MARINEZ CARPISKI SAMPAIO

CULTIVO DE CÁRTAMO *(CARTHAMUS TINCTORIUS* L.*)* SOB VARIAÇÃO DE ADUBAÇÕES, DENSIDADES E ÉPOCAS DE PLANTIO

CASCAVEL
PARANÁ – BRASIL
ABRIL – 2016

MARINEZ CARPISKI SAMPAIO

CULTIVO DE CÁRTAMO *(CARTHAMUS TINCTORIUS* L.*)* SOB VARIAÇÃO DE ADUBAÇÕES, DENSIDADES E ÉPOCAS DE PLANTIO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná para obtenção do Título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura.

ORIENTADOR: PROF. DR. REGINALDO FERREIRA SANTOS

COORIENTADOR: PROF. DR. DEONIR SECCO

CASCAVEL
PARANÁ – BRASIL
ABRIL – 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S184c

Sampaio, Marinez Carpiski
Cultivo de cártamo *(Cartamos Tinctorius L.)* sob variação de adubações, densidades e época de plantio./Marinez Carpiski Sampaio. Cascavel, 2016.

63 p.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Coorientador: Prof. Dr. Deonir Secco

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2016
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura

1. Cultura do cártamo. 2. Doses de fertilizantes. 3. Produtividade. I. Santos, Reginaldo Ferreira. II. Secco, Deonir. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 21.ed. 631.8
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9ª/965

MARINEZ CARPISKI SAMPAIO

"CULTIVO DE CÁRTAMO (*CARTAMOS TINCTORIUS I.*) SOB VARIAÇÃO DE ADUBAÇÕES, DENSIDADES E ÉPOCAS DE PLANTIO"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

Profa. Dra. Glaucia Cristina Moreira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Medianeira

Cascavel, 06 de abril de 2016.

“Dedico este trabalho à toda minha família, meu esposo Adelar, meus filhos Everton e Aurélio, em especial aos meus pais Dejalma e Elsa, fonte de amor, carinho, dedicação, apoio e compreensão nas horas mais difíceis da minha vida”.

AGRADECIMENTO

Então, finalmente chegou a hora de agradecer!

Confesso que não foi fácil chegar até aqui. Do processo seletivo, passando pela aprovação até a conclusão do Mestrado, foi um longo caminho percorrido.

Primeiramente à Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. Ele que é o maior mestre em nossas vidas, que em tantos momentos desesperadores carregou-me no colo, não permitindo que eu me afastasse de meu propósito.

Aos meus pais, por me terem dado educação, valores e por terem me ensinado a andar. Pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Quero agradecer a todos aqueles que sempre confiaram em mim, a minha família e aos meus verdadeiros amigos.

Ao meu esposo, Adelar, pelo apoio incondicional, compreensão, amor e incentivo, sempre. É para mim, um grande exemplo de garra e persistência.

Aos meus filhos, Everton e Aurélio, que são o motivo para acreditar que tudo nessa vida vale pena.

Ao meu orientador, Professor Doutor Reginaldo Ferreira Santos, obrigada pela dedicação e confiança depositada em mim.

Ao meu coorientador Doutor Deonir Secco, pelo apoio recebido.

Ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos de Mestrado.

Enfim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste estudo.

Muito Obrigada!

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental.....17

Tabela 2. Número de galhos (N.G.), Massa Fresca de Galho (M.F.G.), Massa Seca de Galho (M.S.G), Número de Cápsulas (N.CAP.), Massa Fresca de Capsulas (M.F.CAP.), Massa Seca de Capsulas (M.S.CAP.).....22

Tabela 3: Atura de Planta (A.P.), Diâmetro de Caule (D.C.), Comprimento de Caule (COM.C.), Massa Fresca de Caule (M.F.C.), Massa Seca de Caule (M.S.C.), Massa Fresca de Raiz (M.F.R.), Massa Seca de Raiz (M.S.R.).....23

Tabela 4. Produtividade (kg ha^{-1}), Peso de 1000 sementes (PES.1000 SEM.), Teor de Óleo (% ÓLEO).....23

Figura 1. Imagens do desenvolvimento da pesquisa.....19

Figura 2. Comportamento das variáveis meteorológica de precipitação, temperatura média do ar mínima e máxima, vento e radiação solar durante o ciclo vegetativo da cultura do cártamo em Cascavel, PR, no ano de 2014.....19

Figura 3. Número de galhos por diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....24

Figura 4. Número de cápsulas em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....25

Figura 5. Matéria fresca de cápsulas (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....26

Figura 6. Massa seca de cápsulas (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....27

Figura 7. Massa fresca de caule (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....28

Figura 8. Massa seca de caule (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....28

Figura 9. Massa fresca de raiz (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....29

Figura 10. Massa seca de raiz (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio.....30

Figura 11. Número de cápsulas por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio.....31

Figura 12. Massa fresca de cápsulas (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio.....32

Figura 13. Massa seca de cápsulas (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio.....32

Figura 14. Massa fresca de raiz (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio.....33

Figura 15. Massa seca de raiz (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio.....34

Figura 16. Produtividade (kg ha^{-1}) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear).....35

Figura 17. Teor de óleo (%) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear).....36

Figura 18. Produtividade (kg ha^{-1}) em diferentes doses de fertilizantes.....37

Figura 19. Peso de 1000 grãos (g) em diferentes doses de fertilizantes.....38

Figura 20. Massa fresca de galhos (g) de plantas de cártamos sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo.....39

Figura 21. Massa fresca de galhos (g) de plantas de cártamos sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para segunda época de cultivo.....40

Figura 22. Massa seca de galhos (g) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo.....41

Figura 23. Massa seca de galhos (g) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para segunda época de cultivo.....42

Figura 24. Diâmetro de caule (mm) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo.....43

Figura 25. Diâmetro de caule (mm) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para segunda época de cultivo.....44

Figura 26. Produtividade (kg ha^{-1}) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio.....45

SAMPAIO, Ma. Marinez Carpiski. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, abril de 2016. **Cultivo de cártamo (*Cartamos tinctorius* L.) sob variação de adubações, densidades e épocas de plantio.** Reginaldo Ferreira Santos.

RESUMO

Os estudos de campo foram realizados na cidade de Cascavel, PR durante o ano de 2014 no outono e inverno, como temporadas de plantio. Este trabalho teve por objetivo determinar o efeito de doses de fertilizantes e variação de densidade de plantas na linha de semeadura em duas épocas de cultivo da cultura do cártamo nos componentes de produção, rendimento de grãos e teor de óleo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Cada bloco foi dividido em cinco parcelas com quatro diferentes densidades de plantio (5, 10, 15 e 20 plantas por metro linear), onde foram aplicadas diferentes doses de NPK, (0; 200; 400; 600 e 800 kg ha^{-1}) na composição de 4 14 8. Foram avaliadas amostras de plantas para a verificação dos dados fenológicos de número de galhos, massa fresca e seca de galho, número de capsulas, massa fresca e seca de capsulas, altura de planta, diâmetro de caule, comprimento de caule, massa fresca e seca de caule, massa fresca e seca de raiz e ao final do ciclo vegetativo a produtividade (kg ha^{-1}), peso de 1000 grãos e teor de óleo das sementes. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), teste de regressão e superfície de resposta a 5 % de probabilidade utilizando o software Genes. De acordo com os dados analisados, a época de cultivo não influenciou o número de galhos e teor de óleo das sementes. A densidade de plantas não interferiu a altura de plantas e o peso de 1000 grãos e as doses de fertilizantes não influenciaram o número de galhos, altura de plantas, massa fresca de caule, produtividade, peso de 1000 grãos e teor de óleo. Os resultados obtidos em relação a produtividade final da cultura do cártamo foram na primeira época de cultivo (outono) associada a maior densidade de plantas (20 pl./m. linear), agregados a maior dose de fertilizante (800 kg ha^{-1}), sendo essas condições, as mais adequadas para o cultivo do cártamo na região de realização do estudo.

Palavras chaves: cultura do cártamo, doses de fertilizantes, produtividade.

SAMPAIO, Ma. Marinez Carpiski. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, April, 2016. **Safflower growing under range of fertilizing, densities and planting season.** Reginaldo Ferreira Santos.

ABSTRACT

The field studies were done in the city of Cascavel, PR, during the planting season in fall and winter in 2014 as planting seasons. This study aimed to determine the effect of fertilizer doses and plant density variation in the row in two seasons safflower crop cultivation in the production of component, grain yield and oil content. The experimental design was a randomized block design with three replications. Each block was divided into five plots with four different planting densities (5, 10, 15 and 20 plants per linear meter), where different doses of NPK were applied (0, 200, 400, 600 and 800 kg ha-1) in the composition 4 14 8. Plant samples were evaluated for the verification of phenological data of number of branches, fresh and dry branch, number of capsules, fresh and dry capsules, plant height, stem diameter, stem length, fresh and dry stem, fresh and dry root and the end of the season productivity (kg ha-1), 1000 grain weight and seed oil content. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) test regression and response surface at 5% probability using the Genes software. According to the data analyzed, the growing season did not influence the number of branches and seed oil content. The plant density did not affect the plant height and the weight of 1000 grains and fertilizer doses did not affect the number of branches, plant height, stem fresh weight, yield, 1000-grain weight and oil content. The results obtained for the final yield of safflower crop were the first growing season (autumn) associated with higher plant density (20 pl./m. linear), aggregates the largest fertilizer dose (800 kg ha-1) , with these conditions, the most suitable for safflower cultivation in the region of the study.

Key words: safflower cultivation, fertilizer rates, productivity.

ÍNDICE

RESUMO.....vii
ABSTRACT.....viii
1. INTRODUÇÃO.....1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....4
2.1. Biodiesel.....4
2.2. Cultura do cártamo.....5
2.3. Densidade e época de plantio.....7
2.4. Fertilizantes.....10
2.4.1. Nitrogênio.....11
2.4.2. Fósforo.....13
2.4.3. Potássio.....14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....17
3.1. Caracterização da área experimental.....17
3.2. Caracterização do solo.....17
3.3. Implantação e condução do experimento.....18
3.4. Dados climatológicos.....19
3.5. Variáveis analisadas.....20
3.5.1. Altura de plantas.....20
3.5.2. Número, massa fresca e seca de ramificações por planta.....20
3.5.3. Número, massa fresca e seca de cápsulas por planta.....20
3.5.4. Diâmetro e comprimento de caule.....20
3.5.5. Produtividade.....20
3.5.6. Massa de 1000 grãos.....20
3.5.7. Teor de óleo.....20
3.5.8. Delineamento experimental.....21
3.5.9. Duração do ciclo.....21
3.6. Análise dos dados.....21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....22
4.1. Desenvolvimento apresentado pela cultura.....22
4.2. Densidade e época de plantio.....24
4.3. Doses de fertilizantes.....30
4.4. Produtividade e teor de óleo em densidades.....34
4.5. Produtividade e peso de 1000 grãos em doses de fertilizantes.....36
4.6. Superfície de resposta.....38
4.7. Duração do ciclo.....47
5. CONCLUSÃO.....49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....50

1. Introdução

O momento atual é de grande preocupação com a crise energética que está assolando o mundo de forma geral. Por esse motivo busca-se cada vez mais por soluções que resolvam ou pelo menos minimizem a atual situação, sem prejudicar ainda mais o meio ambiente, acreditando-se que as energias alternativas sejam solução para este problema.

O uso da energia elétrica é de fundamental importância para que ocorra desenvolvimento e melhore a qualidade de vida das pessoas. Com um maior desenvolvimento, maior é a necessidade de produção de energia e consequentemente maior é a preocupação com a preservação do meio ambiente e uso consciente dos recursos naturais (GOLDEMBERG, 1998).

A energia alternativa vem como solução para diminuir o uso de fontes tradicionais como petróleo, gás natural, hídrica e carvão mineral. São fontes de energia renováveis que apresentam menor índice de poluição ou até sem poluição, sendo ainda ambientalmente corretas. Destacam-se como fontes alternativas os recursos naturais como a energia solar, eólica, hidráulica e de biomassa. Com o aumento da população mundial e a conscientização de que muitas das fontes de energias são finitas, o estudo relacionado a estes tipos de energia vem se intensificando com o passar do tempo, tornando seu uso mais frequente e surgindo novas opções de fontes como a produção e o uso do biodiesel.

A energia produzida através da biomassa vem tendo destaque perante as fontes de energias renováveis, devido sua a vasta gama de opções de produção, dando destaque para as oleaginosas, como a soja, canola, girassol, dendê, crambe, amendoim entre outras, além de, gorduras animais e descartes de gorduras utilizadas nas frituras de alimentos (FRANCISCO, 2016).

A cultura da soja, fornece aproximadamente 80% do óleo disponível no mercado. Com a diversificação na produção agrícola, as culturas oleaginosas vem destacando outras opções de cultivo com produtividade e qualidade mais elevada quando comparadas com a soja. Destacando a possibilidade do processamento dos grãos pelos produtores ou ainda por associações com a opção de uso ou comercialização dos subprodutos (FERRARI, 2008).

Dentre a produção de culturas oleaginosas tem aumentado a busca por novas opções de cultivos que não concorram com as grande culturas, já estabelecidas no ramo alimentício. Assim, vem ganhando ênfase a cultura do cártamo, que surge como opção de produção de óleo e produção de biodiesel (DORDAS; SIOULAS, 2008).

O cártamo é uma cultura que se destaca por ser tolerante à áreas com deficiência hídrica e salinas, onde outras oleaginosas não apresentam bom potencial de desenvolvimento (WEISS, 2000). Suas sementes apresentam de 30 a 20% de proteína, 35% de fibra bruta, além de ser uma rica fonte de minerais e vitaminas (VELASCO; PÉREZ-VICH; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, 2005). Suas sementes apresentam teor de óleo em torno de 27 a 37% (SIDDIQUI; OAD, 2006), alguns pesquisadores relatam genótipos com até 50% de teor de óleo (CAMAS; CIRAK; ESENDAL, 2007). O óleo apresenta característica insípida e incolor com composição semelhante ao óleo de girassol (KAFFKA; KEARNEY, 1998). Apresenta alto teor de ácido linoléico (70 a 87%) (HAN et al., 2009). É uma cultura com grande potencial devido à elevada quantidade de ácidos graxos poli-insaturados associados aos elevados teores de tocoferol (VELASCO; FERNANDEZ-MARTINEZ, 2002). Seu óleo ainda apresenta propriedades medicinais, sendo utilizado para tratamento de arteriosclerose, doenças cardíacas coronárias e pode melhorar a microcirculação (LU et al., 2004).

Os principais componentes de produção do cártamo são número de plantas por área, número de capítulos por planta, número de grãos por capítulo e massa de grãos (GILBERT e TUCKER, 1967). Esses componentes podem ser afetados por fatores, como por exemplo genótipo, condições ambientais e práticas culturais (KOUTROUBAS; PAPAKOSTA; DOITSINIS, 2008). Seu manejo não necessita de uso de tecnologias específicas para a cultura, pode-se fazer uso de maquinários já utilizados em outras culturas, necessitando apenas de pequenas adaptações, tornando seu custo de produção mais acessível (SILVA, 2013).

Os estudos sobre a cultura do cártamo encontrados na literatura brasileira, que apresentam destaque na área agronômica tratam sobre seu potencial para o biodiesel (MEDEIROS, 2011; ULLAH; BANO, 2011), a utilização do subproduto para alimentação de animais (ARANTES, 2011), ornamentação e alelopatia (STRECK et al., 2005; OLIVEIRA, 2007; GIRARDI et al., 2010; CORREA; MARCO JUNIOR, 2010; BELLÉ et al., 2012; GIRARDI et al., 2013; BONAMIGO et al., 2013), preservação e

defesa de plantas de cártamo, bem como conservação de sementes e qualidade do óleo (FREIRE, 2009; DANTAS et al., 2011, PEREIRA; LICHSTON, 2013).

