, massa específica ($kg\ m^{-3}$), massa de mil grãos (g) e produtividade ($kg\ ha^{-1}$) em função das doses de P_2O_5 e K_2O e das doses de N. Dourados – MS, 2008.

Doses P_2O_5 e K_2O ($kg\ ha^{-1}$)	Altura de planta (m)	n°cápsulas por planta	n°ramificação por planta	Massa específica ($kg\ m^{-3}$)	Massa de mil grãos (g)	Produtividade ($kg\ ha^{-1}$)
0	0,947*	232,35 ^{ns}	5,46 ^{ns}	325,42 ^{ns}	7,24 ^{ns}	601,29 ^{ns}
20	0,971	239,26	5,36	335,61	7,33	760,17
40	0,973	279,15	5,53	328,16	7,24	664,35
60	1,02	232,53	4,72	327,95	7,24	735,78
Médias	0,977	245,82	5,26	329,28	7,26	690,40
Doses de N						
0	0,976 ^{ns}	211,39*	5,22 ^{ns}	347,57*	7,46 ^{ns}	679,16 ^{ns}
60	0,956	251,77	5,32	333,07	7,1	711,57
120	0,986	249,25	5,26	315,86	7,2	661,62
180	0,993	269,87	5,26	320,65	7,28	709,21
Médias	0,977	245,57	5,26	329,28	7,26	690,39

* significativo a 5%; ^{ns} não significativo

Em 2009, a altura de plantas apresentou uma média de 1,23 m, (Quadro 5 e Figura 3), e estes valores foram maiores que no ano anterior, isto pode ser explicado porque em 2008, houve a ocorrência de geadas na fase vegetativa, com queima moderada do ápice da planta, afetando o seu crescimento final.

Quadro 5: Valores médios das variáveis: altura de plantas (m), número de cápsulas por planta, número de ramificação por planta, massa específica (kg m⁻³), massa de mil grãos (g), produtividade (kg ha⁻¹) e massa seca de plantas (g) em função das doses de P₂O₅ e K₂O e doses de nitrogênio. Dourados – MS , 2009.

Doses P ₂ O ₅ e K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Altura (m)	n°cápsulas por planta	n°ramificação por planta	Massa específica (kg m ⁻³)	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa seca de plantas (g)
0	1,21 ^{ns}	1152,73 ^{ns}	11,39 ^{ns}	330,76 ^{ns}	6,76 ^{ns}	962,16 ^{ns}	9,86 ^{ns}
20	1,25	963,21	11,09	318,83	6,56	1082,47	9,36
40	1,25	1211,07	9,92	322,32	6,74	1143,03	10,32
60	1,23	855,23	11,31	323,67	6,74	1069,62	10,43
Médias	1,23	1045,56	10,93	323,89	6,7	1064,32	9,99
Doses de N							
0	1,24 ^{ns}	1230,5 a	9,69 ^{ns}	327,7 ^{ns}	6,49 ^{ns}	1038,52 ^{ns}	9,29 ^{ns}
60	1,26	1015,2 ab	13,11	323,1	6,79	1137,63	10,61
120	1,2	891,2 b	9,9	320,9	6,81	1016,8	10,08
Médias	1,23	1045,63	10,9	323,9	6,69	1064,32	9,99

* significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. Médias seguidas por letras diferentes em uma mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para número de cápsulas por planta observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio para o ano de 2008. Conforme aumentaram-se as doses de N para o número de cápsulas por planta observou-se um acréscimo linear de 27,66% na maior dose (180 kg ha⁻¹) em relação à dose 0 kg ha⁻¹, atingindo assim o número de 271,48 cápsulas por planta (Figura 4). Já as doses de fósforo e potássio não proporcionaram diferenças significativas para esta variável. (Quadro 4).

Isso provavelmente aconteceu porque os teores de fósforo e potássio do solo desta pesquisa estão em níveis muito altos (EMBRAPA, 1999). E com exceção da altura de plantas no ano de 2008, nenhuma outra variável respondeu a esses nutrientes.

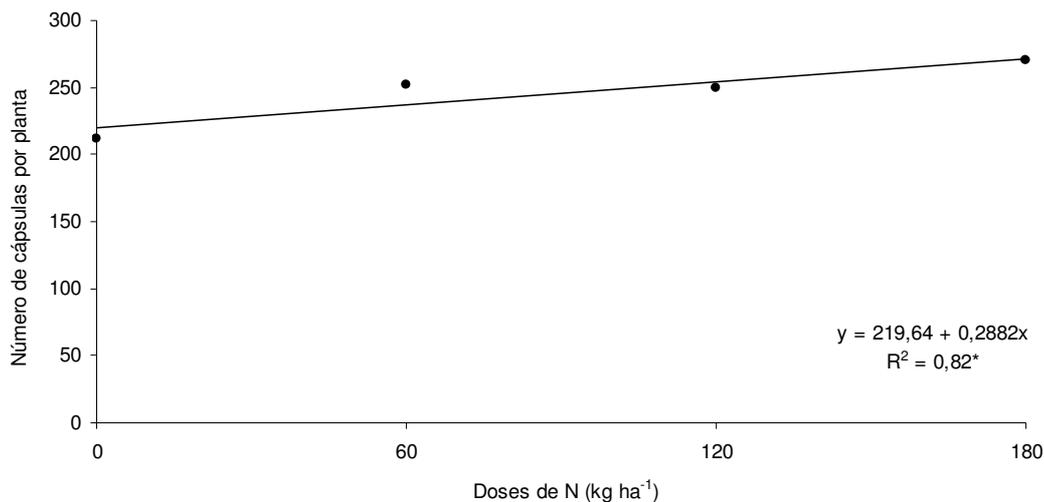


Figura 4. Número de cápsulas por planta em função das doses de N (kg ha⁻¹) em cobertura. Dourados – MS, 2008.

Quanto ao número de ramificações por planta não houve efeitos significativos para as doses de P₂O₅, K₂O e doses de N, para ambos os anos (Quadro 3 e 4).

O que se pode observar nesta pesquisa foi que nas plantas de crambe o número de cápsulas por planta teve relação direta com o número de ramificações por planta, pois houve maior número de cápsulas quando houve maior número de ramificações nas plantas.

Verificou-se efeito significativo na safra de 2008 (Quadro 2 e 4) para a massa específica dos grãos de crambe em função das doses de N. O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados da massa específica foi o linear (Figura 5), seguindo um padrão inversamente proporcional no sentido de quanto maiores as doses de N, menores os valores de massa específica, promovendo um decréscimo de 7,74% em relação à dose zero. Isso pode ser explicado devida a influência no raio da esfera dos grãos. Quando se aumenta as doses de N, aumenta-se o tamanho dos grãos, ou seja, aumenta o raio da esfera dos mesmos, aumentando o tamanho dos poros em mesmo volume, sendo que o ganho em massa não acompanhou em proporção o ganho em volume dos grãos, fazendo com que houvesse menor número de grãos para um mesmo volume. Para as doses de P₂O₅ e K₂O não se verificou efeito em nenhum dos anos para esta característica.

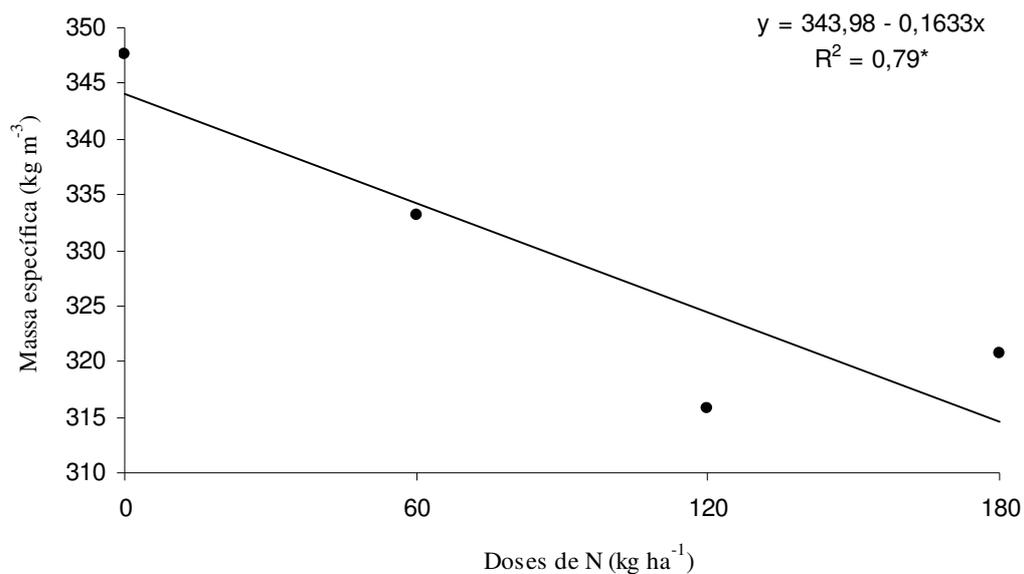


Figura 5. Massa específica (kg m⁻³) dos grãos de crambe em função das doses de N (kg ha⁻¹) aplicados em cobertura. Dourados – MS, 2008.

De acordo com a Embrapa Soja (2000), as sementes de girassol possuem massa específica semelhante a do crambe, cerca de 390 kg m⁻³, sendo considerada uma semente de baixa massa específica quando comparado com a soja, que possui 770 kg m⁻³ a 800 kg m⁻³ (KRZYZANOWSKI et al., 2006). A canola possui uma massa específica maior que o crambe, chegando a 670, 7 kg m⁻³. Isso sugere ter maior cuidado com o transporte dos grãos de crambe. O caminhão não deve ter rachaduras e furos e a carga deve ser coberta, pois os grãos são pequenos e leves, para evitar que ocorra a perda de grãos durante o percurso. Além disso, a distância entre o local de produção e a indústria de processamento não deve ser muito grande para não onerar o frete (RURAL SEMENTES, 2009).

Para massa de mil grãos não houve diferença significativa nos dois anos. No trabalho de Lavagnolli & Silva (2008) é possível observar resultados diferentes, onde o aumento nas doses de P₂O₅ em semeadura na cultura do crambe promoveu incrementos significativos da massa de mil grãos.

Pode-se verificar que nas duas safras estudadas as doses de P₂O₅ K₂O e N não afetaram a produtividade (Quadro 2,3,4 e 5). Não havendo efeitos significativos para esta variável, mas os valores de produtividade ficaram abaixo daqueles relatados por Pitol (2008) para a cultura do crambe.

No ano de 2008 a maior produtividade foi de 735 kg ha⁻¹ na dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O. Fato este que pode ser explicado devido a desuniformidade de maturação dos frutos na mesma planta, sendo observado quantidades expressivas de frutos caídos no chão antes da colheita, ou seja, houve perda dos grãos no momento da colheita. Sabendo desta sensibilidade da planta, no experimento de 2009, houve antecipação da colheita para a época de início da maturação dos frutos.

A produtividade da cultura em 2009 chegou a 1143 kg ha⁻¹ na dose de 40 kg de P₂O₅ e K₂O ha⁻¹. Está de acordo com a produtividade relatada por Pitol (2008) e pode ser atribuída à ausência de perda de grãos por degrana, considerando que a colheita foi realizada no início da maturação fisiológica dos frutos.

Lavagnolli e Silva (2008) estudando adubação fosfatada em crambe relataram aumentos significativos na produtividade quando as doses de P₂O₅ aumentaram, chegando a valores de até 1900 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

De acordo com Tomm (2005) a cultura da canola, pertencente à mesma família da cultura do crambe, as Brassicaceae, necessita para uma produção média de grãos de 1.500 kg ha⁻¹, cerca de 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 15 kg ha⁻¹ de K₂O.

A massa seca das plantas foi analisada somente no ano de 2009 e não houve diferenças significativas (Quadro 5). Resultados semelhantes foram encontrados em trabalho de Lavagnolli e Silva (2008) estudando adubação com fósforo e zinco na cultura do crambe, onde as doses avaliadas foram de 0, 40, 80, 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 0 e 80 g ha⁻¹ de zinco, não mostrou efeitos significativos para a massa seca de plantas de crambe.

Para os atributos teor de N foliar, teor de N nos grãos, teor de proteína nos grãos e teor de óleo nos grãos, houve efeito significativo (p<0,05) em função das doses de N e o teor de P foliar e o teor de óleo nos grãos foi significativo (p<0,05) em função das doses de P₂O₅ e K₂O, na safra de 2008 (Quadro 6).

Quadro 6: Resumo das análises de variância para teor de N foliar, teor de fósforo foliar, teor de potássio foliar, teor de proteína nos grãos e teor de óleo em função das doses de P₂O₅ e K₂O e doses de nitrogênio. Dourados – MS, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios					
	Teor de N foliar	Teor de P foliar	Teor de K foliar	Teor de N nos grãos	Teor de proteína nos grãos	Teor de óleo
Bloco	2,8	0,12	1,19	18, 81684	15, 325	0,913
Doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O	0,39	0,03 *	0,11	3, 99535	1, 56069	160,65 *
Resíduo a	22, 681	0, 008	0,08	9, 83844	4, 71994	1,56
Doses de N	235,02 *	0, 022	0, 201	34, 58249*	13,50878*	56,68 *
Doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O x Doses de N	18,9	0,04	0,4	18, 73778	7, 31945	108,59
Resíduo b	19,4	0,01	0,21	14, 13494	5, 52146	3,33
CV% (a)	14,76	10,24	11,58	8,94	9,91	4,17
CV% (b)	13,66	13,38	18,27	10,72	10,72	6,08

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

O teor de N foliar, teor de K foliar e teor de óleo nos grãos foram significativas ($p>0,05$) em função das doses de P₂O₅ e K₂O e nitrogênio na safra de 2009 (Quadro 7).

Quadro 7: Resumo das análises de variância para teor de N foliar, teor de fósforo foliar, teor de potássio foliar, teor de proteína nos grãos e teor de óleo em função das doses de P₂O₅ e K₂O e doses de nitrogênio. Dourados – MS, 2009.

Fontes de variação	Quadrados médios					
	Teor de N foliar	Teor de P foliar	Teor de K foliar	Teor de N nos grãos	Teor de proteína nos grãos	Teor de óleo
Doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O	7,97	0,04	0, 078	8, 72716	3, 40905	126,53 *
Resíduo a	10,52	0, 027	0, 094	7, 17436	4, 47148	2,12
Doses de N	146,68 *	0, 012	1,19 *	5, 25439	2, 05250	222,95 *
Doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O x Doses de N	47,52	0, 014	0,03	6, 56921	2, 56610	48,19
Resíduo b	26,65	0, 011	0,05	3, 56491	1, 39254	3,21
CV% (a)	8,96	20,74	13,1	8,19	10,34	4,63
CV% (b)	14,26	13,28	10,4	5,77	5,77	5,70

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

O modelo matemático que melhor se ajustou aos dados de N foliar em função das doses de N na adubação de cobertura foi o linear. Na medida em que se aumentaram as doses de nitrogênio na adubação de cobertura, houve incremento de N foliar, o

aumento foi de 31,1% na dose maior de 180 kg ha⁻¹ em relação à dose zero, atingindo assim o valor de 3,61 g kg⁻¹ de N foliar (Figura 6).

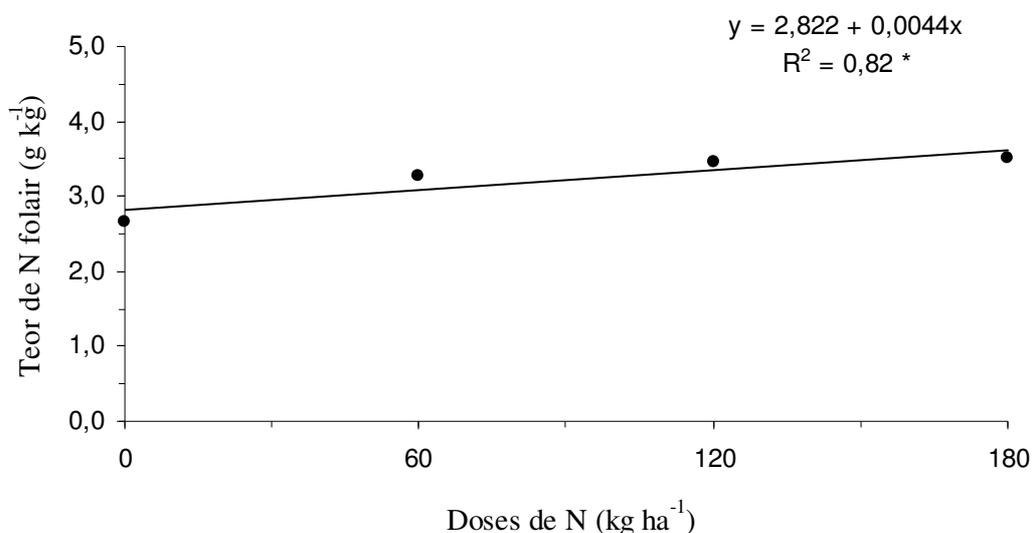


Figura 6. Teor de nitrogênio foliar (g kg⁻¹) no crambe em função das doses de N (kg ha⁻¹) aplicados em cobertura. Dourados – MS, 2008.