Bellé et al., (2012) e Silva (2013) enfatizam a essencialidade das informações sobre a sua adaptação, rendimento e sementes de qualidade, bem como a verificação da necessidade nutricional e variedades que se adaptam as condições locais. Partindo da hipótese de que a cultura do cártamo é responsivo a adubação com NPK, o trabalho teve por objetivo verificar o desenvolvimento da cultura. Para tanto, buscou-se verificar o efeito de diferentes doses de fertilizantes, analisar diferentes densidades de plantio, bem com verificar diferentes épocas de semeadura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.Biodiesel

Com a crise do petróleo iniciada no final de 1973, e a preocupação com o meio ambiente, sentiu-se a necessidade de se ter novas formas de obtenção de energia, surgindo assim o uso do óleo vegetal com alternativa para substituir o diesel, devido apresentar característica de ser menos poluente e possuir elevado poder calorífico (MEHER; VIDYIA; NAIK, 2006).

Preocupados com a questão ambiental**,** iniciou-se pesquisas em busca por fontes alternativas de combustíveis, dentre essas alternativas veio biodiesel, um combustível biodegradável oriundo de fontes renováveis, como óleos vegetais, gorduras animais e outros, e que pode ser obtido através de vários processos, como craqueamento, esterificação, microemulsão ou transesterificação (FERRARI; SOUZA, 2009). Dentre esses processos, destaca-se a transesterificação, por apresentar-se como melhor forma de desenvolvimento do biocombustível a partir de óleos vegetais, e também apresenta menor demanda de energia devido a simplicidade do processo (MEHER; VIDYIA; NAIK, 2006).

O biodiesel vem sendo apresentado como nova fonte energética no Brasil e no mundo. Devido a obrigatoriedade das misturas nos combustíveis, aumentou-se o interesse e a expansão da produção de combustível renovável e incentivos financeiros foram disponibilizados por parte do governo (CARRIQUIRY, 2007). As vantagens oferecidas pelos biocombustíveis em diminuir a taxa de emissões de gases responsáveis pelo aquecimento global, fez aumentar o interesse nessa produção, objetivando assim promover o desenvolvimento rural e contribuir com a segurança energética. Tratados internacionais para amenizar a emissão de poluentes, servem como incentivadores para o aumento do consumo de biodiesel e também para ampliar a conscientização ambiental (RATHAMANN; BENEDETTI; PADULA, 2006).

O biodiesel é considerado combustível renovável, biodegradável e que não causa prejuízos a natureza. É constituído de ésteres etílicos ou metílicos de ácidos graxos, formados através da transesterificação de triglicerídeos com álcool de uma cadeia curta, metanol ou etanol. Pode ser obtido através de óleos vegetais, gorduras animais e resíduos de industrias e domésticos (EXPEDITO, 2003). Dentre as espécies oleaginosas utilizadas para a produção do biodiesel tem destaque: algodão,

amendoim, canola, crambe, dendê, girassol, pinhão manso, mamona e soja, além de gorduras animais com sebo bovino, gorduras de frango e suíno e, ainda óleos de frituras já utilizados. A cultura da soja apresenta destaque na utilização para a produção de biocombustível, seguido do sebo bovino (MOURAD, 2006; EPE, 2011).

Cerca de 100 milhões de hectares de terras virgens aptas para a agricultura, o clima favorável e a tradição agrícola, fazem do Brasil um país próprio para o cultivo de espécies ricas em triglicieridios e com potencial para produção de biodiesel (ROSS et al., 2001).

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) vem ganhando destaque como opção de produção de biodiesel por se apresentar resistente às adversidades climáticas, em especial ao déficit hídrico e mostra-se pouco sensível às variações de foto-período (BERALDO et al., 2009). Por apresentar-se bastante resistente ao frio, podendo suportar temperaturas negativas nas primeiras fases do ciclo vegetativo, torna-se uma alternativa para a região Sul do Brasil. Além de suas sementes apresentarem alto teor de óleo, cerca de 35 a 45 %, com presença dos ácidos graxos linoleico e oleico, de ótima qualidade para uso industrial e consumo humano (GIAYETTO et al., 1999).

De acordo com Teixeira e Morales (2006), para que o biodiesel seja adequado para uso, o mesmo deve atender as especificações dos motores do tipo ciclodiesel automotivos (caminhões, tratores, camionetas, automóveis, etc). No Brasil, para dar autenticidade na qualidade e garantir o direito dos consumidores e preservar o meio ambiente, a matéria-prima utilizada para produzir biodiesel deve atender as especificações contidas na Resolução ANP 42 de 24/11/2004 da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

2.2. Cultura do Cártamo

A cultura do cártamo é uma espécie de oleaginosa anual, pertencente à família Asteraceae, mesma família do girassol. A planta pode atingir de 0,3 a 2 m de altura, variando de acordo com a época de plantio e as condições ambientais a qual for submetida (SINGH e NIMBKAR, 2007). De acordo com Kizil et al. (2008), o cártamo apresenta características agronômicas de destaque perante as outras oleaginosas, as quais pode-se enfatizar a tolerância: ao déficit hídrico, à baixa umidade relativa do ar,

altas temperaturas, aos ventos fortes e quentes e também a salinidade (LOVELLI et al., 2007). De acordo com Oelke et al. (1992), a cultura apresenta boa adaptação em solos profundos, que apresente menor índice de compactação e temperatura amena, com baixo pH e uma precipitação de no mínimo de 350 a 400 mm de precipitação anual.

De acordo com estudo realizado por Burkart (1974), suas raízes são extremamente forte, do caule surge várias ramificações, das quais surgem de 1 a 5 capítulos com coloração branca, amarela, laranja ou vermelha. Seu ciclo pode ser considerado curto, variando de 130 a 150 dias, assim pode ser utilizado como opção de cultivo na entre safra ou para região que apresenta longo período de estiagem, não competindo com culturas tradicionais com maior importância econômica como soja e milho na safra de verão.

Oriundo da Ásia, do Oriente Médio e África. O interesse inicial em seu cultivo foi principalmente por suas flores, das quais eram retirados corantes para roupas e alimentos, mas hoje, o interesse está voltado à produção de óleo com vistas a produção de biodiesel. É uma cultura que tem bom desempenho tanto em áreas de terras irrigadas e como também em áreas secas, sendo considerada planta tolerante ao déficit hídrico (ARMAH-AGYEMAN et al., 2002). O cártamo tem capacidade de suprir suas necessidades hídricas devido sua característica de conseguir explorar o solo em maior profundidade do que a maioria das culturas (WEISS, 1971).

O cártamo é uma cultura que vem ganhando importância como planta oleaginosa, devido ao aumento de interesse na produção de óleo para a produção de biocombustíveis (Dordas; SIOULAS, 2008). O óleo retirado das sementes de cártamo vem sendo considerado com condições aptas para a produção de biodiesel (OGUT; OGUZ, 2006).

O início da produção de biodiesel no Brasil serviu como chave propulsora para investimentos no cultivo de espécies alternativas para a viabilização de matérias-primas vegetais com atributos agronômicos, tecnológicos, visando produtividade, teor de óleo, sistemas de produção, ciclo de cultura, entre outros (JASPER et al., 2010). Algumas culturas, dentre as quais destaca-se o cártamo, já possuem destaque em alguns países em pesquisas que buscam aumentar a produtividade e o teor de óleo das sementes (ULLAH; BANO, 2011; EL-LATTIEF, 2012).

Para o ciclo agrícola 2008/2009 a produção foi de 650 milhões de toneladas. O número de países produtores de cártamo são mais de 60. A Índia cultiva a maior área produtora de cártamo, são cerca de 230 mil hectares, quase 40% da área total colhida no mundo em 2011. A Argentina está na segunda posição mundial, com uma área colhida de 79 mil hectares em 2011. Já o Cazaquistão ocupa a terceira posição com 77 mil hectares e o México, apesar da redução, ainda ocupa a quarta posição (FAO, 2011).

2.3. Densidade e época de plantio

Para que a cultura consiga expressar de maneira eficiente sua produtividade, deve-se levar em consideração além dos fatores genéticos, as condições de solo e de clima, em especial a radiação solar (ARGENTA et al., 2001). Assim, de acordo com Melges et al. (1989) é importante maximizar a interceptação da radiação solar. Dessa forma, pode-se afirmar que a fotossíntese é fator decisivo na produtividade da cultura (ARGENTA et al., 2001). Ainda de acordo com os autores, o arranjo de plantas pode ser empregado através de alterações no espaçamento entre linhas e densidade de plantas na linha, sendo que os diferentes espaçamentos linear de plantas e entre linhas conferem os diferentes arranjos na lavouras. De acordo com estudos realizados por Lauer (1994), pode-se considerar que, o melhor arranjo de plantas é aquele que proporciona uma distribuição com maior uniformidade, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes, portanto com menor competição por nutrientes, luz e outros fatores decisivos para o desenvolvimento da cultura.

A densidade populacional procura satisfazer o uso do campo com disposição de plantas de forma que tenha maior eficácia na obtenção da radiação solar, fixando a energia fotossintética e promovendo maior translocação de fotoassimilados para os grãos. Todavia, o número ideal de plantas por área é variável, já que a cultura pode apresentar diferentes índices de produtividade de acordo com as diferentes densidades de plantas (SILVA; ARGENTA; REZERA, 1999). De acordo com Valério et al. (2008), para que a cultura não apresente baixa produtividade, é necessário se adequar ao uso de técnicas que apresentem um menor custo, resultando em maior produtividade, assim uma importante forma a ser utilizada é o arranjo espacial de plantas, levando-se em consideração a cultivar a ser utilizada e suas características.

A escolha da cultivar adequada para o cultivo é importante para verificação da população ótima, observando-se também a fertilidade do solo, disponibilidade hídrica e ainda a época de semeadura. Com o aumento da população tende se aumentar produtividade, até atingir um certo número de plantas por área, considerada a população ótima, além disso a produtividade cai de acordo com o aumento de plantas por área (PEREIRA, 1991). De acordo com Viana et al. (1983) pode-se considerar população ótima, quando se obtém maior rendimento em determinada área de solo.

A definição de população considerada ótima, é importante para uma boa gestão de produção permitindo que a cultura demonstre sua capacidade produtiva, desempenhando papel importante na economia do custo de produção. A recomendação de densidade de planta a ser utilizada é variada, dependendo da condição do local onde será implantada (DAJUE; MÜNDEL, 1996; BLACKSHAW, 1993). De acordo com Blackshaw (1993), o aumento do número de plantas pode influenciar negativamente na máxima expressão da cultura. De acordo com Zarei, Shamsi e Fazel (2011), ainda que se utilize uma cultivar com procedência genética de produção, mesmo assim ela sofrerá interferência pela densidade de planta utilizada.

O bom desenvolvimento de uma cultura dependerá do arranjo espacial de plantas, podendo ocasionar competição entre indivíduos em busca de nutrientes, água e luz, refletindo no desenvolvimento da cultura. Quando se utiliza alta densidade de plantas pode-se obter maior aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis otimizando assim a produtividade. Todavia, esta alta densidade pode ocasionar acamamento devido ao maior alongamento de caule (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002). Por outro lado, utilizando menor densidade de planta pode-se proporcionar um maior aproveitamento da luz, proporcionando aumento na área fotossintética da planta (HOLENA et al., 2001).

Aumentando o número de plantas por área, busca-se aumentar a rendimento da lavoura, bem como a densidade ótima, que de acordo com Endres e Teixeira (1997), também pode ser determinada pela cultivar e por condições ambientais a qual está submetida, e ainda deve-se considerar o manejo da lavoura. Assim, pode-se considerar que a densidade ótima pode variar de acordo com a situação e eficácia no uso do solo de determinada área resultando em maior rendimento. De acordo com Fornasieri Filho (1992), com menor número de plantas por área a planta expressa seu potencial individual de produção, porém o rendimento por área decresce. Assim,

quando há maior número de planta por área, pode-se verificar um rendimento individual menor, no entanto, o rendimento por área tende a aumentar, até chegar ao seu máximo de produtividade.

Quando esse número for superior ao considerado ótimo, resulta em consequências negativas. Portanto, para maior aproveitamento dos recursos do ambiente visando maior rendimento, é importante também, adequar-se ao desenvolvimento tecnológico aperfeiçoando-se aos recursos produtivos disponíveis, assim permanecendo competitivo no mercado de produção (OLIVEIRA, et al., 2012). De acordo com Silva et al. (2006), é de grande importância o estudo da densidade de plantas, já que esta é uma aplicação pratica da cultura afetando diretamente no rendimento da cultura.

Rebouças et al. (2008), colocam que fatores importantes devem ser levados em consideração, como o sistema de plantio a ser utilizado, o tipo de semente e a densidade de semeadura, lembrando que os mesmos estão sujeitos a variações dependendo da região a ser implantado. Destacando a época de semeadura, pois ela que determinará a luminosidade e a temperatura a qual a planta vai estar exposta, exercendo influência direta no desenvolvimento e maturação da cultura. Samanci e Ozkaynak (2003), colocam que o atraso na implantação da cultura pode interferir na produção, bem como afetar a composição das sementes. Os autores colocam ainda que, as condições ambientais as quais a cultura for submetida podem obstruir eventos como a polinização e fertilização da cultura. Ahadi, Kenarsari e Rokhzadi (2011), trabalhando com diferentes épocas de plantio, coloca que o cártamo é uma cultura que necessita de maior número de horas luz, sendo que quando submetido a um período com menor incidência de luz, pode acarretar em floração tardia afetando o desenvolvimento e enchimento de grãos.

De acordo com Khajehpour (1998), para se obter um maior rendimento de uma cultura é necessário ter conhecimento de como ocorre seu desenvolvimento, as condições ambientais favoráveis e desfavoráveis em todos os estágios da planta. Assim, deve-se dar especial atenção ao momento de realizar o plantio das sementes, para que dessa forma a planta consiga apresentar boa adaptabilidade às condições que está sendo submetida. O autor ressalta ainda a importância da época de semeadura devido a interferência que a mesma pode causar no rendimento e nas características agronômicas da cultura. Mostafanezhad e Eivazi (2010) e Koutroubas,

Papakosta e Doitsinis (2004), relatam que vários estudos realizados sobre época de plantio apresentaram variados resultado em relação ao rendimento e características agronômicas.

Ghanbari-Odivi, et al. (2013), relata em seu trabalho a importância da época de semeadura, ressaltando efeito significativo sobre a produtividade. Allesi, Power e Zimmerman (1981), destacam que o atraso na semeadura interfere no desenvolvimento e maturação das sementes. Este resultado também foi citado por Juknevičius e Pekarskas (2002), quando na realização de dois anos de pesquisas descobriram que o atraso de 9-18 dias na semeadura, provocou um significativo declínio no rendimento das sementes.

Outro efeito que pode ser observado no atraso da época de semeadura foi citado por Esendal, Arslan e Pasa (2008), quando da ocorrência de plantas com menores tamanhos, devido a redução da fase vegetativa para a fase de floração, bem como um menor número de ramos por planta, ocorrido devido a mudança das condições ambientais, temperatura e horas luz (DADASHI, 2001). Tahmasebizadeh, Khodabandeh e Madani (2008), destacam em seu estudo que o encurtamento da fase vegetativa também influencia no acúmulo de massa pela planta, pois quando o plantio é realizado em um período tardio, a planta se desenvolve mais rápido no estágio de roseta por estar exposta a condições ambientais adversas a suas necessidades, não conseguindo dispor de um fornecimento adequado para seu desenvolvimento. Omidi e Sharifmoghadas (2010), também destacam as alterações nas condições ambientais, como responsáveis pelo menor desempenho da cultura devido ao atraso na hora da semeadura.

2.4. Fertilizantes

Uma das maneiras mais eficiente de se obter alta produtividade é através do uso correto dos fertilizantes, e assim alcançar retorno do investimento, atingindo a alta eficiência. Entretanto, essa eficiência vem unida ao conhecimento do que aplicar, quando aplicar e como aplicar, e também é muito importante saber a quantidade correta de fertilizante a ser aplicada, atendendo as necessidades da cultura no ambiente em que está sendo cultivada. De acordo com GOLZARFAR et al. (2012), além da época adequada para o plantio, a escolha do fertilizante adequado são práticas de grande importância para se alcançar a produtividade desejada.