Da mesma forma, no ano de 2009, para os teores de N foliar, houve incrementos significativos quando se aumentou as doses de N em cobertura (Quadro 9).

Quadro 8: Valores médios das variáveis teor de N foliar, teor de P foliar, teor de K foliar, teor de proteína foliar e teor de óleo em função das doses de P₂O₅ e K₂O e doses de nitrogênio. Dourados – MS, 2008.

Doses P ₂ O ₅ e K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Teor de N foliar (g kg ⁻¹)	Teor de P foliar (g kg ⁻¹)	Teor de K foliar (g kg ⁻¹)	Teor de N nos grãos (g kg ⁻¹)	Teor de proteína nos grãos (%)	Teor de óleo (%)
0	3,21 ns	0,857 *	2,447 ^{ns}	3,64 ^{ns}	22,11 ^{ns}	26,1 *
20	3,21	0,945	2,578	3,52	21,77	29,06
40	3,24	0,918	2,575	3,47	22,22	31,47
60	3,23	0,956	2,65	3,39	21,54	33,44
Doses de N						
0	2,67 *	0,911 ns	2,49 ^{ns}	3,32 *	20,73 *	32,67 *
60	3,27	0,947	2,55	3,59	22,45	29,65
120	3,45	0,95	2,73	3,65	22,80	29,23
180	3,50	0,87	2,48	3,46	21,66	28,51

* significativo a 5%; ^{ns} não significativo

Moreno et al. (2003) com a cultura do nabo forrageiro encontraram maiores teores de N ($4,09 \text{ g kg}^{-1}$) na dose de $116,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Lourente et al. (2007) avaliando doses e fonte de N em milho também observaram acréscimos no teor foliar com o aumento na aplicação de N, no entanto, com reduzida magnitude de resposta, principalmente quando se usa a uréia como fonte de N. Segundo os autores, é possível que esse aumento da aplicação de uréia, tenha aumentado as perdas de nitrogênio por volatilização. Diferentemente de Pacheco et al. (2008) que aponta que o teor de N foliar foi afetado pela dose de P_2O_5 , mas não havendo resposta à adubação nitrogenada na cultura da mamona, ao contrário do aconteceu com o crambe neste ensaio que não respondeu a adubação com P_2O_5 e K_2O em relação ao teor de N foliar.

Para o teor de fósforo na safra 2008 houve efeito das doses de P_2O_5 e K_2O . Conforme se aumentou a dose de P_2O_5 , houve um incremento no teor de P foliar. A equação que melhor se ajustou aos dados foi a linear com um aumento de 11,68% na dose maior de 60 kg ha^{-1} em relação à dose zero, atingindo assim o valor de $0,968 \text{ g kg}^{-1}$ de P foliar (Figura 7). Ao contrário de Ferreira et al. (2005), estudando nabo forrageiro submetido a diferentes doses de fósforo, os resultados mostraram que não houve diferença significativa no teor de P foliar.

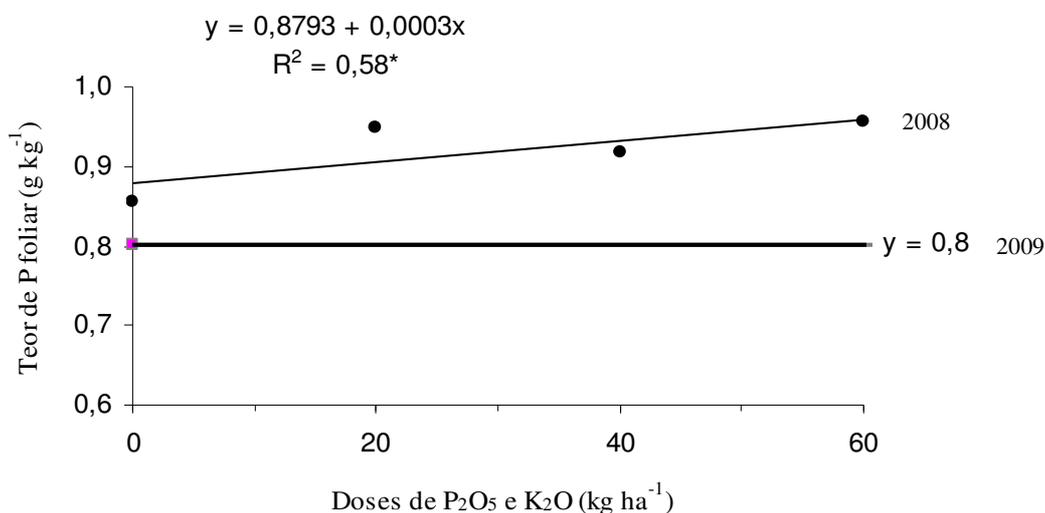


Figura 7. Teor de fósforo foliar (g kg^{-1}) no crambe em função das doses de P_2O_5 e K_2O (kg ha^{-1}) aplicadas na semeadura. Dourados – MS, 2008.

Na safra 2009 não houve efeitos significativos no teor de fósforo foliar para as doses de P_2O_5 e K_2O em semeadura e N em cobertura (Quadro 9).

Quadro 9: Valores médios das variáveis teor de N foliar, teor de P foliar, teor de K foliar, teor de proteína foliar e teor de óleo em função das doses de P₂O₅ e K₂O e doses de nitrogênio. Dourados – MS, 2009

Doses P ₂ O ₅ e K ₂ O	Teor de N foliar (g kg ⁻¹)	Teor de P foliar (g kg ⁻¹)	Teor de K foliar (g kg ⁻¹)	Teor de N nos grãos (g kg ⁻¹)	Teor de proteína nos grãos (%)	Teor de óleo (%)
0	3,62 ^{ns}	0,74 ^{ns}	2,27 ^{ns}	3,29 ^{ns}	20,58 ^{ns}	27,75*
20	3,57	0,75	2,33	3,37	21,09	30,11
40	3,54	0,85	2,46	3,23	20,21	32,49
60	3,73	0,85	2,36	3,17	19,84	35,34
Doses de N						
0	3,33 b	0,812 ^{ns}	2,03 b	3,20 ^{ns}	20,04 a	35,49 c
60	3,58 ab	0,815	2,45 a	3,32	20,75 a	30,63 b
120	3,93 a	0,764	2,55 a	3,28	20,50 a	28,15 a

* significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. Médias seguidas por letras diferentes em uma mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para o teor de K foliar não houve efeito significativo quanto à adubação de P₂O₅ e K₂O em semeadura e N em cobertura na safra de 2008 (Quadro 8). Mas foi significativo para a safra de 2009 para as doses de N (Quadro 9). Havendo aumento com as doses de nitrogênio em cobertura do teor do K foliar. Trabalhos realizados por Ajay et al. (1970) e Dibb e Welch (1976) os autores relatam que a maior absorção de K permite rápida assimilação NH₄⁺ absorvido, mantendo seu teor baixo na planta, evitando a toxidez. Em plantas deficientes de potássio, haveria acúmulo de NH₄⁺, com aparecimento de lesões correspondentes à toxidez por este íon. Ainda em trabalho realizado em cevada por Yamada e Roberts (2005), pode-se observar que quando não havia potássio suficiente, os teores deste nutriente na planta ficaram menores, conforme a disponibilidade de N aumentou.

Não houve efeito significativo da adubação nitrogenada para o teor de nitrogênio nos grãos no ano de 2009, mas houve incremento significativo na safra de 2008, sendo o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático (Figura 8). A dose de 109,34 kg ha⁻¹, promoveu o valor máximo de 3,67 g kg⁻¹ de N nos grãos. Em trabalho de Abreu et al. (2005) estudando aveia branca, com aumento da doses de nitrogênio o teor de N nos grãos aumentaram linearmente.

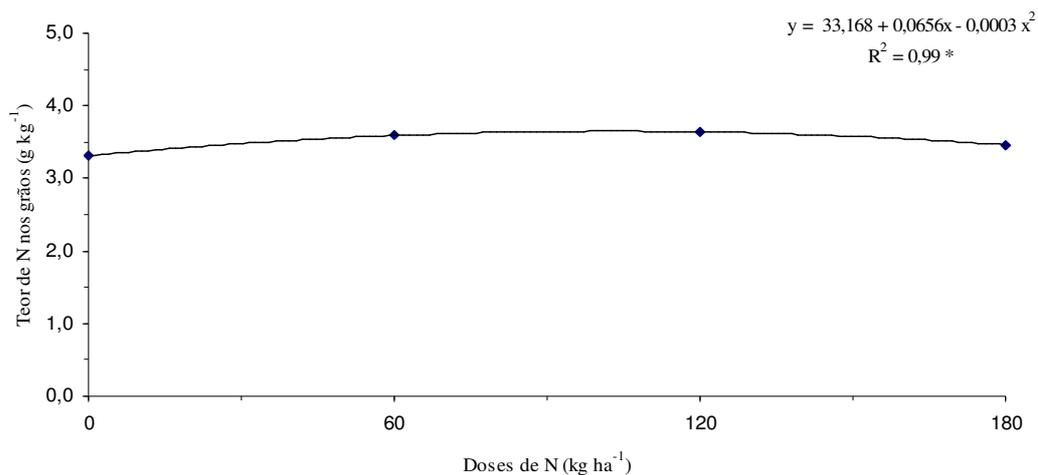


Figura 8. Teor de nitrogênio nos grãos (g kg^{-1}) do crambe em função das doses de N (kg ha^{-1}) aplicados em cobertura. Dourados – MS, 2008.

Verificou-se diferença significativa para o teor de proteína nos grãos em função da adubação nitrogenada de cobertura apenas na safra de 2008, onde se observa que com o aumento das doses de N houve o aumento do teor de proteína. O modelo matemático de que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, obtendo-se 20,72% de proteína nos grãos com a dose de $102,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (Figura 9). Souza et al. (2009) em pesquisa realizada com diferentes oleaginosas, observaram que o crambe possui em média 21,30% de proteína nos grãos, valores muito próximos aos obtidos nesse trabalho.

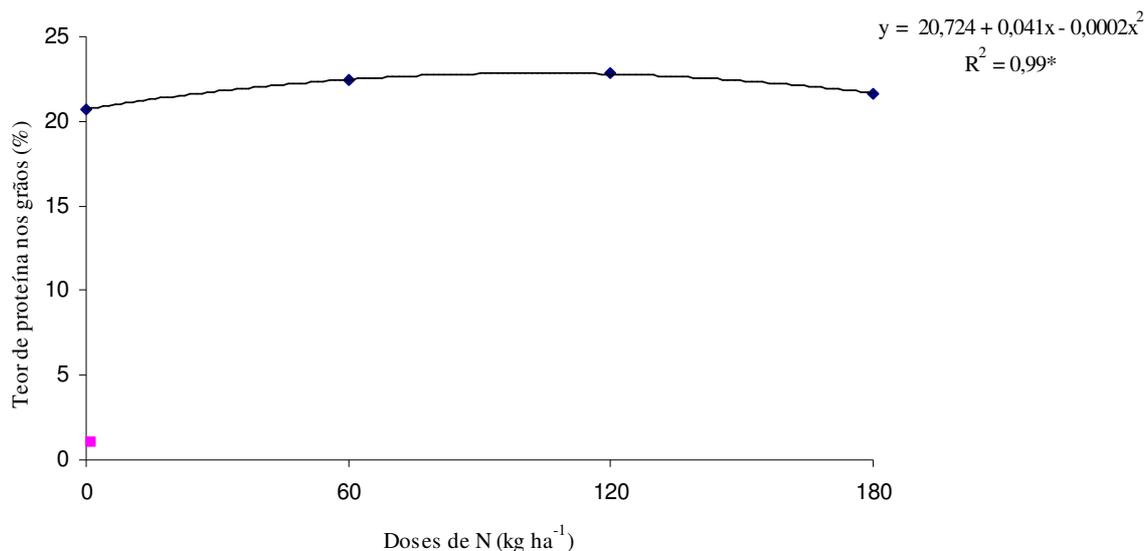


Figura 9. Teor de proteína nos grãos (g kg^{-1}) do crambe em função das doses de N (kg ha^{-1}) aplicados em cobertura. Dourados – MS, 2008.

De acordo com Gomes Junior et al. (2005) o nitrogênio por participar da composição dos aminoácidos, desempenha um efeito direto no teor de proteínas dos grãos. Patroni et al. (2002) observaram maior teor de proteína nos grãos de feijão cujas plantas receberam os maiores níveis de adubação nitrogenada. Ainda, Gomes Junior et al. (2005) estudando o feijoeiro relataram que o fornecimento de maior quantidade do fertilizante nitrogenado possivelmente supriu as exigências da cultura, verificando-se o aumento significativo no teor de proteína bruta e solúvel com o aumento da dose de N aplicada.

Resultados similares foram encontrados por de Wamser e Mundstock (2007) que estudando cevada, verificam aumento dos teores de proteína nos grãos com o aumento das doses de nitrogênio.

Trindade et al. (2006) relataram que os teores de proteína do grão de trigo foi influenciado significativamente pelas doses de nitrogênio, ou seja, o teor de proteína aumentou linearmente com o incremento da dose de nitrogênio em cobertura.

Para o teor de óleo nos grãos houve significância em função das doses de nitrogênio em cobertura na safra de 2008, sendo que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados foi o linear (Figura 10). À medida em que se aumentaram as doses de N, houve decréscimos nos teores de óleo nas sementes de crambe, sendo que esse decréscimo foi de 12,74% na dose máxima em relação a dose zero.

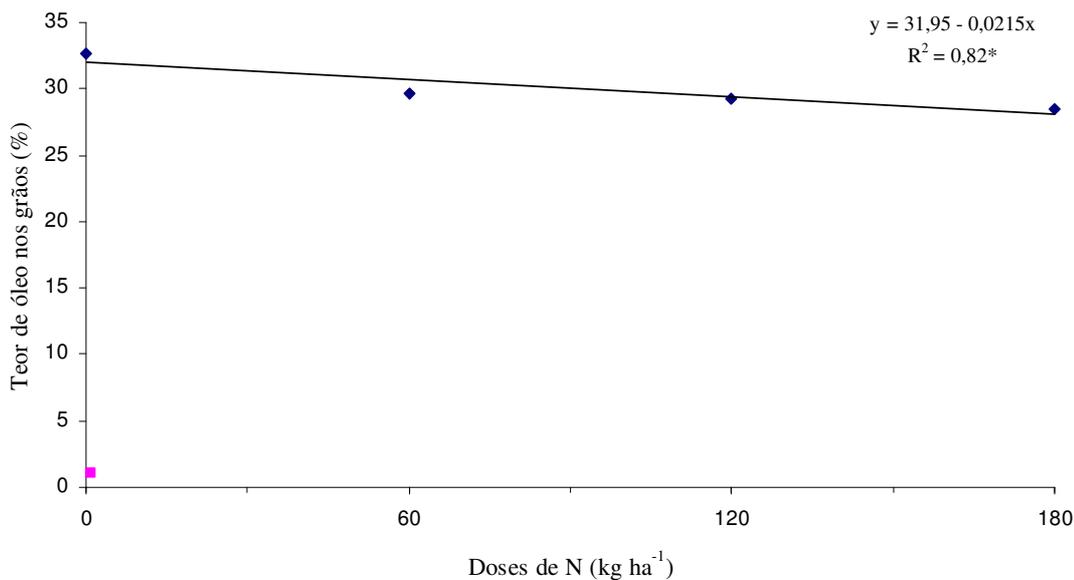


Figura 10. Teor de óleo nos grãos (%) do crambe em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) aplicados em cobertura. Dourados – MS, 2008.