Os componentes de produção podem ser afetados por vários fatores, dos quais destaca-se o genótipo, condições ambientais e práticas culturais. Mündel et al. (2004) colocam que a semeadura é o período de consumo de nutrientes que interferem diretamente na produtividade da cultura do cártamo. Com o uso de um manejo adequado pode-se conseguir alta produtividade, resultado esse oriundo da eficiência no uso dos fertilizantes. Para se obter o máximo de aproveitamento dos fertilizantes no período de desenvolvimento da cultura é necessário ter conhecimento dos nutrientes já disponíveis no solo (ALIVELU et al., 2006; DONG et al., 2005).

Devido a busca por combustível renovável, é justificável todo e qualquer esforço para a verticalização da produção, em busca de aumento de produtividade. O uso de fertilizantes busca aumentar a produtividade das culturas, entretanto, há a necessidade de serem aplicados corretamente, resultando em alta eficiência (ANDA, 2000). De acordo com Roberts (2009), cerca da metade da produção mundial de alimentos é de responsabilidade do uso correto dos fertilizantes.

É de suma importância o uso eficiente dos fertilizantes, para melhor nutrição das plantas e aumento de produtividade das culturas, diminuindo possíveis perdas que possam ocorrer no campo, atendendo a necessidade da cultura (ROBERTS, 2007). Conforme colocam Casarin e Estipp (2013), o uso correto do fertilizante é fundamental do ponto de vista econômico, ambiental e social, sendo que uma aplicação correta não somente aumenta a produtividade e a eficiência de uso, mas promove também a sustentabilidade do sistema.

2.4.1. Nitrogênio

De acordo com Lopes et al. (2004), o nitrogênio é um importante nutriente para o desenvolvimento e produção das culturas. Embora seja um nutriente abundante na natureza, em grande parte dos solos não é suficiente para a exigência nutricional das culturas, sendo que sua maior disponibilidade está na forma orgânica (TROEH e THOMPSON, 2007; CANTARELLA, 2007).

Cantarela (2007), coloca que o nitrogênio é aplicado abundantemente especialmente nas culturas que não se associam com as bactérias fixadoras de nitrogênio, um exemplo disso é a cultura do cártamo. Todavia, sua utilização faz aumentar os custos da produção, devido a isso, é imprescindível o uso correto desse nutriente evitando perdas financeiras e também ambientais, já que quando utilizado

quantidades acima do requerimento da cultura o seu excesso pode ser lixiviado atingindo o lençol freático.

Para um bom desenvolvimento das plantas todos os nutrientes são importantes, mas o nitrogênio é o nutriente que as culturas necessitam em maior quantidade, pois é indispensável para a formação das células vegetais e realização do processo da fotossíntese (TROEH; THOMPSON, 2007). O nitrogênio quando fornecido adequadamente exerce papel importante na qualidade dos produtos agrícolas. Todavia, quando não aplicado em quantidade adequada, seu excesso pode ser nocivo ao bom desenvolvimento da cultura, pois provoca crescimento vegetativo excessivo, diminui a produção de frutos e o teor de açúcares, e ainda torna a cultura vulnerável a doenças e ao acamamento (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 2006).

Para a cultura do cártamo, o nitrogênio é de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento sendo grande responsável para a produção e desenvolvimento da cultura, interferindo diretamente na produção de matéria seca, por estar ligado com o desenvolvimento e manutenção da área foliar, bem como na otimização fotossintética (DORDAS; SIOULAS, 2008).

Steer e Harrigan (1986), em estudo sobre taxas de suprimento de nitrogênio durante diferente estágios de desenvolvimento de cártamo, relatam que o nitrogênio apresentado em deficiência, causa redução no crescimento de plantas de cártamo, pois inibe o crescimento radicular afetando assim o desenvolvimento da parte aérea, reduzindo ainda a área fotossintética, teor de proteína da planta e da semente (MARSCHNER, 1995). A falta desse nutriente ainda pode ser responsável pela demora no desenvolvimento fenológico vegetativo e produtivo, reduzindo a taxa de emergência foliar, rendimento e componentes de produção, como número de capítulos, sementes por capítulo e peso de sementes (GILBERT; TUCKER, 1967; JONES; TUCKER, 1968). Aumento dos componentes de produção e rendimento na cultura do cártamo também foi verificado por Gilbert e Tucker (1967) e Jones e Tucker (1968), quando estudaram o efeito da adubação nitrogenada, destacando o número de capítulos e o peso de sementes por planta.

El-Mohsen e Mahmoud (2013), estudando diferentes doses de adubação nitrogenada, verificaram que o aumento da dose até 120 kg ha^{-1} proporcionou maior altura de plantas de cártamo. Os mesmos autores verificaram ainda número máximo de capítulos por planta aplicando a dose de 80 kg ha^{-1} e o menor número foi registrado

na testemunha. Leilah, Sharief e El-sayed (1992) constataram que níveis crescentes de nitrogênio proporcionaram maior número de capítulos por plantas de cártamo. Maior número de capítulos por plantas de cártamo também foi verificado por Siddiqui e Oad (2006), quando aplicado maiores níveis de nitrogênio (120 à 180 kg/ha^{-1}), sendo que a produção mínima foi constatada nas parcelas que não receberam o tratamento.

Dordas e Sioulas (2009) verificaram maior acúmulo de massa seca de cártamo de acordo com aplicação da maior dose (200 kg ha^{-1}). Golzafar et al. (2011), também verificaram aumento na produção de massa seca da parte aérea do cártamo, com incremento da adubação nitrogenada, com máxima produção na dose de 150 kg ha^{-1}.

2.4.2. Fósforo

Para que a cultura apresente bons rendimentos e maturidade precoce, ela necessita ter disponibilizado o fósforo, nutriente fundamental para esse desempenho. O P favorece a eficiência no uso da água tornando a planta resistente a doenças e problemas causados por temperaturas muito baixas (GRANT et al., 2001). O mesmo autor coloca ainda que se a planta não receber uma quantidade adequada de P na fase inicial de desenvolvimento, todo o resto de seu ciclo ficará comprometido mesmo que sejam fornecidas doses recomendadas.

O fósforo é um nutriente importante para o armazenamento de energia e manutenção estrutural da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009). Fator importante na formação das células vegetais, tais como fosfato-açúcares, respiração e fotossíntese, e ainda fosfolipídios na composição das membranas vegetais, tendo ainda papel importante na germinação das sementes (DECHEN; NACHTIAGALL, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2009).

De acordo com Silva et al. (2010), o fósforo é exigido em menor quantidade pelas plantas, todavia, é o nutriente que é aplicado em maiores proporções nas aplicações de fertilizantes no Brasil. Isso se deve por ser um elemento com grande interação com o solo. O fósforo é responsável pelo desenvolvimento das raízes, propiciando maior vigor no desenvolvimento da cultura (MALAVOLTA, 1989).

O fósforo é um dos elementos que mais limitam a produção das culturas, por isso a importância da concentração desse nutriente no solo (PRADO, 2008). Tal nutriente é indispensável ao crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas,

com grande importância para formação e maturação das sementes (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002; HOLFORD, 1997; BENNETT, 1994).

Para que a cultura apresente alta produtividade, ela necessita de grande quantidade de fósforo para se manter nutrida. Quando a planta não recebe a quantidade adequada de fósforo, seu desenvolvimento é prejudicado desde o estádio inicial de plântula, podendo permanecer o efeito negativo durante todo o desenvolvimento da cultura, apresentando raízes poucas desenvolvidas, poucas brotações, resultando também em ineficiência no uso do solo e de seus componentes. Portanto, uma das melhores formas de se evitar efeitos negativos resultantes de doenças e estresse é a realização adequada de adubação com fósforo (STAUFFER; SULEWSK, 2003).

Estudo realizado por Abbadi e Gerendas (2011) mostra que a cultura do cártamo responde significativamente ao aumento de doses de P (0 a 100 kg ha^{-1}), apresentando plantas com maior desenvolvimento e melhores respostas dos componentes de produção como, maior número de capítulos por planta, maior número de cabeça no ramo principal e nos ramos secundários. Golzarfar et al. (2012), verificaram aumento do peso de 1000 sementes quando aplicadas doses de 0 a 100 kg ha^{-1} de fósforo.

Segundo Abadhi e Gerendas (2011) doses de fósforo interferiram no rendimento de cártamo, principalmente através do aumento do número de capítulos florais por planta. Morceli (2014), verificou que a falta de P afeta o número e a massa dos aquênios e o tamanho dos capítulos em cártamo. Em estudo realizado por Singh (1998), verificou que aplicação de 26,4 kg ha^{-1} P aumentou significativamente a produção de sementes e de óleo, comparado com a testemunha.

De acordo com Sary, El-Deepah e Khaled (1988), a aplicação de azoto e fósforo influenciou significativamente nas características e produtividade de componentes de cártamo. Segundo Golzarfar et al. (2012), estudando a cultura do cártamo em duas épocas de cultivo, puderam constatar melhor desempenho quando aumentada a taxa de P, em ambas as épocas de cultivo (outono e inverno).

2.4.3. Potássio

O cártamo precisa de grande quantidade de potássio, nutriente importante para o desenvolvimento vegetal, responsável por várias funções na planta, dentre as quais

pode ser citado o controle da turgidez celular, ativação das enzimas responsáveis pelo processo de respiração e fotossíntese, auxiliar no processo de abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geada, seca, além de ser fundamental pela qualidade dos produtos agrícola (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER,1995).

Apesar de ser abundante na natureza, apenas uma pequena porcentagem encontra-se disponível para as plantas. Em decorrência das lixiviações, ao manejo inadequado e a grande extração pelas plantas, permanece pouco tempo no solo, havendo assim a necessidade de reposição através da adubação (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

O potássio apresenta uma alta taxa de absorção pelas plantas, devido sua taxa de permeabilidade nas membranas da planta ser relativamente alta (MENGEL; KIRKBY, 1987). Assim, auxilia na catálise enzimática regulando a pressão osmótica, bem como a abertura e fechamento dos estômatos, auxiliando ainda na realização da fotossíntese, formação dos frutos, resistência ao frio e a incidência de doenças (KARLEN, 1988; ANDREOTTI et al., 2001). Para um bom desenvolvimento é imprescindível que a planta consiga absorver o potássio, que muitas vezes não fica disponível devido a ocorrência de lixiviação e intemperismo (ROSOLEM et al., 2006; SILVA et al., 2011). Brunetto et al. (2005), destacam a necessidade de se verificar a quantidade desse nutriente no solo, bem como sua disponibilidade para que a planta possa absorvê-lo, através de uma aplicação adequada.

Plantas que apresentam boa nutrição de potássio possuem resistência as pragas e doenças, com redução na incidência e severidade de danos ocasionados pelo ataque de fungos e insetos, devido a presença de maior quantidade de inibidores dos mesmos (HUBER; ARNY, 1985; PERRENOUD, 1990).

Recebendo a quantidade adequada de potássio, a planta torna-se resistente, com parede celular mais espessa, com maior presença de celulose e outros materiais que lhe proporcionam proteção contra o acamamento e ataques de pragas e doenças (PRETTY, 1982; BERINGER; NOTHDURFT, 1985). Este nutriente, está envolvido diretamente no processo da fotossíntese. Sua deficiência resulta em redução da taxa fotossintética por unidade foliar, e ainda também em maiores taxas da respiração. Dessa forma a planta passa a apresentar menor quantidade disponível de carboidrato (PRETTY, 1982).

Estudos indicam que aumentando a dose de potássio de 0 a 150 kg ha^{-1} pode resultar em aumento significativo nas características de produção e qualidade do cártamo, como peso de 1000 sementes, rendimento de sementes, característica do óleo na semente e rendimento de óleo (PALIZDAR; DELKHOSH; SHIRANI RAD, 2011). Abbadi, Gerendas e Sattelmacher (2008), estudando a eficiência do potássio nas culturas do cártamo e do girassol, puderam constatar que a massa de sementes por capítulo e o número de capítulos por plantas responderam positivamente para a cultura do cártamo, enquanto que o girassol mostrou-se sensível a adubação potássica inadequada. Abbasieh et al. (2013), em seu trabalho realizado a campo estudando níveis de potássio na cultura do cártamo, verificaram que a dose de 150 kg ha^{-1} foi a que propiciou maior altura de plantas. O aumento de altura de plantas proporcionado pelo aumento das doses de potássio ocorre devido a esse nutriente ser responsável pela ativação enzimática no processo de transporte do nitrogênio e, consequentemente, crescimento e desenvolvimento celular, o que confere aumento de tecidos na planta (STROMBERGER; TSAI; HUBER, 1994).

Abbasieh et al. (2013), verificaram ainda que com aumento das doses de potássio a produção de matéria seca de plantas de cártamo apresentou aumento na maior dose aplicada, que foi de 150 Kg ha^{-1}. Abbadi, Gerendas e Sattelmacher (2008), constataram um acréscimo na produção de matéria seca da parte aérea com aplicação de 90 mg dm^{-3}. O aumento de matéria seca proporcionada com aplicação de potássio, também foi constatado em estudo realizado em outras cultura, como girassol, braquiária e colonião (JESUS et al., 2013; FERRARI NETO, 1991).

Deficiência de potássio no solo, resulta em redução de massa seca de raízes, comprovando que o estado nutricional das plantas, com ênfase na adubação potássica, influencia nas propriedades de crescimento de suas raízes (ESHEL; WAISEL, 1996). Para que a planta consiga fornecer nutrição e sustentação ela necessita de um sistema radicular bem desenvolvido e assim apresentar sucesso na produtividade final. Hussien e Wuhaib (2010) verificando o desempenho de diferentes doses de potássio (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha^{-1}) no desenvolvimento da cultura do cártamo, puderam constatar que a maior dose aplicada foi responsável pela maior produção de massa seca de raiz.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Caracterização da área experimental

Os experimentos foram desenvolvidos no ano de 2014, em área experimental da Fazenda Escola pertencente à Faculdade Assis Gurgacz– FAG, que está localizada no município de Cascavel – Paraná, apresentando uma altitude de 700 m, entre as latitudes de 24°56’25.39” S; 24°56’45.39” S e longitudes 53°30'9.89" O; 53°31'17.01"O. O clima é considerado Cfa (clima subtropical), segundo Koeppen, com precipitação média anual superior a 1800 mm, sem estação seca definida, com possibilidade de geadas durante o inverno.

3.2 - Caracterização do solo

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico (Lvef), de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A área experimental é conduzida no sistema de plantio direto a mais de 20 anos, com as culturas de milho ou soja nas safras de verão e aveia ou trigo nas safras de outono/inverno.

As características químicas do solo foram caracterizadas a partir de amostras coletadas um dia antes da semeadura (29/04/2014 e 29/07/2014) em toda área experimental a uma profundidade 0 – 20 cm, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental

	1ª época	**2ª época**
Elementos	**$cmol_c\ dm^{-3}$**	**$cmol_c\ dm^{-3}$**
Cálcio (Ca)	4,69	4,57
Magnésio (Mg)	2,26	2,80
Potássio (K)	1,37	0,84
Alumínio (Al)	0,0	0,0
H + Alumínio (H + Al)	5,71	5,22
Soma de bases (SB)	8,32	8,21
CTC (T)	14,03	13,43
Saturação por Bases (V%)	59,30	61,13
	$mg\ dm^{-3}$	**$mg\ dm^{-3}$**
Fósforo (P)	12,85	19,42
pH $CaCl_2$	5,20	5,48

Fonte: Laboratório de Química Ambiental e Instrumental – UNIOESTE

3.3 - Implantação e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Cada bloco foi dividido em cinco parcelas com quatro diferentes densidades de plantio, onde foram aplicadas diferentes doses de NPK, com a composição de 4 14 8, sendo os tratamentos: T0: 0, T1: 200, T2: 400, T3:600 e T4:800 kg ha^{-1}, em duas épocas de semeadura. Devido à falta de recomendação específica para a cultura no Brasil, seguiu-se a recomendação para a cultura do milho, de 400 kg ha^{-1}.