Em 2009 também houve resultados significativos para o teor de óleo dos grãos em função da adubação nitrogenada (Quadro 9). Com o aumento das doses de nitrogênio, verificou-se diminuição nos teores de óleo nos grãos de crambe.

Calarota e Carvalho (1984) estudando girassol verificaram que a adubação nitrogenada promoveu alteração na proporção lipoprotéica, no sentido de que, à medida que se fornece mais nitrogênio às plantas, decresce o conteúdo de óleo e aumenta o de proteínas nas sementes. Severino et al. (2006) e Silva et al. (2007) estudando mamoneira verificaram que não houve diferença significativa do teor de óleo nas sementes em função das adubações de fósforo, potássio e nitrogênio.

Essa diminuição do teor de óleo quando se aumenta as doses de nitrogênio na adubação mostrou efeito prejudicial na porcentagem de óleo dos grãos de crambe, portanto, o cuidado na adubação nitrogenada deve ser redobrado, não necessitando assim, de usar altas doses de N na adubação.

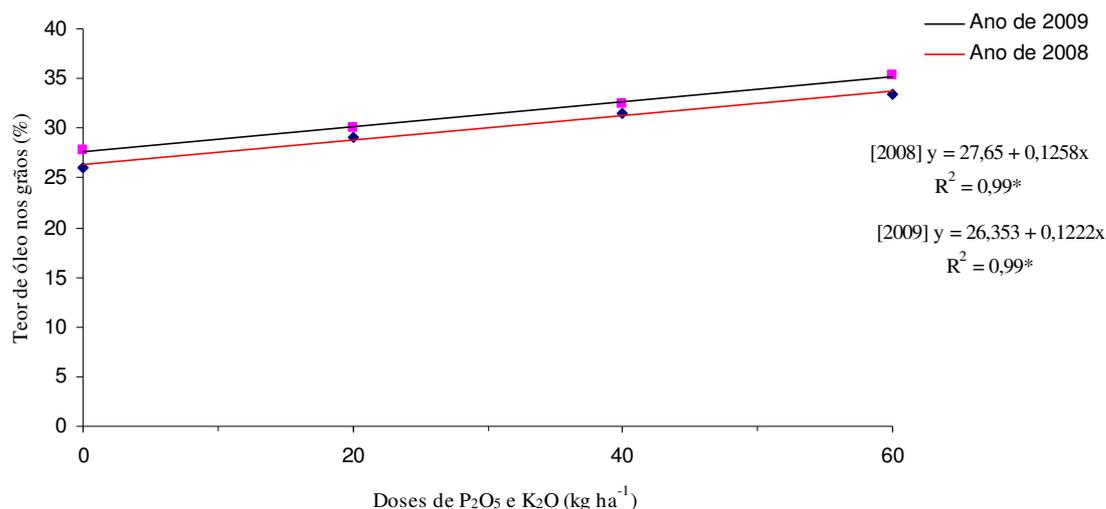


Figura 11. Teor de óleo nos grãos (%) do crambe em função das doses de P_2O_5 e K_2O ($kg\ ha^{-1}$) aplicados em sementeira. Dourados – MS, 2008 e 2009.

Para o teor de óleo em função das doses de P_2O_5 e K_2O verificou-se efeito significativo para os dois anos (Figura 11). Na safra de 2008 e 2009 houve acréscimos de 28,12% e 27,37% respectivamente, em relação à dose zero e obtendo valores de 29,78% e 31,09% no teor de óleo na dose de $60\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Lavagnolli e Silva (2008) estudando adubação fosfatada em crambe mostram que no teor de óleo aumentou com a adubação fosfatada. Os teores de óleo obtidos nessa pesquisa estão de acordo com Lavagnolli e Silva (2008).

Com esse resultado observa-se que a adubação com fósforo e potássio favorece o teor de óleo, assim sendo, que ao diminuir as doses de N em cobertura, pode-se aumentar as doses de P_2O_5 e K_2O para ocorrer o aumento dos teores de óleo, já que os mesmos não interferem na produtividade.

Segundo Malavolta et al. (1997), o fósforo está relacionado com a síntese de proteínas, óleos e gorduras, formando estruturas como fosfolipídios, que se encontram em varias partes da célula. Portanto a aplicação de fósforo torna-se prática indispensável para plantas produtoras de óleo, desde que o teor existente no solo não seja suficiente para suprir a necessidade da cultura.

4. CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizada essa pesquisa conclui-se que:

A adubação com P_2O_5 e K_2O em semeadura e N em cobertura não interferem na produtividade da cultura do crambe, mas contribui para o aumento dos teores de óleo nos grãos.

A adubação nitrogenada diminui a massa específica dos grãos de crambe e afeta negativamente os teores de óleo nos grãos de crambe.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, G.T.; SCHUCH, L.O.B.; MAIA, M.S. Análise do crescimento e utilização de nitrogênio em aveia branca (*Avena sativa* L.) em função da população de plantas, **Revista Agrociência**, Pelotas, v.8, n.2, p.111-116, 2005

AJAY, O.; MAYNARD, D. N.; BARKER, A. V. The effects of potassium on ammonium nutrition of tomato. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, p. 818-821, 1970.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 16.ed. Washington, DC. **Official Methods of Analysis**, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 1992. 365p.

CAI, T. D.; CHANG, C. K. Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. **Food Research Internacional**, v. 31, n. 4, p. 289-295, 1998

CALAROTA, N.E.; CARVALHO, N.M.; Efeitos da adubação nitrogenada em cobertura sobre os conteúdos de óleo e de proteína e a qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus*). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.6, n.3, p. 41-50, 1984.

CARLSON, A. S. **Oil crop platforms for industrial uses**. Outputs from the EPOBIO project, 2007.

CORDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. **A cultura da canola**. (Cadernos Didáticos, 60). Viçosa: UFV, 1999.

DIBB, D. W.; WELCH, L. F. Corn growth as affected by ammonium vs. nitrate absorbed from soil. **Agronomy Journal**. Madison, v. 68, p. 89-94, 1976.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA SOJA, Tecnologia de produção da cultura do girassol. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/colheita.htm> Acesso em 11 de dezembro de 2009.

FERREIRA, J. M.; ANDRADE, W.E.B.; OLIVEIRA, L.A.A.; VALENTINI, L.; REGO FILHO, L.M.; RIBEIRO, L.J. Avaliação do nabo norrageiro cv. Cati AL 1000 quanto à adubação fosfatada e reciclagem de nutrientes no outono - Inverno na Região Norte Fluminense. Biodiesel, p.151-154. 2005. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006/agricultura/AvaliacaoNabo18.pdf>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.

FRESCHI, G.P.G. Metodologia desenvolvida para a extração de óleo vegetal no Laboratório de Espectrofotometria e Cromatografia Aplicada (LECA) da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia (FACET), 2010.

GOMES JÚNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; LEAL, A.J.F.; MATOS, F.A.; SÁ, M.E.; HAGA, K.I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.37 n.3, p.455-459, 2005.

JASPER, S. P. **Cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): Avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto**. 2009. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu – UNESP, Botucatu – SP

KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; FRANCA NETO, J. B.; COSTA, N. P. Tecnologias que valorizam a semente da soja. 2006. Disponível em: <<HTTP:WWW.seednews.inf.br/português/seed106/artigocapa106.shtml> Acesso em 13 de dezembro de 2009.

LAVAGNOLLI, R. F.; SILVA, T. R. B. **Efeito da adubação com fósforo e zinco na cultura do crambe**. 2008. 10 f. Monografia (Curso de agronomia) – Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel – PR.

LOURENTE, E.R.P.; ORTOCELLI, R.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E.; RODRIGUES, E.T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, p.55-61, 2007.