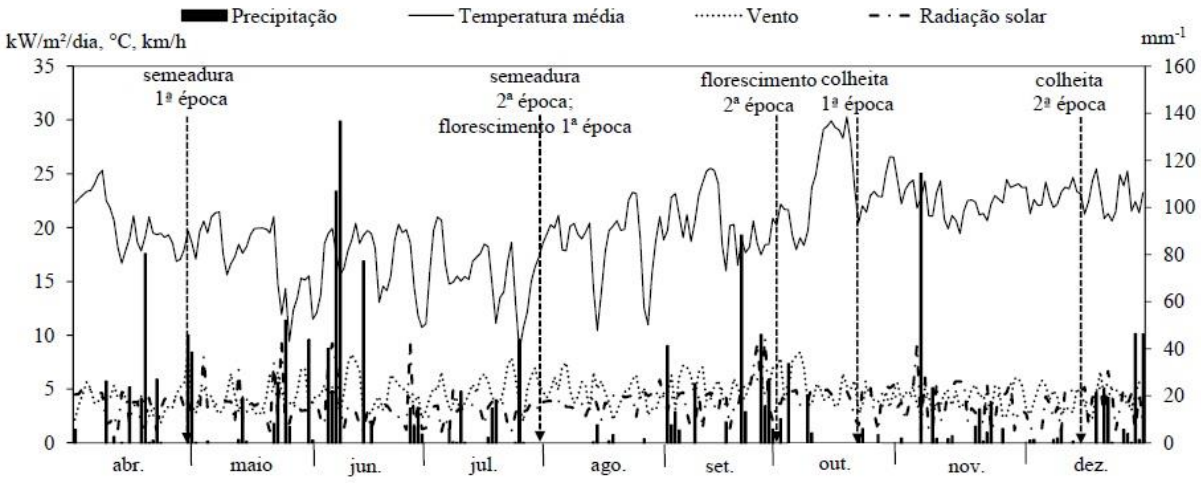
Para a implantação do experimento foi realizada uma capina na área utilizada, e na sequência a demarcação dos blocos, em seguida com a ajuda de um trator com a utilização de uma plantadeira foram marcadas a linhas de plantio, com 0,45 m entre linhas, das quais foram posteriormente aberto os sulcos para a deposição das doses de fertilizantes, que foram cobertos com uma fina camada de solo evitando o contato com as sementes. Em seguida foram depositadas as sementes de cártamo (genótipo IAPAR) e cobertas com pequena camada de solo. A primeira semeadura foi realizada no dia 30/04/2014 e a segunda semeadura no dia 30/07/2014. Alguns dias após o surgimento das plântulas de cártamo foi realizado a retirada de plantas invasoras, e posteriormente realizou-se o raleio para definir o número de plantas na linha, que ficou com 5, 10, 15 e 20 plantas por metro linear. Foi realizado acompanhamento durante todo o ciclo da cultura, e quando as plantas apresentaram 50% de florescimento foram coletadas as primeiras amostras para coleta dos dados. A primeira época com 19 semanas e a segunda época com16 semanas. E ao término do ciclo vegetativo foram coletados amostras finais para coleta dos dados de produção, com realização de debulha manual das capsulas. A primeira época com 24 semanas e a segunda época com 19 semanas (Figura 1).

Figura 1. Imagens do desenvolvimento da pesquisa.

3.4 - Dados climatológicos

Os dados meteorológicos de precipitação, temperatura média do ar mínima e máxima, vento e radiação solar registradas durante o período dos experimentos estão representadas na Figura 2.

Figura 2. Comportamento das variáveis meteorológica de precipitação, temperatura média do ar mínima e máxima, vento e radiação solar durante o ciclo vegetativo da cultura do cártamo em Cascavel, PR, no ano de 2014.



Fonte: SIMEPAR, 2014

3.5 - Variáveis Analisadas

3.5.1. Altura de plantas: Foi determinada quando a cultura apresentava 50 % de seu florescimento, medindo-se com fita métrica graduada, a distância entre o nível do solo até o ápice da planta (cm), de seis plantas ao acaso dentro de cada parcela.

3.5.2. Número, massa fresca e seca de ramificações por planta: Foi determinada quando a cultura apresentava 50 % de seu florescimento, coletando-se ao acaso seis plantas dentro da parcela e contando as ramificações a partir da haste principal da planta (ramificação primária). Em seguida levadas a estufa com aeração contínua a 65 °C por 72 horas para verificação de massa fresca e seca**.**

3.5.3. Número, massa fresca e seca de capítulos por planta: Foi determinada quando a cultura apresentava 50 % de seu florescimento, coletando-se seis plantas por parcela, contando o número total de capítulos em cada planta. Posteriormente foram levadas a estufa com aeração contínua a 65°C por 72 horas para verificação de massa fresca e seca.

3.5.4. Diâmetro e comprimento de caule: Foi determinado quando a cultura apresentava 50 % do seu florescimento, coletou-se seis plantas ao acaso em cada parcela, com auxílio de um paquímetro digital, medindo-se a região basal do caule, sendo a medida fornecida em mm, e com uma fita métrica graduada verificou-se o comprimento do caule (cm).

3.5.5. Produtividade: A produtividade foi medida após a debulha manual e limpeza dos grãos, colhidos de plantas coletadas de um metro linear cada parcela. 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 12 %.

3.5.6. Massa de 1000 grãos: Após a medida da produtividade foi efetuada a contagem de sub-amostras de 100 grãos por parcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com duas casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 12 %. A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

3.5.7. Teor de óleo: As medidas do teor de óleo foram realizadas a partir de um TD-NMR, no espectrômetro SLK-SG-200 (SpinLock Magnetic Resonance Solutions) a 25 °C, equipado com um ímã permanente de 0,23 T (9 MHz para 1H) e uma sonda de 13 mm x 30 mm de área útil, utilizando-se o software Condor IDE com a sequência de pulso CPMG com Qdamper em Base seca (BS %) (COLNAGO et al., 2011).

3.5.8. Delineamento experimental: O experimento foi implantado na forma de blocos casualizados (DBC). A área experimental foi dividida em três blocos, cada bloco foi divido em cinco parcelas. Cada parcela com quatro linha de tratamento, cada qual com uma densidade de plantio, todas separados por uma linha de bordadura. Em cada linha de tratamento foram dispostos os cincos tratamentos sorteados aleatoriamente.

3.5.9. Duração do ciclo: Contagem em dias da semeadura até a colheita.

3.6. Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos a Analise de Variância (ANOVA), teste de regressão e superfície de resposta a 5 % de probabilidade utilizando o software Genes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Desenvolvimento apresentado pela cultura

São apresentados nas tabelas 2,3 e 4 os componentes de número de galhos, massa fresca e seca de galhos, número de capsulas, massa fresca e seca de capsulas, altura de planta, diâmetro de caule, comprimento de caule, massa fresca e seca de caule, massa fresca e seca de raiz, produtividade (kg ha^{-1}), peso de 1000 sementes e teor de óleo (%). A época de cultivo foi significativa para massa fresca e seca de galho, número de capsulas, massa fresca e seca de capsulas, altura de planta, diâmetro de caule, comprimento de caule, massa fresca e seca de caule, massa fresca e seca de raiz, produtividade e peso de 1000 sementes. A densidade só não foi significativa para altura de planta e peso de 1000 sementes. A inteiração época e densidade não foi significativa para altura de planta, comprimento de caule, peso de 1000 sementes e teor de óleo. As diferentes doses aplicadas não apresentou significância para número de galhos, altura de planta, massa fresca de caule, produtividade, peso de 1000 sementes e teor de óleo. A inteiração época e dose não foi significativo para número de galhos, altura de planta, diâmetro de caule, massa fresca e seca de caule, produtividade, peso de 1000 sementes e teor de óleo. Para densidade e dose foi significativo para massa fresca e seca de galho, diâmetro de caule, massa seca de caule e produtividade. Para inteiração época, densidade e dose foi significativo apenas para massa fresca e seca de galho e diâmetro de caule.

Tabela 2: Número de galhos (N.G.), Massa Fresca de Galho (M.F.G.), Massa Seca de Galho (M.S.G), Número de Cápsulas (N.CAP.), Massa Fresca de Cápsulas (M.F.CAP.), Massa Seca de Cápsulas (M.S.CAP.).

F.V	GL	Quadrados Médios					
		N. G	M.F.G(g)	M.S.G(g)	N.CAP.	M.F.CAP.(g)	M.S.CAP.(g)
Blocos	2	4,225	802,369	80,302	20,408	1610,662	133,036
Épocas (E)	1	4.408ns	16306.277**	5822.600**	294.533**	17140.124**	2994.802**
Densidade (D)	3	19.497**	4001.339**	1001.184**	233.988**	3787.522**	425.284**
Interação ExD	3	22430**	4409.265**	1046.6265**	279.822**	4598.810**	579.517**
Resíduo A	14	1,206	118,973	11,324	5,027	219,416	21,88
Doses (Do)	4	2.737ns	274.507**	105.534**	28.466**	538.289**	91.17**
Interação ExDo	4	2.012ns	172.838*	59.15**	14.908*	413.682**	60.826**
Interação DxDo	12	2.531ns	145.43**	42.910**	6.266ns	164.739ns	22.018ns
Interação ExDxDo	12	1.451ns	108.891*	34.549*	7.086ns	145.291ns	21.741ns
Resíduo B	64	1,25	54,547	15,864	5,897	95,477	14,466

Continuação

Média	6,925	25,883	12,915	11,216	33,336	11,274
CV (A)%	15,857	42,141	26,054	19,989	44,433	41,488
CV (B)%	16,144	28,534	30,838	21,651	29,311	33,734

n.s. = não significativo; * = significativo a (p≤0.05); ** = significativo a (p≤0.01).

Tabela 3: Atura de Planta (A.P.), Diâmetro de Caule (D.C.), Comprimento de Caule (COM.C.), Massa Fresca de Caule (M.F.C.), Massa Seca de Caule (M.S.C.), Massa Fresca de Raiz (M.F.R.), Massa Seca de Raiz (M.S.R.).

F.V	**GL**	**Quadrados Médios**						
		A.P. (cm)	**D.C. (mm)**	**COM. C. (cm)**	**M.F.C. (g)**	**M.S.C. (g)**	**M.F.R. (g)**	**M.S.R. (g)**
Blocos	2	0,025	2,356	0,017	81,751	0,275	67,877	9,134
Épocas (E)	1	7.271 **	157.804 **	1.718 **	6050.336 **	2243.983 **	3963.93 **	1215.65 **
Densidade (D)	3	0.022 ns	10.698 **	0.082 **	500.819 **	72.03 **	243.836 **	84.082 **
Interação ExD	3	0.001 ns	18.705 **	0.018 ns	719.077 **	132.699 **	227.610 **	74.804 **
Resíduo A	14	0,015	1,245	0,011	47,421	6,273	38,42	4,851
Doses (Do)	4	0.0005 ns	2.727 **	0.013 **	17.971 ns	10.272 *	19.604 *	5.922 *
Interação ExDo	4	0.006 ns	1.088 ns	0.014 **	9.251 ns	7.472 ns	18.717 *	5.085 *
Interação DxDo	12	0.003 ns	0.985 *	0.003 ns	23.566 ns	7.064 *	9.251 ns	2.159 Ns
Interação ExDxDo	12	0.005 ns	1.129 *	0.004 ns	18.356 ns	3.213 ns	9.226 ns	2.627 ns
Resíduo B	64	0,003	0,458	0,003	17,004	3,544	5,922	1,697
Média		0,98	9,492	0,709	23,562	12,065	7,684	3,847
CV (A)%		12,511	11,753	14,765	29,226	20,76	80,664	57,239
CV (B)%		5,721	7,128	7,791	17,501	15,604	31,669	33,863

n.s. = não significativo; * = significativo a (p≤0.05); ** = significativo a (p≤0.01).

Tabela 4. Produtividade (kg ha^{-1}), Peso de 1000 sementes (PES.1000 SEM.), Teor de Óleo (% ÓLEO).

F.V	**GL**	**Quadrados Médios**		
		Kg ha^{-1}	**PES. 1000 SEM.(g)**	**% ÓLEO**
Blocos	2	15005536,118	849,866	54,195
Épocas (E)	1	307122829.098**	12305.925**	15.052ns
Densidade (D)	3	84234041.4482**	846.919ns	50.744*
Interação ExD	3	13071557.030*	166.676ns	33.332ns
Resíduo A	14	1143725.5336	502,24	12,682
Doses (Do)	4	19832249.783ns	403.015ns	2.829ns
Interação ExDo	4	15230260.597ns	985.964ns	3.837ns
Interação DxDo	12	6054826.1595*	371.239ns	5.294ns
Interação ExDxDo	12	4079416.379ns	289.802ns	2.905ns
Resíduo B	64	713218.4185	525,547	6,301

Continuação

Média	5133,043	58,578	23,887
CV (A)%	44,597	38,257	14,908
CV (B)%	48,567	39,135	10,508

n.s. = não significativo; * = significativo a (p≤0.05); ** = significativo a (p≤0.01).

4.2. Densidade e época de plantio

Ao verificar a relação de número de galhos das duas épocas de produção, referente as diferentes densidades, pode-se notar que na primeira época houve um declínio no número de galhos conforme se aumentou a densidade de plantas (5 para 20 plantas por metro linear), enquanto que a segunda época manteve um número semelhante de galhos nas diferentes densidades aplicadas (Figura 3).

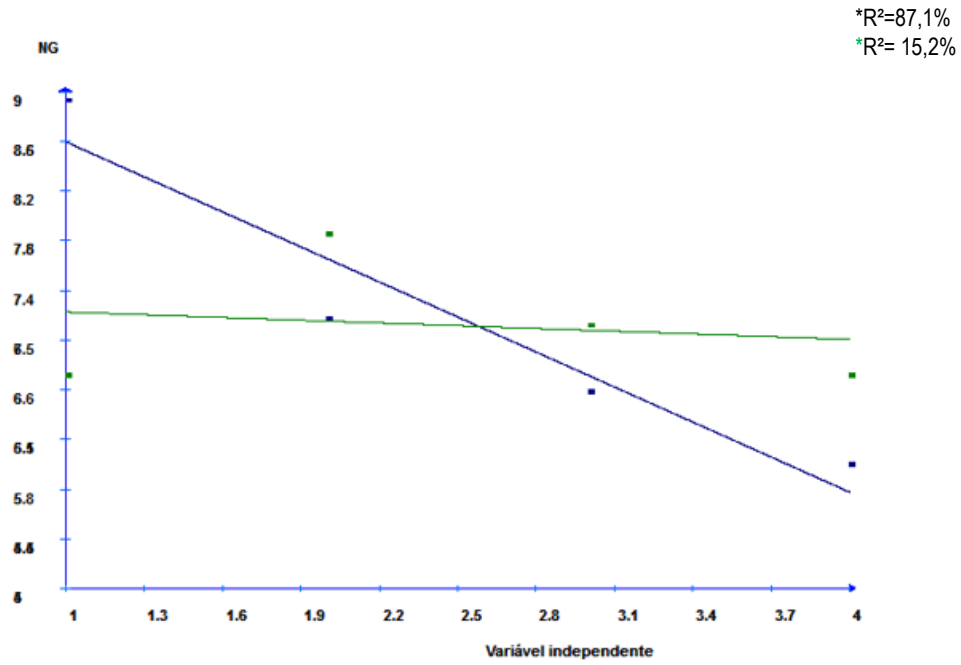


Figura 3. Número de galhos por diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

A densidade de plantas é um dos fatores de grande importância para a obtenção de uma boa produtividade, pois um número maior ao ideal pode resultar em competição entre plantas influenciando em seu desenvolvimento. Estudos mostram que o aumento de competitividade entre plantas, leva a redução no número de galhos por planta, resultado esse relatados por Mundel et al. (2004) e Azari e Khajehpour (2003).

Em relação ao número de capsulas, pode-se verificar uma linha de produção semelhante ao apresentado na figura que representa o número de galhos. Na figura 4 pode-se verificar declinio no número de capsulas na primeria época de plantio conforme houve aumento de densidade de plantas. Enquanto que a segunda época manteve número semelhante, embora sendo baixo o número de cápsulas em todas a densidades (Figura 4).

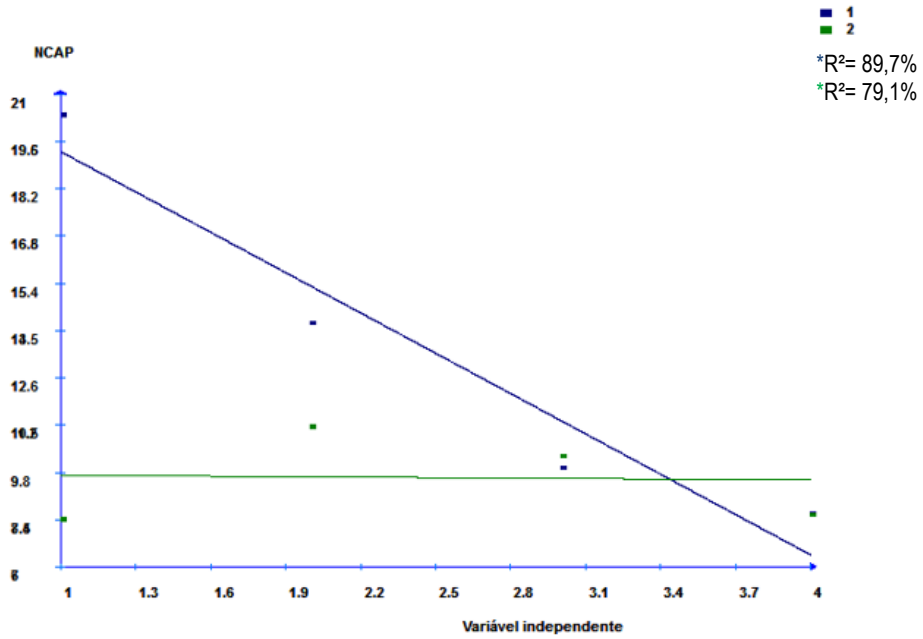


Figura 4. Número de cápsulas em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

A interferência que o número de planta por metro linear realiza no número de galhos por planta, se repete no número de cápsulas produzidos. Ao produzir um número menor de galhos consequentemente a planta irá produzir menor número de capsulas. Este resultado também é relatado por Mundel et al. (2004) e Azari e Khajehpour (2003), que verificaram que o aumento de concorrência entre plantas influenciou negativamente na produção de cápsulas de cártamo. Esse declinio no número de cápsulas devido ao aumento da densidade também foi verificado por Elfadl et al., (2009), Sharifmghaddasi e Omidi (2009), Emami et al. (2011), Amoughin, Tobeh e Somarin (2012), e Vaghar et al. (2014) em pesquisas com plantas de cártamo. Resultados contrários foram encontrados por Shahri, Ganjali e Fanayi (2013) que relataram que com o aumento da densidade de plantas de cártamo, aumentou o número de capítulos. Estudos realizados por Salera (1996), mostram que a semeadura tardia de cártamo apresenta significativa diminuição no número de

cápsulas, devido a alta temperatura durante o periodo vegetativo. Este resultado também foi observado por Rao (1990) e Ashri (1975).

Com relação a massa fresca de capsulas produzida por planta, pode-se verificar na figura 5 que enquanto a segunda época de plantio apresentou baixa produção, mas de forma linear nas diferentes densidades, na primeira época pode-se verificar que houve declinio de produção de massa fresca de cápsulas conforme se aumentou a densidade de plantio (Figura 5).

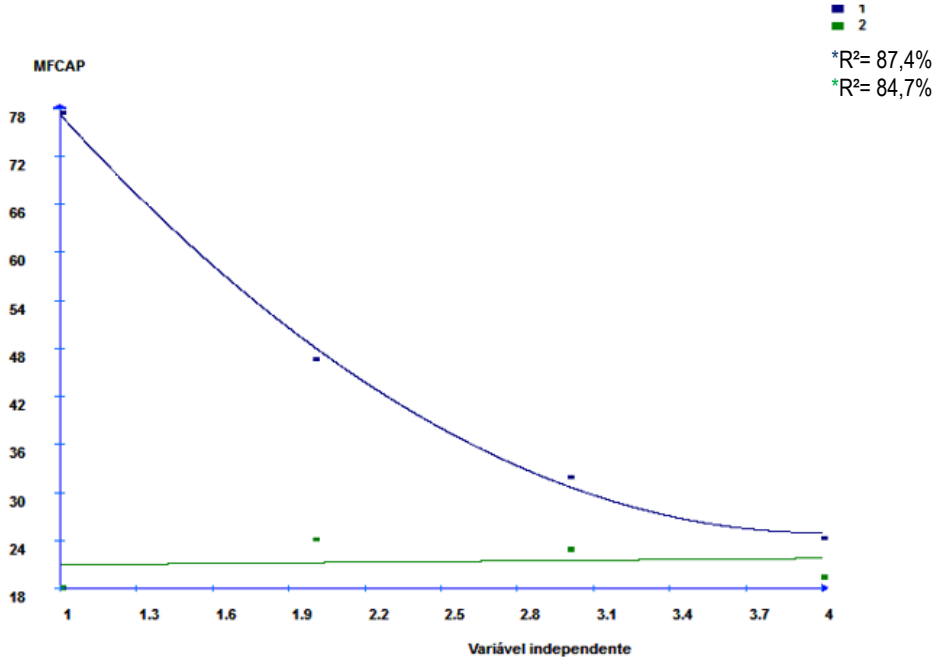


Figura 5. Matéria fresca de cápsulas (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

A massa fresca de cápsula é o que a planta conseguiu absorver de nutrientes resultando em produtividade de grãos. Como observado acima, com o aumento da densidade de plantas aumentou também a competitividade na busca por nutrientes, ou seja, quanto maior número de planta, menor a quantidade de nutrientes disponíveis para cada planta. Esse fato é relatado por Robinson e Walters (1997), como resultado da competição entre plantas. Quando se tem um número elevado de plantas por área, chega a um ponto no qual as plantas passam a competir por nutrientes, luz e água, fatores esses fundamentais para o desenvolvimento da cultura (JANICK, 1968).

Na figura a seguir pode se observar resultado de massa seca de cápsulas, resultado esse semelhante ao apresentado pela massa fresca de capsulas (Figura 6).

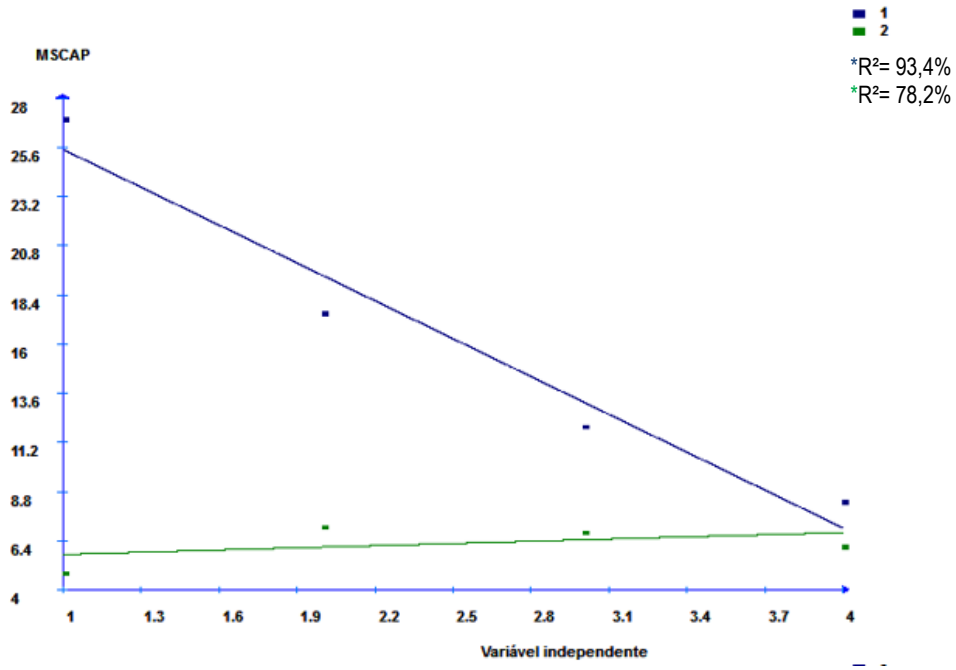


Figura 6. Massa seca de cápsulas (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

Este resultado pode ser devido à competição exercida pelo maior número de planta por área. Alguns autores colocam que a quantidade suprimento que a planta consegue armazenar é influenciada negativamente quando submetidas ao processo de comptição (CHAMBERS; HOLM, 1965; SCOTT; GEDDES, 1979; WILSON, 1988; PATTERSON, 1995).

Nas figuras 7 e 8, verifica-se o comportamento de massa fresca e massa seca de caule, os quais apresentaram resultado semelhante para as duas caracteristicas. Com o aumento da densidade de planta houve declinio nos valores da caracteristica para a primeira época, enquanto para a segunda época apresentou um pequeno aumento dessa caracteristica conforme se aumentou as densidade de planta, embora sendo valores menores que os da primeira época (Figura 7 e 8).

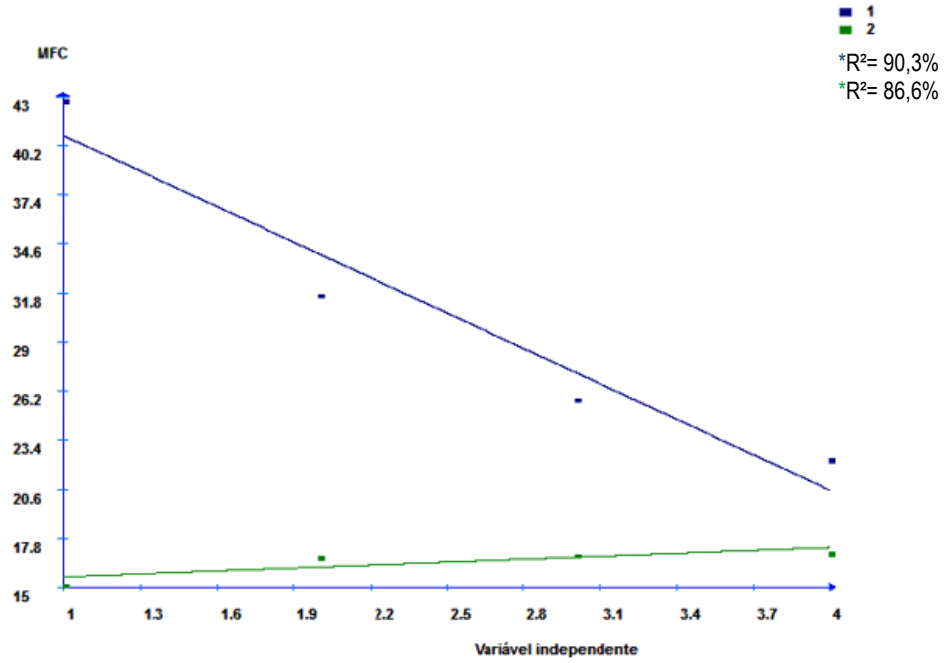


Figura 7. Massa fresca de caule (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

O resultando obtido para a primeira época de cultivo concorda com as citadas por Hoeven, Mol e Steen (1975), que durante dois anos estudaram diferentes densidades de crisântemo, e observaram que, nas duas épocas de cultivo, com o aumento da densidade houve decréscimo na massa fresca de caule, discordando com os resultados demonstrados para a segunda época de cultivo desse estudo.

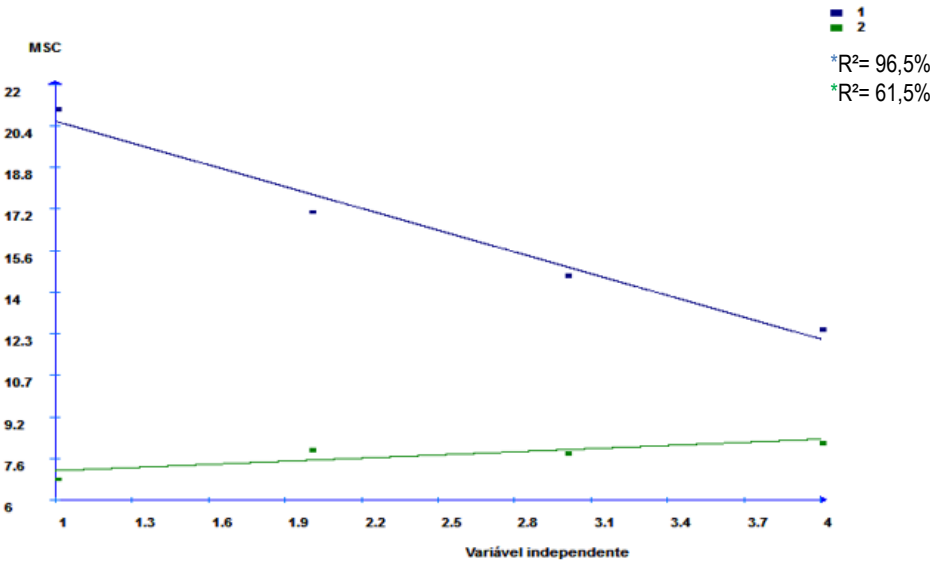


Figura 8. Massa seca de caule (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

O resultado de massa seca de caule obtido na primeira época, também concorda com os obtidos por Hoeven, Mol e Steen (1975) que estudando crisântemo no outono, verificaram uma diminuição da massa de hastes quando a densidade de plantas aumentou, já o resultado obtido na segunda época apresenta-se contrário aos resultados citados pelos autores. Acredita-se que esse resultado contrário seja devido a época de plantio, que foi realizado no inverno. Holcomb e Mastalerz (1979) também observaram menor peso fresco em crisântemo quando a densidade de plantas foi superior. Bellé et al. (2012), observaram uma redução de quase 50 % na massa fresca de cártamo com o aumento de densidade de planta.

Em relação a massa fresca de raiz e massa seca de raiz, estas apresentaram um resultado linearmente semelhante para as duas características nas duas épocas de plantio. Porém, enquanto na primeira época constatou-se um declínio acentuado com o aumento da densidade, na segunda época pode-se constatar menor diferença no declínio com o aumento da densidade (Figuras 9 e 10).

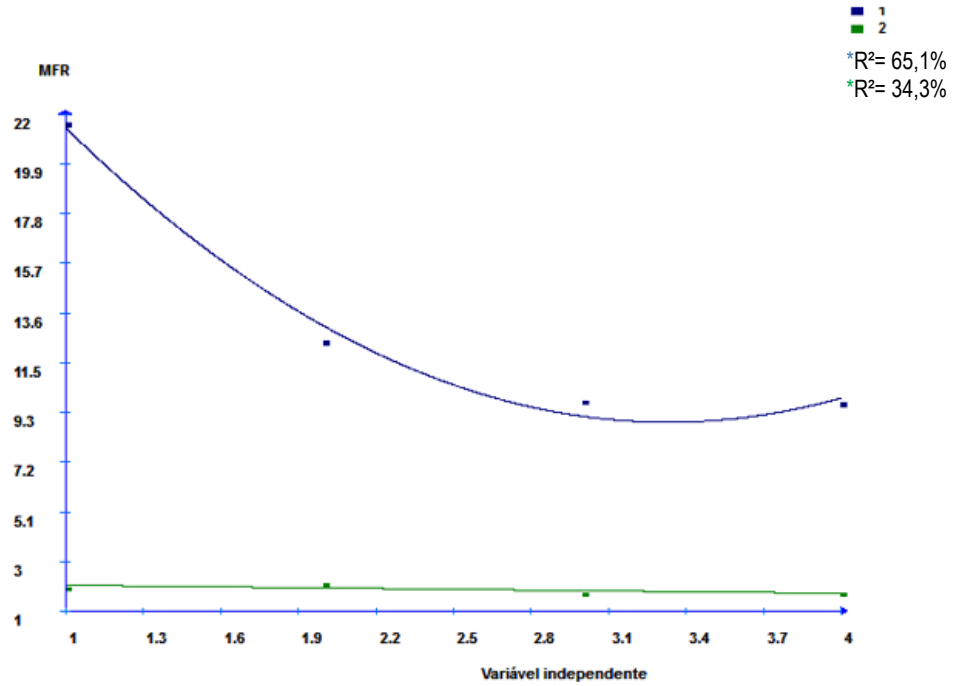


Figura 9. Massa fresca de raiz (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

A diminuição de massa fresca de raiz deve estar associada a redução no tamanho das raízes, que devido ao aumento da densidade de plantio resultou em competição entre plantas por luz e nutrientes. Assim, fica reduzida a disponibilidade

de nutrientes para cada planta individualmente, podendo afetar todo o desenvolvimento da planta (CORRÊA et al., 2014).