MALAVOLTA E. ABC da adubação. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1989. 292p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ªed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia de 2006 a 2011**. Embrapa Informações Tecnologia, 118 p, 2005

MORENO, G.; SOUZA, L.C.F.; ORTONCELLI, R.; GONÇALVES, M.C.; JÚNIOR, A.P. Avaliação da sucessão de culturas na produtividade de algodoeiro em sistema de plantio direto. 2003. Disponível em <http://cnpa.embrapa.br> Acesso em 10 de agosto de 2009.

PACHECO, D.D.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. H.; ANTUNES, P. CD. Produção e disponibilidade e nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de Biologia e Ciência da terra**, Paraíba, v.8, n.1, p.153-160, 2008.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel e Alimentos**. 2008. Revista Magazine. Disponível em: <<http://www.sindepolbrasil.com.br/sindepol11/biodiesel.htm>>. Acesso em: 13 de outubro de 2009.

PATRONI, S.M.S. et al. A. Avaliação de diferentes níveis de adubação em três cultivares de feijão carioca. 2- Qualidade nutricional dos grãos. In: REUNIÃO

NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2002, Viçosa. Resumos... Viçosa: UFV, 2002. p. 541-543.

PENELA, Y. M. G. **Selección de indicadores que permitan determinar cultivos óptimos para la producción de biodiesel en la eco-regiones chaco-pampeana de la República Argentina.** Inta, mayo de 2007. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/indicadores_biodiesel.pdf>. Acesso em 10 de setembro de 2008.

PITOL, C. **Crambe: uma nova opção para produção de biodiesel.** Maracajú, Fundação MS, 2008. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br>>. Acesso em: janeiro de 2008

PITOL, C. **Crambe: Planta rústica, com boa tolerância a variações climáticas, baixo custo e rápido ciclo de produção, é considerada excelente fonte de óleo vegetal para geração de biodiesel.** Maracajú, Fundação MS, 2009. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1706214-4529,00.html>>. Acesso em: 23 de novembro de 2009.

RAMOS, S.J.; FERNANDES, L.A.; MARQUES, C.C.L.; SILVA, D.D.; PALMEIRA, C.M. & MARTINS, E.R. Produção de matéria seca e óleo essencial de menta sob diferentes doses de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n.1, p.9-12, 2005.

RURAL SEMENTES, **Crambe – alternativa para produção de óleo.** Disponível em: <http://www.ruralsementes.com.br/produtos/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Crambe%20%5BModo%20de%20Compatibilidade%5D.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2009.

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, 2006.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, P.R.C. **Cultivo do crambe**. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEK –BA, 2007.

SOUZA, A.D.V.; FAVARO, S.P.; ÍTAVO, L.C.V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, 2009.

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento Online, Passo Fundo, RS, Brasil, n. 26, 21p. 2005. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm>. Acesso em: 29 de outubro de 2009.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B.; CÁNOVAS, A.D.; MOREIRA, J. A.A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, 2006.

WANSER, A.F.; MUNDSTOCK, C.M. Teor de proteínas nos grãos em resposta à aplicação de nitrogênio em diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n.3, p. 1571-1576, 2007.

YAMADA, T.; ROBERTS, T.L; **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. 841 p.

CAPÍTULO II – ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE PLANTAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO CRAMBE

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico da cultura do crambe submetidos a diferentes espaçamentos e densidades de plantas. Esta pesquisa foi desenvolvida no Campus experimental da FCA-UFGD, localizado no município de Dourados, MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas, correspondendo a três espaçamentos entre linhas: 0,17 m; 0,34 m e 0,51 m e três densidade de plantas: 20; 30 e 40 plantas por metro linear, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições. A análise de variância foi significativa ($p < 0,05$) para produtividade, para o número de ramificação/planta e para massa seca em função do espaçamento e da densidade de plantas. Para produtividade houve efeito significativo em função do espaçamento. A maior produtividade se obteve no espaçamento de 34 e 51 cm. A densidade de plantas não interferiu na produtividade da cultura do crambe.

Palavras-chave: *Crambe abssynica*; manejo cultural; espaçamento e densidade de plantas.

SPACING AND PLANT DENSITY ON THE PERFORMANCE OF AGRICULTURAL CULTIVE OF CRAMBE

ABSTRACT. The aim of this study was to evaluate the agronomic performance of cultivating crambe under different spaces and plant densities. This experiment was conducted at the Experimental Campus of FCA-UFGD, located in the city of Dourados, MS. The experimental design was randomized blocks with treatments arranged in split plots, corresponding to three rows: 0,17 m; 0,34 m e 0,51 m and three densities of plants: 20; 30 and 40 plants per linear meter, totalizing nine treatments, with four repetitions. Analysis of variance was significant ($p < 0,05$) for the productivity, for the number of branch / plant and dry mass in function of the space and the density of the plants. For the productivity there was a significant effect in function of the space. The highest productivity was obtained in the space of 34 and 51cm. The plant density did not interfere in the cultivate productivity of the crambe.

Key-words: *Crambe abssynica*; cultural management; space and plants density.

1. INTRODUÇÃO

Em 2004, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que tem por objetivo estimular a produção de biodiesel a partir de diversas fontes oleaginosas e em diversas regiões do território nacional, de forma sustentável e promovendo a inclusão social, além de garantir preços competitivos,

qualidade e suprimento. A concepção do PNPB está baseada em uma base tecnológica que sustenta três visões: ambiental, social e mercadológica (IBICT, 2006).

A implantação no país do PNPB, que determina a adição crescente de óleos de origem vegetal ao diesel, prevendo uma proporção de 5% em 2012, poderá servir como incentivo à produção de várias culturas, particularmente as oleaginosas (FERREIRA et al., 2005). Para atender a demanda de óleo vegetal será necessário 5 milhões de hectares. Dentre estas culturas, a cultura do crambe se apresenta como promissora, já que apesar do rendimento em óleo (38%) estar abaixo ao de outras culturas, apresenta vantagem em relação à baixa competitividade na indústria de alimentos, uma vez que seu óleo é tóxico na alimentação humana (PITOL, 2008).

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma planta da família das Brassicaceae, originária da região do Mar Mediterrâneo, sendo encontrada em maior escala no México e Estados Unidos. Seu cultivo no Brasil foi iniciado em 1995, na estação de pesquisa da Fundação MS, em Maracajú – MS. Seu cultivo é mecanizado e é semeado como cultura de inverno, ou seja, logo após a colheita da soja. Possui baixos custos de produção e o teor de óleo está entre 26 e 38%. Sua produtividade pode variar de 1.000 a 1.500 kg ha⁻¹ (PITOL, 2008).

Pela sua recente introdução no país o crambe ainda necessita ser estudado, para que se ofereça ao produtor dados cientificamente comprovados quanto ao seu manejo e práticas culturais.

Em geral, o manejo da população e densidade de plantas é prática cultural importante para determinar a produtividade de grãos, pois o estande afeta a arquitetura das plantas, altera o crescimento e o desenvolvimento, e influencia na produção e partição de fotoassimilados (SANGOI e ALMEIDA, 1996). Por outro lado, resultado pouco promissor em relação ao aumento da população de plantas tem sido obtido, caracterizando-se por baixos níveis de produtividade; quando outros fatores de produção se tornam limitantes, destacando-se entre eles o suprimento de nutrientes (SANGOI, 1990), a temperatura e a disponibilidade hídrica. O produtividade de grãos pode ser incrementado maximizando-se a eficiência fotossintética da comunidade, principalmente pela melhoria da interceptação da radiação fotossintética ativa, pela conversão mais eficiente da radiação interceptada em massa seca e pela partição de fotoassimilados nos órgãos reprodutivos (MUNDSTOCK, 1977; SILVA et al., 1995).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico da cultura do crambe submetido a diferentes espaçamentos e densidades de plantas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no Campus Experimental da FCA-UFGD, localizado no município de Dourados, MS, latitude 22°14'S e longitude 54°49'W e 452 m de altitude. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999), textura muito argilosa (80% de argila, 14% de silte e 6% de areia), originalmente sob vegetação de cerrado. Os resultados da análise das características químicas do solo, realizada antes da semeadura do experimento, na profundidade de 0-20 cm, são apresentados no Quadro 1 (EMBRAPA, 2009). Os dados da pluviosidade e de temperatura máximas e mínimas registrados durante o período dos experimentos podem ser observados na Figura 1.