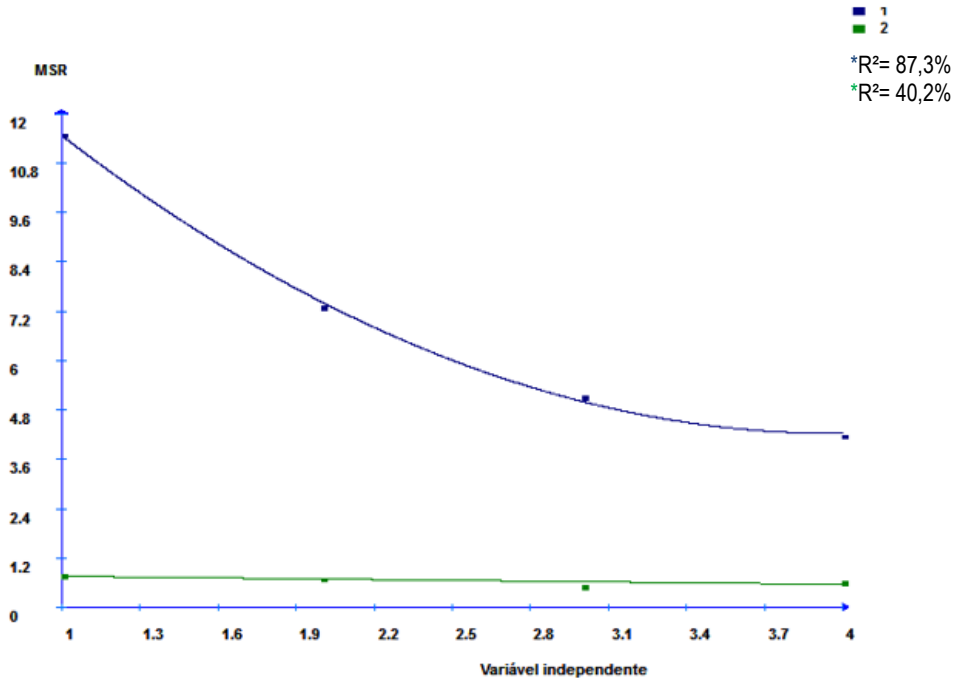


Figura 10. Massa seca de raiz (g) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear), aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

O número maior de plantas por metro linear ocasionou a competição por luz, água e nutrientes, proporcionado essa diminuição de produção de massa com aumento de densidade. Dourado Neto et al., (2003) verificaram uma baixa produção de matéria seca de raiz com aumento da população. Albuquerque et al. (2011) também encontraram redução na produção de massa seca.

4.3. Doses de fertilizantes

Analisando a figura 11, e considerando a época de plantio percebe-se que a primeira época apresentou melhores resultados em relação ao número de cápsulas. Analisando as doses de fertilizante aplicadas, verificou-se que a maior dose aplicada foi a que surtiu melhor efeito de produção de cápsulas para as duas épocas de cultivo (Figura 11).

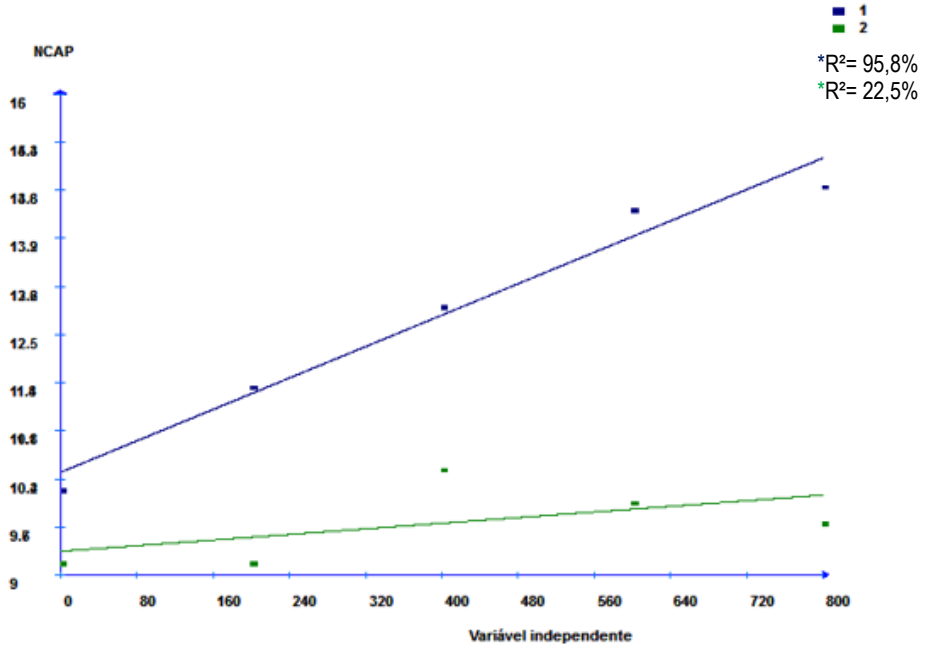


Figura 11. Número de cápsulas por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

Estudos realizados por Abbadi e Gerendas (2011) e Dordas e Sioulas (2008), relataram que o aumento de doses de fertilizantes proporcionaram melhores resultados em relação ao número de cápsulas de plantas de cártamo. Esses resultados podem estar relacionados a maior pluviosidade recebida pela primeira época de plantio (KOUTROUBAS; PAPAKOSTA; DOITSINIS, 2008). O resultado obtido na segunda época de cultivo, concorda com Lovelli et al. (2007) que relatam o estresse hídrico como responsável pela redução do número de capítulos florais por planta de cártamo.

Nas figuras 12 e 13 estão os resultados obtidos de massa fresca e seca de cápsulas, nas quais verificou-se que a primeira época de plantio apresentou peso maior de massa em relação a segunda época. Do mesmo modo foi para as doses de fertilizantes onde o peso de massa aumentou de acordo com o aumento das doses de fertilizantes (Figura 12 e 13).

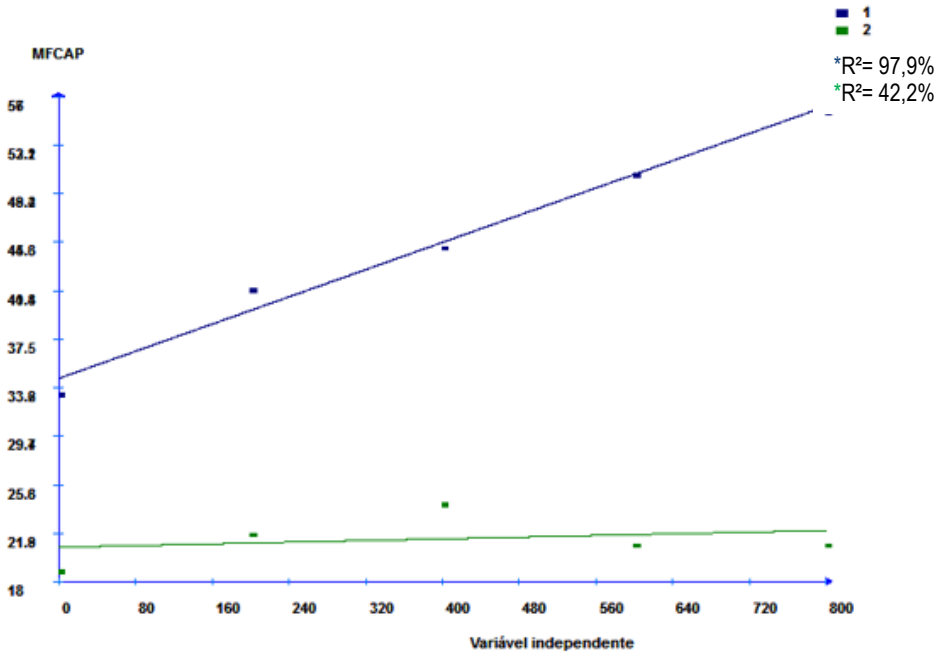


Figura 12. Massa fresca de cápsulas (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

O aumento das dosagens proporcionou maior acúmulo de nutrientes, resultando no aumento de massa fresca de cápsulas, concordando com Gilbert e Tucker (1967) e Jones e Tucker (1968), que colocam que o incremento da adubação nitrogenada eleva os componentes de rendimento de cártamo.

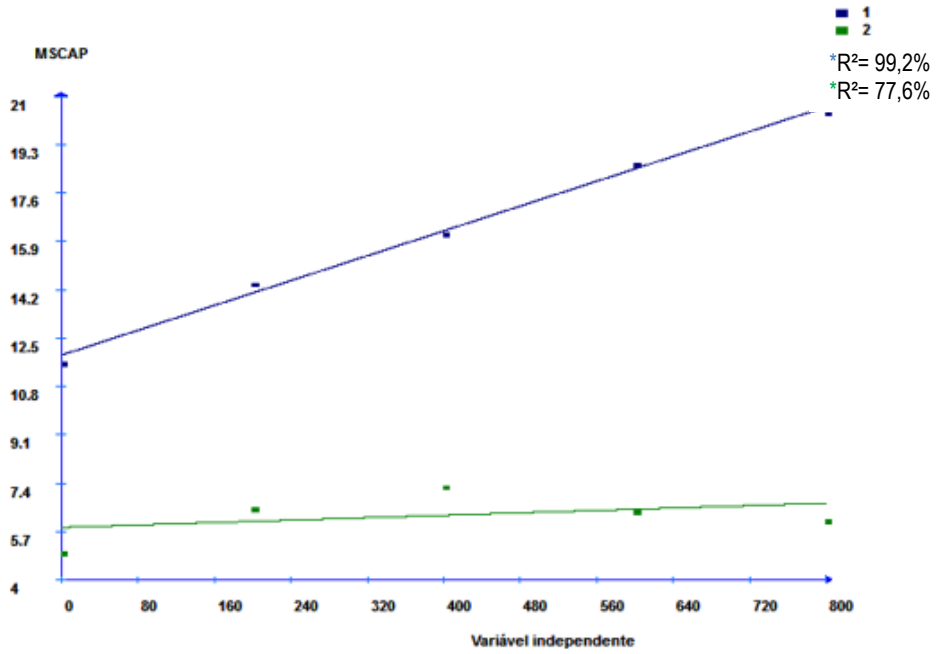


Figura 13. Massa seca de cápsulas (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

Singh (1998) ao estudar os efeitos da adubação nitrogenada verificou que houve incremento significativo no acúmulo de matéria seca e no número de capítulos por planta de cártamo. Segundo Andreotti et al. (2001) quanto maior a produção de massa seca maior é a produtividade.

Nas figuras 14 e 15 se tem os resultados para massa fresca e seca de raiz, que considerando a época de plantio o melhor resultado foi obtido na primeira época. Ao considerar as doses de fertilizantes nota-se que houve aumento de massa conforme se proporcionou doses maiores de fertilizantes, isso para a primeira época, já que na segunda época o resultado apresentou-se similar nas difierentes doses aplicadas (Figura 14 e 15).

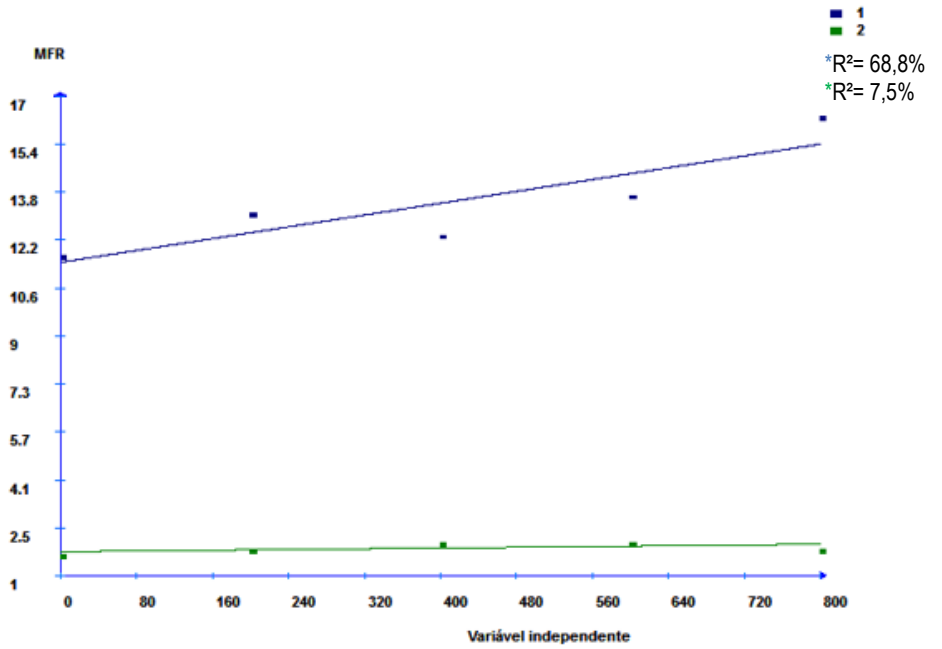


Figura 14. Massa fresca de raiz (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

O resultado mostra que o suprimento da adubação nitrogenada foi se adequando com aumento das diferentes dosagens, o que pode ter resultado em um sistema radicular bem desenvolvido, assim as raízes podem explorar camadas mais profundas no solo, com maior absorção de nutrientes propiciando melhor resultado na massa de raízes de plantas de cártamo (DORDAS; SIOULAS, 2008).

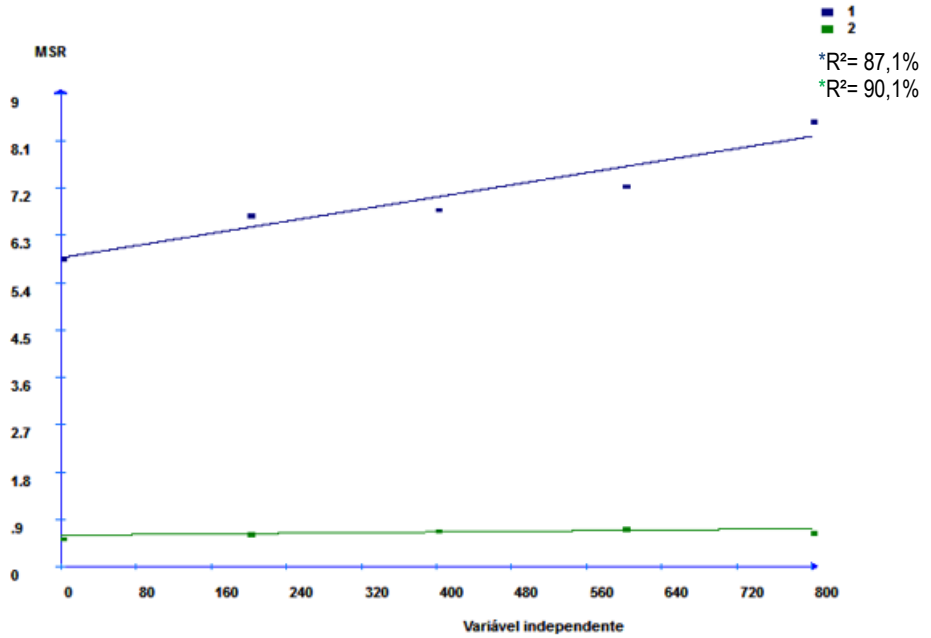


Figura 15. Massa seca de raiz (g) por planta em diferentes doses de fertilizantes aplicadas em duas épocas de plantio. *1º época, *2º época

Os efeitos das diferentes dosagens dos três nutrientes utilizados mostrou que a taxa de fornecimento foi adequada para o desenvolvimento e produção, isso acontece quando a taxa de um nutriente ameniza o efeito negativo do outro nutriente aplicado (TROEH; THOMPSON, 2007).

4.4. Produtividade e teor de óleo em densidade

Em relação a produtividade, pode-se verificar que embora a maior densidade de plantas tenha apresentado menor número de capsulas por planta, essa característica foi superada pelo maior número de plantas por metro linear, apresentando um aumento de produtividade (kg ha^{-1}) quando utilizado a maior densidade de plantas, ou seja vinte plantas por metro linear (Figura 16).

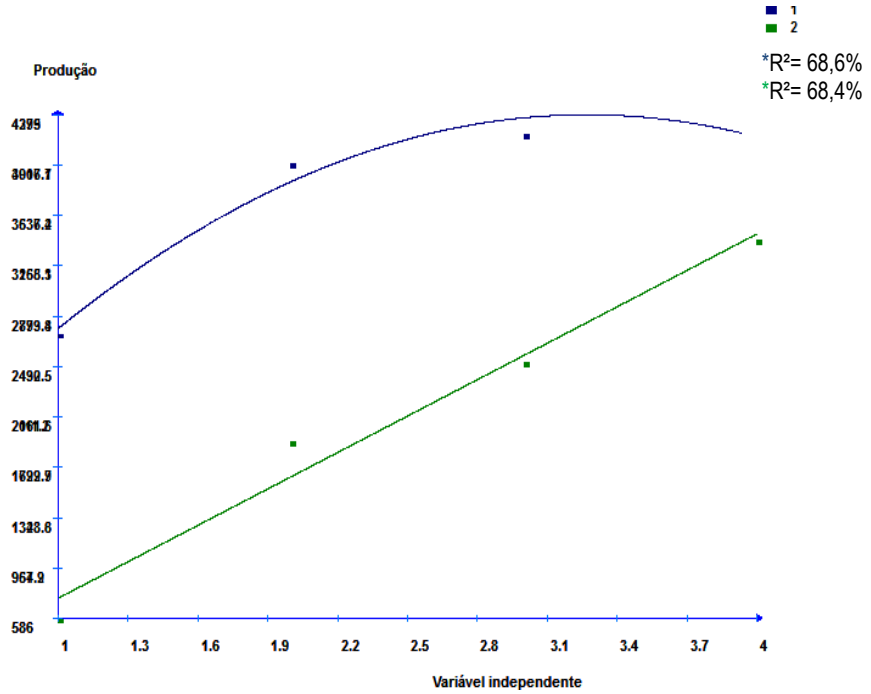


Figura 16. Produtividade (kg ha^{-1}) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear). *1º época, *2º época

A cultura apresentou uma resposta linear positiva de acordo com o aumento da densidade aplicada. Esse resultado pode ser atribuído ao aumento do número de capsulas por área devido ao aumento do número de plantas, o que levou ao aumento de produtividade, concordando com resultados encontrados por Alessi et al. (1981), Ozel et al. (2004) e Fazeli Kakhaki et al. (2007), em estudo desenvolvido com plantas de cártamo. De acordo com Mirzakhani (2002) o baixo número de capítulos por plantas de cártamo causou aumento no número de sementes por capsulas, resultando assim no maior rendimento. O número de sementes por capítulo tem papel importante no aumento do rendimento de plantas de cártamo (OMIDI; SHARIFMOGADAS, 2010).

Com relação ao teor de óleo, o resultado não apresentou significância com relação as diferentes doses de fertilizantes e nem para época de plantio. Mas com relação a densidade de plantas pode-se verificar que o ápice de produção de óleo pelas sementes de cártamo foi encontrada na densidade 3 (15 plantas por metro linear), quando apresentou um valor aproximado de 24 % de teor de óleo (Figura 17).

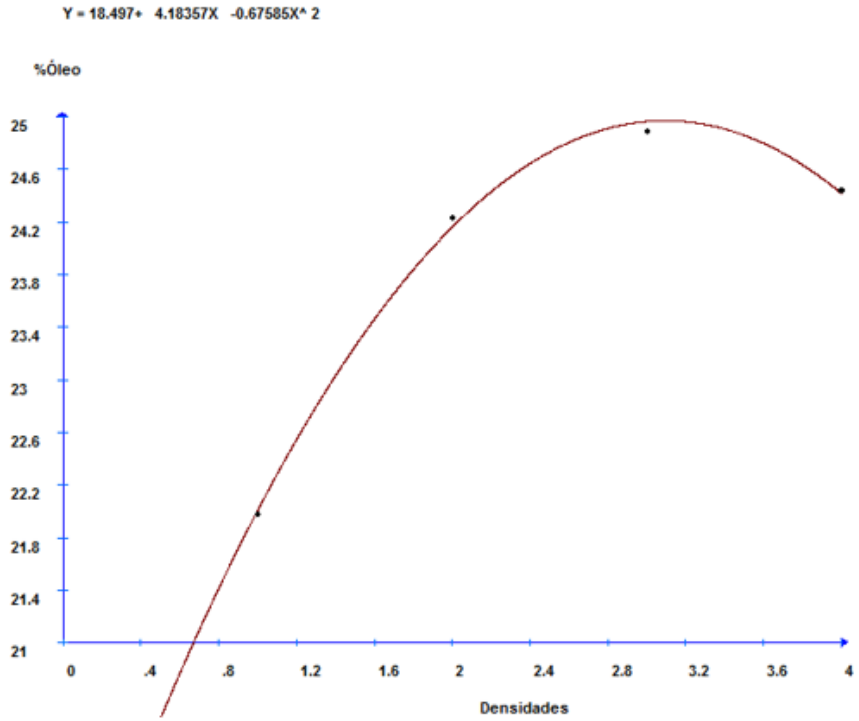


Figura 17. Teor de óleo (%) em diferentes densidades de plantas (1=5, 2=10, 3=15 e 4=20 plantas por metro linear).

Em estudo realizado por Gonzalez et al. (1994), os mesmos não encontraram nenhum efeito significativo de densidade de plantas em relação ao teor de óleo das sementes de cártamo. Já o estudo realizado por Emongor, Oagile e Kedikanetswe (2013), relata uma diminuição significativa no teor de óleo das sementes de cártamo com o aumento de densidade de plantas, atribuindo essa redução a competição por nutrientes, água e luz solar. Abel (1976), também relata redução no teor de óleo das sementes devido ao aumento da densidade de plantas de cártamo. Essa redução também foi encontrada por Nasr, Katkhuda e Tannir (1976) e Oad et al.(2002).

4.5. Produtividade e peso de 1000 grãos em doses de fertilizantes

Com relação a produtividade relacionada as doses de fertilizantes pode-se constatar aumento linear de acordo com o aumento das doses de fertilizantes, apontando a dose 800 kg ha^{-1} com a melhor produtividade de grãos (Figura 18).

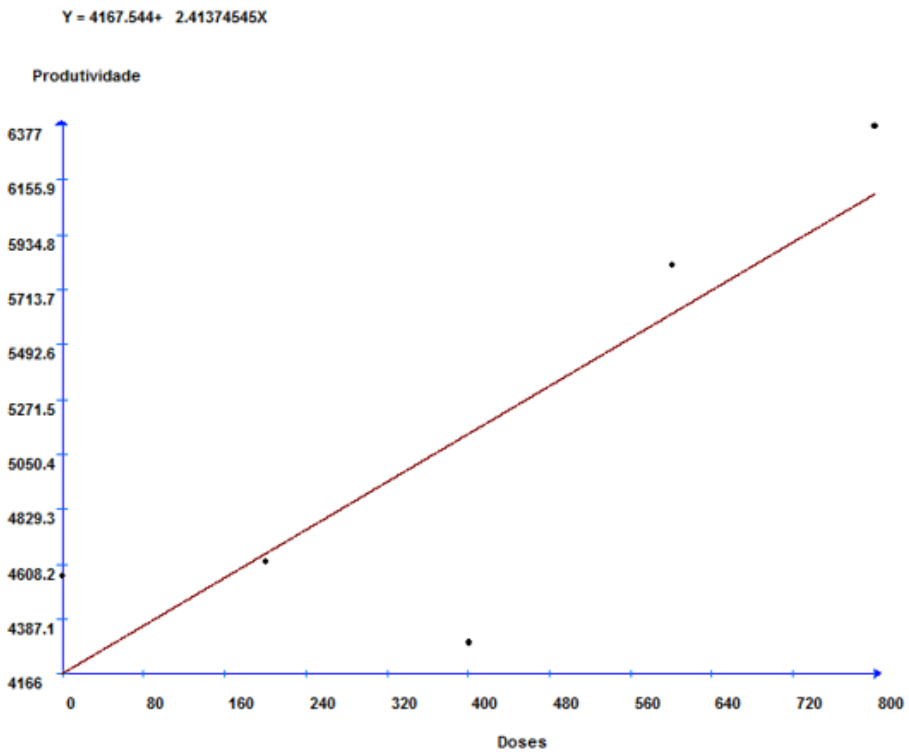


Figura 18. Produtividade (kg ha^{-1}) em diferentes doses de fertilizantes.

O aumento das doses de fertilizantes proporcionaram um melhor resultado de produção. Resultado semelhante foram encontrados por Golzarfar et al. (2012), que estudando diferentes taxas de N e P, verificaram resposta positiva em relação ao aumento de taxas de fertilizantes aplicadas em plantas de cártamo. Dordas e Sioulas (2008), também encontraram respostas positivas em relação aos componentes de produção em função das doses de fertilizantes em plantas de cártamo.

Conforme os dados coletados pode-se verificar que a cultura do cártamo apresentou um decréscimo na massa de 1000 grãos até a dose de 400 kg ha^{-1}, apresentanto a partir dela aumento progressivo sendo que o maior peso foi apresentado na dose de 800 kg ha^{-1} (Figura 19).

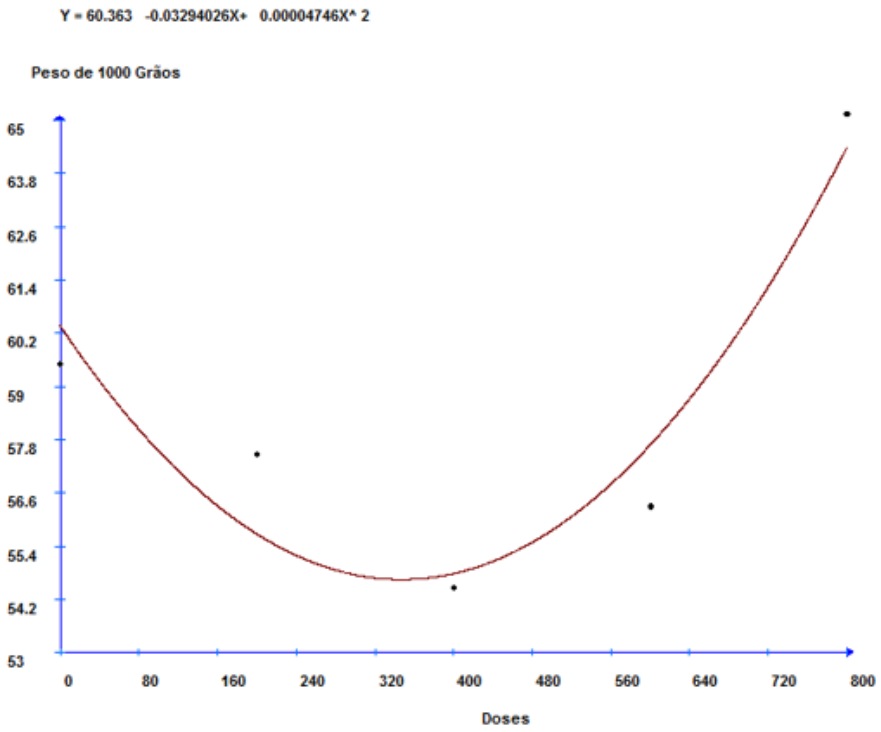


Figura 19. Peso de 1000 grãos (g) em diferentes doses de fertilizantes.

Supõe-se que esse resultado esteja ligado a capacidade de aproveitamento da cultura. Pelo resultado nota-se que a dosagem entre 200 e 400 kg ha^{-1} foi prejudicial para peso de sementes. Conseguindo obter eficiência no uso dos fertilizantes disponíveis apartir da dosagem de 400 kg ha^{-1}, e em conjunto com os recursos já disponíveis no solo demonstrou maior aproveitamento dos nutrientes (ALIVELU et al., 2006; DONG et al., 2005). Já Strasil e Vorlicek (2002) verificaram que a adubação nitrogenada não afetou o peso de 1000 grãos de cártamo, discordando com nosso estudo. A produção pode ser afetada por muitos fatores (luz, solo, nutrientes e água) (COELHO et al., 1991).

4.6. Superfície de resposta

Através da análise da superfície de resposta, verifica-se o efeito da inteiração de diferentes doses de fertilizantes associadas a diferentes densidades de plantio na cultura do cártamo em duas épocas de semeadura.

Com relação a massa fresca de galho, percebe-se o comportamento em relação ao número de galhos em plantas de cártamo submetidos a diferentes

densidades de plantio e diferentes doses de fertilizantes para duas épocas de cultivo (Figura 20 e Figura 21).

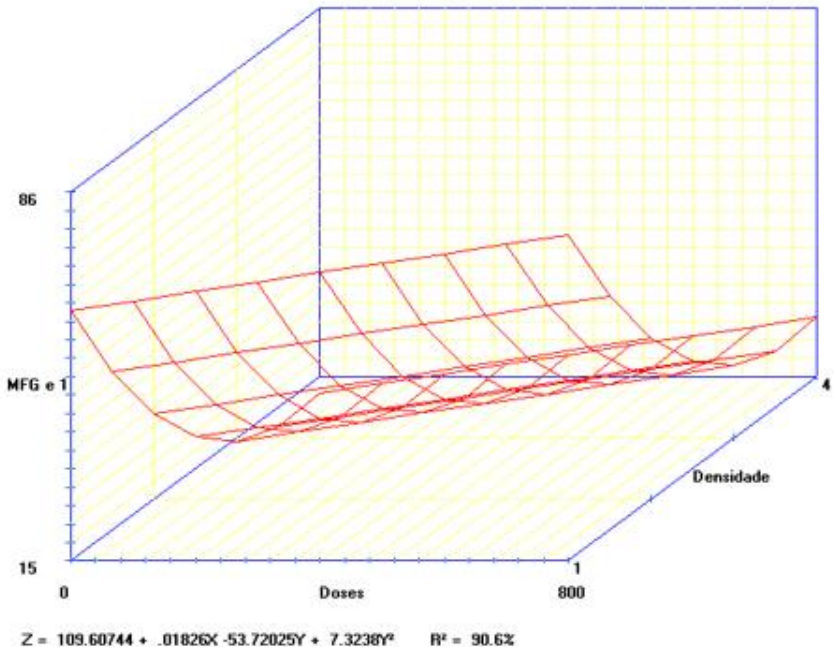


Figura 20. Massa fresca de galhos (g) de plantas de cártamos sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo.

A figura apresentada mostra os resultados obtidos na primeira época de cultivo, a qual revela um comportamento linear crescente de massa fresca conforme o aumento das doses de fertilizantes. Já em relação ao desempenho nas diferentes densidades de cultivo, houve diminuição na resposta da cultura quando em maiores populações de plantas. Assim, pode-se verificar que a menor densidade (5 plantas por metro linear) associada a maior dose de fertilizante (800kg ha^{-1}) foi a que proporcionou melhor resultado para massa fresca de galho, verificando um alto ajustamento estatístico (R^2= 90,6 %). Com relação a densidade de planta, esse resultado corrobora com o que foi citado por Bellé et al. (2012), que observaram uma redução de quase 50 % na massa fresca com o aumento da densidade de plantas de cártamo. A resposta positiva com aumento das dosagens concordam com Dordas e Sioulas (2008), que também encontraram respostas positivas em relação aos componentes de produção de plantas de cártamo em função das doses de fertilizantes.

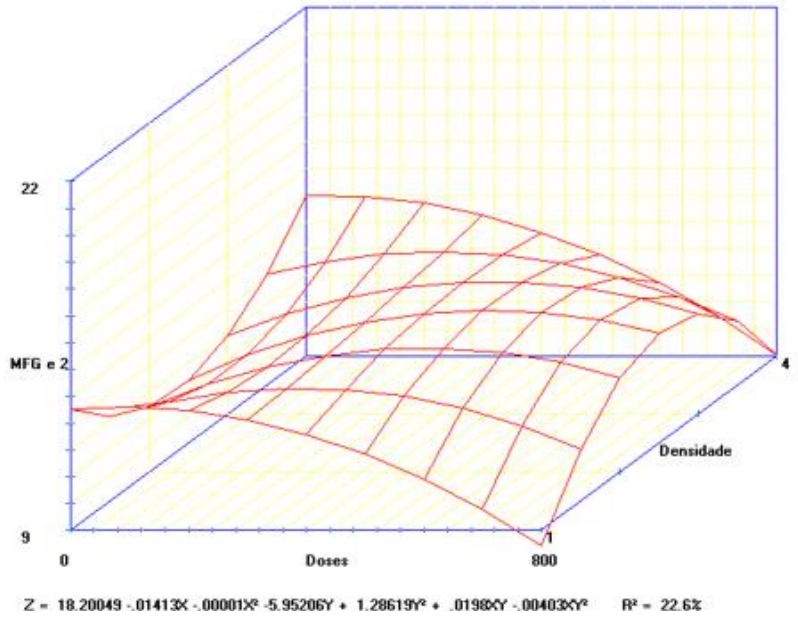


Figura 21. Massa fresca de galhos (g) de plantas de cártamos sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para segunda época de cultivo.