QUADRO 1. Valores médios da análise química do solo realizada antes da semeadura do experimento. Dourados – MS, 2009.

MO	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
g dm ⁻³	H ₂ O	mg dm ⁻³	mmol _c DM ⁻³	mmol _c dm ⁻³	%
30,7	5,3	23,6	6,4	0,7	44,9	29,0	65,3	80,2	146,3	54,6

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas, correspondendo nas parcelas a três espaçamentos entre linhas, sendo 0,17 m; 0,34 m e 0,51 m e nas subparcelas três densidade de plantas equivalente a 20; 30 e 40 plantas por metro linear, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições (Quadro 2). A semeadura foi realizada manualmente no dia 08 de maio de 2009, abrindo-se 4 sulcos de cinco metros de comprimento, com profundidade de 3,0 cm. Para garantir as populações de plantas estabelecidas nos tratamentos foram distribuídos na semeadura o dobro de sementes e realizado o desbaste aos quinze dias após a emergência das plântulas. No momento da semeadura foi realizada a adubação com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de fertilizante na fórmula comercial 07-20-20.

Quadro 2. Composição dos tratamentos e quantidade de plantas ha⁻¹.

Tratamentos	Espaçamentos	Densidades	Plantas ha ⁻¹
1	0,17	20	1.176.470,59
2	0,17	30	1.764.705,80
3	0,17	40	2.352.941,18
4	0,34	20	588.235,29
5	0,34	30	882.352,94
6	0,34	40	1.176.470,59
7	0,51	20	392.156,86
8	0,51	30	588.235,29
9	0,51	40	784.313,73

A colheita foi efetuada manualmente retirando-se as duas linhas centrais de cada subparcela, no dia 11 de agosto de 2009.

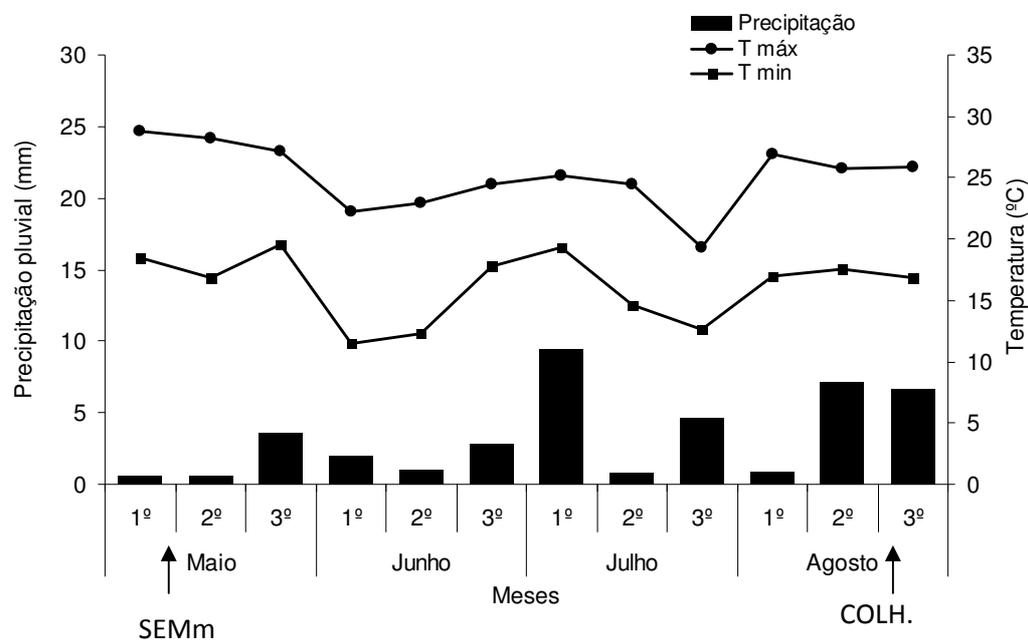


FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decêndio no período de maio a agosto de 2008. (SEM) = Semeadura do crambe; (AD. N.) = Adubação nitrogenada do crambe; (COLH.) = colheita do crambe. Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados – MS, 2009.

Os caracteres avaliados foram:

Altura de plantas: Medindo-se, com régua graduada, a distância entre o nível do solo até o ápice da planta, de dez plantas ao acaso dentro de cada subparcela.

Número de cápsulas por planta: O número de cápsulas por planta foi determinado na colheita, contando-se as cápsulas, de dez plantas escolhidas ao acaso na área útil da subparcela.

Número de ramificações por planta: O número de ramificações por planta foi determinado na colheita, contando-se, ao acaso, as ramificações de dez plantas tomadas ao acaso.

Massa específica dos grãos: Após a medida de produtividade de cada subparcela foi efetuada a massa específica em balança apropriada e os valores transformados para kg m^{-3} .

Massa de 1000 grãos: Após a medida da produtividade e da massa específica foi efetuada a contagem de oito sub-amostras de 100 grãos por subparcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%. A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992).

Produtividade: A produtividade foi medida após a trilha e limpeza dos grãos, colhidas dentro da área útil de cada subparcela, representada por duas linhas de crumbe com 6 metros de comprimento. A massa foi determinada em balança de precisão com duas casas decimais, com os valores expressos de kg ha^{-1} , corrigindo-se o grau de umidade para 13%.

Massa seca de plantas: Na fase de florescimento foram amostradas três plantas por subparcela e estas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e pesadas em balança de precisão com três casas decimais, para a determinação da massa seca por planta.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Lilliefors e ao teste F, ao nível de 5 % de probabilidade. As médias de espaçamento e densidade de plantas foram submetidas teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O software estatístico utilizado foi o Assistat, desenvolvido por Silva e Azevedo (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância foi significativa ($p < 0,05$) para número de ramificações por planta e massa seca em função da densidade de plantas e produtividade em função do espaçamento. (Quadro 3).

Quadro 3: Resumo das análises de variância para altura de plantas, número de cápsulas por planta, número de ramificação por planta, massa específica, massa de mil grãos em função da densidade e produtividade em função do espaçamento. Dourados – MS, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios						
	Altura de plantas	n°cápsulas por planta	n°ramificação por planta	Massa específica	Massa de mil grãos	Produtividade	Massa seca de plantas
Bloco	0,05323	66152,69	7,76753	690,58	0,0543	633421,55	2,29
Espaçamentos	0,01281	17982,82	3,066	1393,315	0,375	355556,97 *	7,67
Resíduo a	0,00736	122854,35	11,495	679,117	0,2275	56428,66	4,31
Densidade de plantas	0,01619	28768,525	15,238 *	472,297	0,145	33350,141	6,34*
Espaçamentos x Densidade de plantas	0,00236	100212,38	5,523	916,233	0,4768	59822,95	1,28
Resíduo b	0,00846	56179,44	4,107	598,18	0,115	64842,82	1,11
CV% (a)	7,83	64,19	26,26	8,82	6,98	30,31	25,83
CV% (b)	8,39	43,40	15,69	8,28	4,98	32,49	13,14

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 4. Valores médios para altura de plantas (m), número de cápsulas por planta, número de ramificação por planta, massa específica (kg m^{-3}), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha^{-1}) em função dos espaçamentos e densidades de plantas. Dourados – MS, 2009.

Espaçamentos (cm)	Altura de planta (m)	n°cápsulas por planta	n°ramificação por planta	Massa específica (kg m^{-3})	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha^{-1})	Massa seca de plantas (g)
17	1,09 a	525,9 a	12,45 a	295,145 a	7,15 a	585,619 b	7,15 a
34	1,06 a	521,5 a	12,82 a	305,934 a	8,26 a	897,357 a	8,26 a
51	1,12 a	590,8 a	13,45 a	284,383 a	8,7 a	867,995 ab	8,7 a
Densidades (plantas por metro)							
20	1,07 a	571,0 a	13,84 a	301,587 a	8,4 a	801,902 a	8,4 a
30	1,06 a	589,6 a	11,65 b	294,824 a	7,2 b	724,240 a	7,2 b
40	1,13 a	577,5 a	13,23 ab	289,052 a	8,2 a	824,828 a	8,2 a

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na cultura da canola a distribuição de plantas em uma área pode modificar seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (DEGENHARDT & KONDRÁ, 1981). De acordo com Silva et al. (1983) estas modificações estão relacionadas com a competição entre indivíduos, em conseqüência da variação do espaçamento entre linhas e na densidade de semeadura podendo reduzir o número e o peso de siliquis por plantas. Observa-se que no Quadro 4, não houve diferenças significativas para número de cápsulas por planta quando aumentou a densidade de plantas.

O maior número de ramificações por planta foi verificado na densidade de 20 plantas por metro, diferindo significativa para o número de ramificação por planta de 30 plantas por metro linear (Quadro 4). Estes resultados concordam com os obtidos por Fontes e Ohlrogge (1972) em trabalhos com soja e Bennet et al. (1977), Aguillar et al. (1984) e Edje et al. (1975), em trabalhos com feijão comum, onde o incremento da densidade de plantas resultou em redução no número de ramos por planta.

Para a massa específica dos grãos não houve diferença significativa em função do espaçamento e população de plantas. Fontes et al. (2000) verificaram para a cultura do trigo que o espaçamento entre linhas de 24,3 cm e densidade de semeadura de 450 sementes aptas por metro proporcionou maior massa específica.

Para massa de mil grãos houve significância em função da densidade de plantas (Quadro 4), observando-se a maior massa de mil grãos nas densidades de 20 e 40 plantas por metro linear.

Para produtividade houve efeito significativo em função do espaçamento. No espaçamento de 34 cm a produtividade foi igual ao espaçamento de 0,51 m e maior que 17 cm (Quadro 4). Desta forma, é possível sugerir que para a semeadura do crambe devem-se utilizar espaçamentos entre 34 e 51 cm, uma vez que, no espaçamento de 17 cm se obteve a menor produtividade dos grãos.

Os resultados obtidos nesse experimento diferem dos verificados por Pitol (2009) que relatam espaçamento para o crambe de 17 a 45 cm.

Santos et al. (1990) verificaram na cultura da canola que o rendimento de grãos aumentou com a redução do espaçamento e da densidade de semeadura. O melhor espaçamento foi de 18 cm entre linhas, associado a 3 kg ha^{-1} de sementes. Resultados semelhantes foram obtidos por Franchini et al. (2007) estudando a canola, concluindo que no espaçamento 17 cm houve melhor aproveitamento do potencial da espécie e melhor resultado econômico para os produtores.

Para a massa seca de plantas houve diferença significativa em função das densidades das plantas, sendo que a maior massa seca foi obtida na densidade de 20 e 40 plantas por metro (Quadro 4). Matteucci e Carvalho (1988) estudando feijão-de-corda, relatam que a produção total de matéria seca por planta foi afetada pela densidade de plantas, havendo uma redução de 14,4 g por planta, quando a densidade passou de 4 plantas m^{-2} (28,2 g) para 32 plantas m^{-2} (13,8 g) significando um decréscimo de 51%. A densidade de 30 plantas por metro se estabelece uma competição que é mais acentuada à medida que a planta avança em seus estádios de desenvolvimento. Com isso, em uma maior densidade de plantas, a massa seca das plantas de crambe diminui, ocasionando uma menor produção de folhas durante seu ciclo vegetativo, o que vem a proporcionar redução na produção total de massa seca por planta. Diaz e Aguillar (1984) trabalhando com feijão comum, também observaram redução na produção de massa seca por planta, quando submetida à alta densidade de plantas. Castro e Boaretto (2004) estudando canola observaram que o espaçamento e densidade de plantas não influenciaram a massa seca das plantas.

4. CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizada essa pesquisa, pode-se concluir que:

A maior produtividade da cultura do crambe se obteve no espaçamento de 34 e 51 cm. A densidade de plantas não interferiu na produtividade da cultura do crambe.

Recomendando-se o espaçamento de 0,34 m entre linhas e população entre 20 e 40 plantas/m².

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, F.E.; DIAZ, M.F.; LAINO, D.R. Efecto de la densidad de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento em frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Turrialba v.34, n.1, p.55-61, 1984.

BENNET, J.P.; ADAMS, M.W.; BURGA, C. Pod yield components variations an intercorrelation in *Phaseolus vulgaris* L. as affected by planting density. *Crop Science*, v. 17, p. 73-75, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 1992. 365p.

CASTRO, A.M.C.; BOARETTO, A.E. Teores e acúmulo de nutrientes em função da população de plantas de canola. *Scientia Agraria, Paraná*, v.5, n.1-2, p.95-101, 2004.

DEGENHARDT, D.F., KONDRÁ, Z.P. The influence of seeding date and seeding rate on seed yield and yield components of five genotypes of *Brassica napus*. **Canadian Journal Plant Science**, Ontário, v.61, n.2. p.12-15. 1981.

DIAZ, M.F.; AGUILAR, R.E. Efecto de la densidad de siembra en la distribución de materia seca em la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) **Turrialba**, v.34, n.1. p. 63-76, 1984.

EDJE, O.J.; MUGHOGHO, L.K.; AYONOADU, U.W.U. Bean yield and yield componentes as affected by fertilizer and plant population. **Turrialba**, v. 25, n.1, p.79-84, 1975.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

FERREIRA, J. M.; ANDRADE, W.E.B.; OLIVEIRA, L.A.A.; VALENTINI, L.; REGO FILHO, L.M.; RIBEIRO, L.J. Avaliação do nabo norrageiro cv. Cati AL 1000 quanto à adubação fosfatada e reciclagem de nutrientes no outono - Inverno na Região Norte Fluminense. *Biodiesel*, p.151-154. 2005. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/AvaliacaoNabo18.pdf>. Acesso em: Dezembro de 2008.

FONTES, J.R.M.; CARDOSO, A.A.; SOUZA, M.A.; CRUZ, C.D. Relação do espaçamento e da densidade de semeadura com o rendimento de grãos e outras características agrônômicas do trigo. **Revista Ceres**, Viçosa, p. 61-73, 2000.

FONTES, L.A.N.; OHLROGGE, A.J. Influence of seed size and population on yield and other characteristics of soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.). **Agronomy Journal**, v. 6, n. 6, p.833-836, 1972.

FRANCHINI, R.G.; MORCELI, A.A.; VOLPE, E. Comportamento de genótipos de canola plantado no Projeto de Assentamento do município de Ponta Porá/MS. 2007. Disponível em: <http://www.sgi.ms.gov.br/pantaneiro/controle/ShowFile.php?id=24099>. Acesso em Novembro de 2009.

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 12 de setembro de 2009.

MATTEUCCI, M.B.A.; CARVALHO, B.C.L. Efeito do fósforo e da densidade de população sobre os componentes do rendimento do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L. Walp). I – Características morfológicas. **Anais Esc. Agron. e Vet.** n. 18, p. 73-87, 1988.

MUNDSTOCK, C.M. Densidade de semeadura de milho para o Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS: ASCAR, 1977. 35 p (Boletim Técnico n. 1).

PITOL, C. **Crambe: uma nova opção para produção de biodiesel.** Maracajú, Fundação MS, 2008. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br>>. Acesso em: janeiro de 2008

PITOL, C. Crambe: **Planta rústica, com boa tolerância a variações climáticas, baixo custo e rápido ciclo de produção, é considerada excelente fonte de óleo vegetal para geração de biodiesel.** Maracajú, Fundação MS, 2009. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1706214-4529,00.html>>. Acesso em: 23 de novembro de 2009.

SANGOI, L. Comportamento de variedades e híbridos de milho em duas densidades de semeadura e dois níveis de fertilizantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1715-1725, 1990.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 179-183, 1996.

SANTOS, H.P., LHANBY, J.C.B., DIAS, J.C.A. Rendimento em grãos da colza (*Brassica napus* L.), em função do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.5, p.701-707, 1990.

SILVA, M.I. da, MARCHEZAN, E., ALBRECHT, J.C. Efeito do espaçamento e da densidade de semeadura sobre o comportamento agrônômico da colza (*Brassica napus* L. var. oleifera Metzg). In: REUNIÃO ANUAL DE PROGRAMAÇÃO DE PESQUISA E DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA DA CULTURA DA COLZA, 1983, Porto Alegre: **Anais**. Universidade Federal de Santa Maria, 1983. p.14-21.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.