Com relação a segunda época de cultivo, pode-se perceber na figura 21, que na dose zero de adubação a massa fresca de galhos aumenta conforme se emprega maior densidade de plantas. E diminuição de massa de acordo com o aumento das doses. Já em relação as diferentes densidades, houve acréscimo da massa fresca de galho conforme aumento da densidade de plantas, isso até a densidade de 15 plantas por metro linear, apresentando pequeno decréscimo quando aplicada a densidade de 20 plantas por metro linear. Assim, com relação a interação densidade de plantas e doses de fertilizantes para massa fresca de galho para a segunda época de cultivo, foi na menor dose de fertilizante (0,0 kg ha^{-1}) associada a densidade de 15 plantas por metro linear que proporcionou melhor desempenho. Ressalta-se ainda que o trabalho desenvolvido a campo está sujeito as variações ambientais, nesse caso pode ser ver verificado um ajustamento estatístico baixo (R^2= 22,6%). O resultado discorda com o que foi verificado por Bellé et al. (2012), que verificou redução de massa fresca de galho de plantas de cártamo quando a densidade de plantas foi aumentada. Holcomb e Mastalerz (1979), em seu estudo com crisântemo também observaram peso fresco inferior quando se aumentou a densidade de plantas. Nesse caso o aumento das doses de fertilizante foi prejudicial, discordando de Dordas e Sioulas (2008), que verificaram respostas positivas em relação aos componentes de produção de cártamo em função das doses de fertilizantes.

Na figura a seguir, demonstra-se o comportamento de massa seca de galhos de plantas de cártamo, submetidos a diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo (Figura 22).

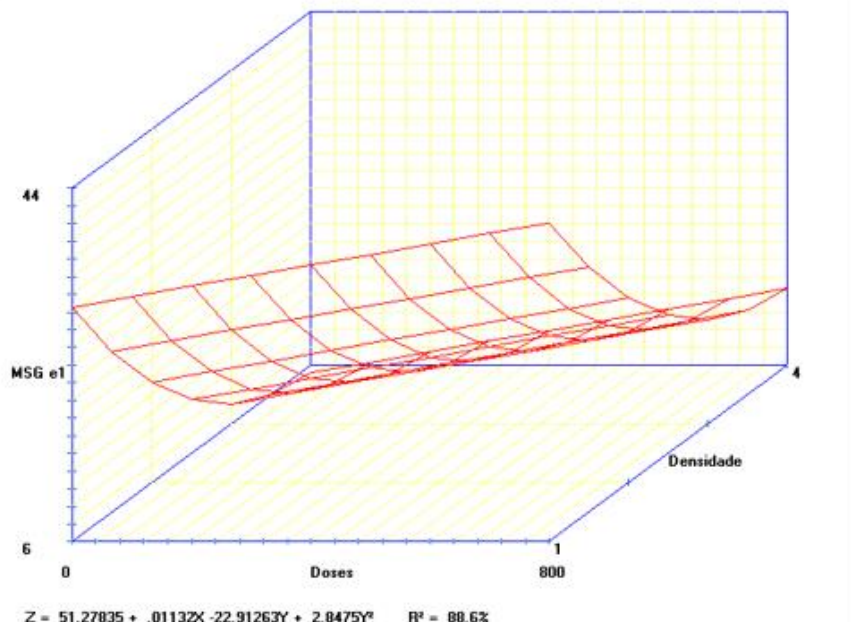


Figura 22. Massa seca de galhos (g) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo.

De com a figura apresentada pode-se verificar que para a primeira época de cultivo, o comportamento de massa seca de galho, apresentou acréscimo de acordo com aumento das doses de fertilizante. Já em relação densidade de cultivo, houve decréscimo de massa seca de acordo com o aumento da densidade de plantas, com ajustamento estatístico relativamente bom (R^2= 88,6 %), assim a melhor interação de densidade de plantas e dose de fertilizante para massa seca de galho para primeira época de cultivo, está na associação da menor densidade de plantas (5 plantas por metro linear) com a maior dose de fertilizante (800kg ha^{-1}). Nardi et al. (2001) também verificaram redução massa seca de galhos com aumento de densidade de plantas de crisântemo, concordando com Dordas e Sioulas (2008), em relação as respostas positivas dos componentes de produção de cártamo em função das doses de fertilizantes.

A figura a seguir expressa o comportamento de massa seca de galhos de plantas de cártamo, submetidos a diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio na segunda época de cultivo (Figura 23).

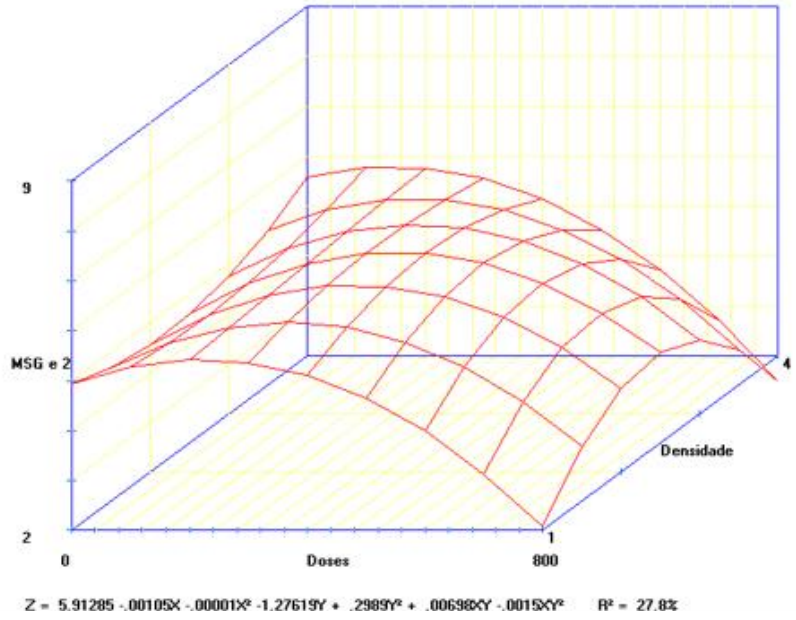


Figura 23. Massa seca de galhos (g) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para segunda época de cultivo.

No comportamento de massa seca de galhos para a segunda época, verifica-se decréscimo conforme houve aumento das doses de fertilizantes. Enquanto que para as diferentes densidades houve inicialmente aumento de massa, seguido de decréscimo conforme houve aumento da densidade de plantas. Assim, pode ser verificado que a melhor interação foi obtida na densidade de 15 plantas por metro linear associada a menor dose de fertilizante (0,0 kg ha^{-1}), com um baixo ajustamento estatístico (R^2= 27,8 %). Esse resultado, ao contrário do resultado encontrado na primeira época, discorda com os citados por Bellé et al. (2012), quando estudando plantas de cártamo sob diferentes datas de semeaduras e diferentes densidades, e Nardi et al. (2001) quando estudando crisântemo em diferentes populações e épocas de plantio. Já o resultado das doses de fertilizantes para a segunda época discordam com Dordas e Sioulas (2008), em relação as respostas positivas dos componentes de produção em função das doses de fertilizantes.

A seguir, o comportamento de caule de plantas de cártamo, submetidos a diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo (Figura 24).

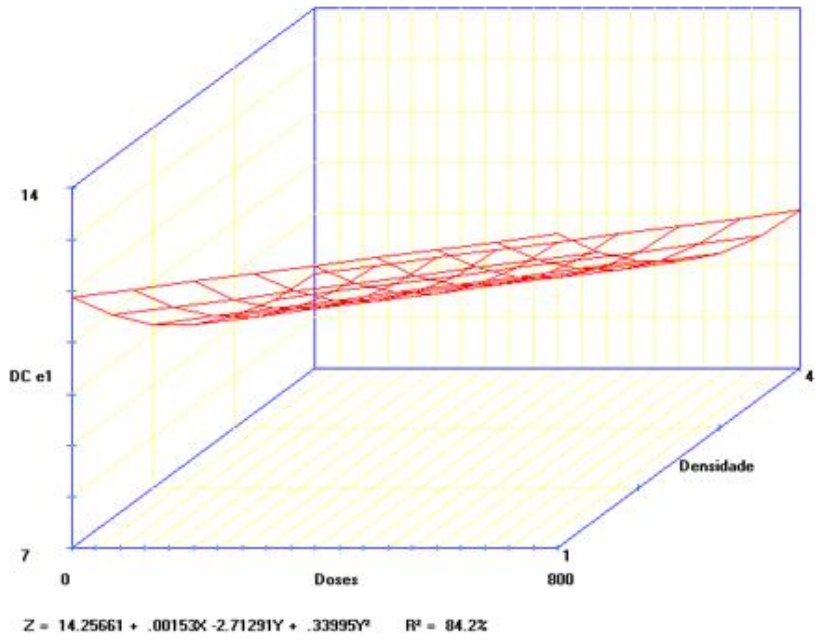


Figura 24. Diâmetro de caule (mm) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para primeira época de cultivo.

Na figura apresentada verifica-se um desempenho linear de acordo com aumento das doses de fertilizantes. Já em relação as diferentes densidades o melhor desempenho foi para a menor densidade de 5 plantas por metro linear, seguida de decréscimo até a densidade de 15 plantas por metro linear, apresentando pequeno aumento na densidade de 20 plantas por metro linear. Assim, constata-se que a maior dose de fertilizante associada a menor densidade de plantas foi que proporcionou melhor desempenho para primeira época de cultivo para diâmetro de caule, com bom ajustamento estatístico (R^2= 84,2 %). Bellé et al. (2012), em seu estudo com crisântemo, observaram redução linear de acordo com o aumento da densidade. Os mesmos autores citam que essa redução de diâmetro de caule pode estar relacionada com o maior alongamento do caule devido à competição por radiação solar. Os fertilizantes responderam positivamente conforme houve aumento das dosagens, concordando com Dordas e Sioulas (2008), em relação as respostas positivas dos componentes de produção de cártamo em função das doses de fertilizantes.

A seguir, observa-se o comportamento de diâmetro de caule de plantas de cártamo, submetidos a diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para segunda época de cultivo (Figura 25).

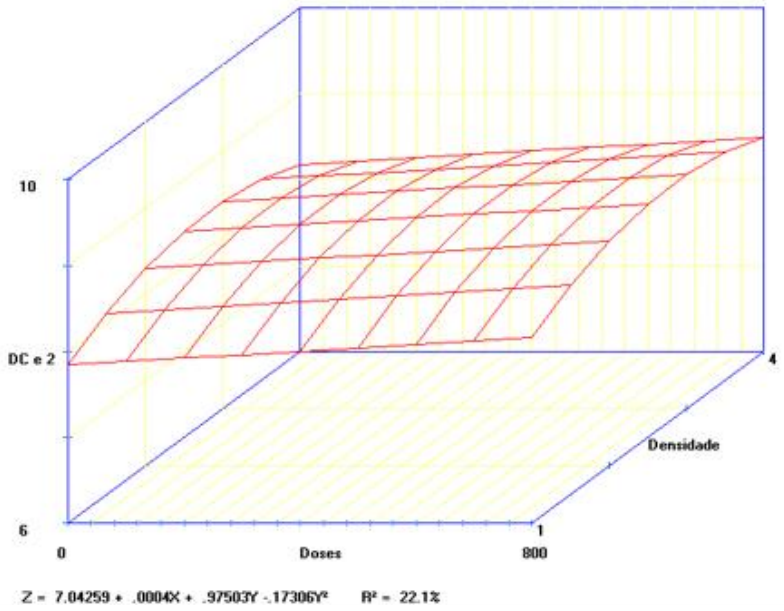


Figura 25. Diâmetro de caule (mm) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio para segunda época de cultivo.

Em relação ao desempenho de diâmetro de caule para segunda época de semeadura, verifica-se um desempenho linear de acordo com o aumento das doses de fertilizantes. Já em relação a densidade de cultivo, o melhor desempenho foi de acordo com o aumento de número de plantas. Assim, constatou-se que a melhor interação foi para a maior dose de fertilizante (800 kg ha^{-1}) associado ao maior número de plantas por metro linear (20 plantas por metro linear), com ajustamento estatístico de muito baixo (R^2= 22,1 %). Esse aumento de diâmetro pode ser resultado de uma maior concentração de assimilados, pois de acordo com Andriolo (1999), quando há maior concentração de assimilados, estes são armazenados nas folhas e caule, que pode ser responsável pelo aumento nas estruturas da planta. O fertilizante respondeu positivamente de acordo com aumentando das doses, concordando com Dordas e Sioulas (2008), em relação as respostas positivas dos componentes de produção de cártamo em função das doses de fertilizantes.

Pode-se verificar na figura a seguir o desempenho produtivo de plantas de cártamo submetidas a diferentes densidades de plantio e diferentes doses de fertilizantes.

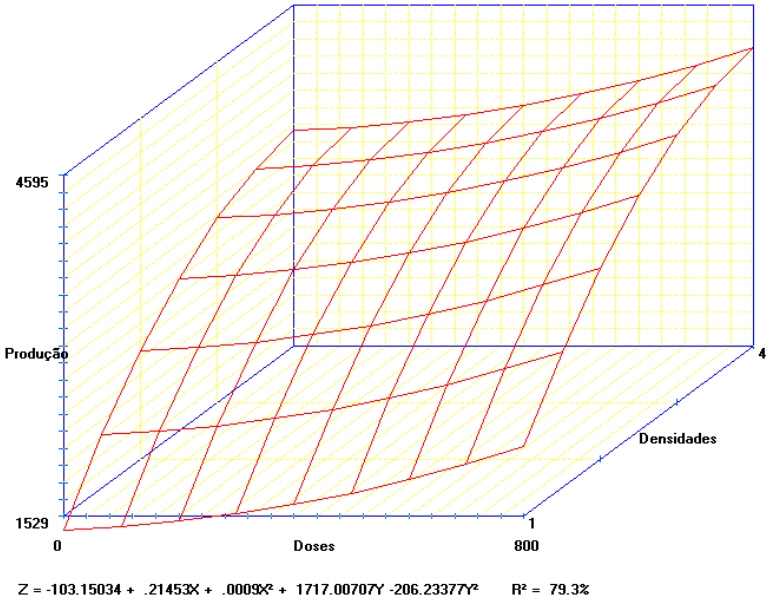


Figura 26. Produtividade (kg ha^{-1}) de plantas de cártamo sob diferentes doses de fertilizantes e diferentes densidades de plantio.

Como pode-se perceber observando a figura apresentada, a cultura respondeu positivamente de acordo com o aumento das doses de fertilizantes, bem como houve resposta positiva em relação ao maior número de plantas por metro linear. Assim verifica-se que de acordo com o estudo, a maior dose de fertilizante (800 kg ha^{-1}) associada a maior densidade de plantas (20 plantas por metro linear) é que irá proporcionar maior produtividade para a cultura do cártamo. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Golzarfar et al. (2012), que estudando diferentes doses de nitrogênio e fósforo na cultura do cártamo constataram resposta positiva de acordo com o aumento das taxa de fertilizantes. Assim como Dordas e Sioulas (2008) que verificaram aumento dos componentes de produção de cártamo em função das doses de fertilizantes. Embora a maior densidade de plantas tenha proporcionado um menor número de capsulas por planta, isso foi compensado pelo número maior de plantas por área que resultou em maior número de capsulas por área, proporcionando maior produtividade em kg ha^{-1}. Concordando com os resultados encontrados por Alessi et al. (1981) quando estudando efeitos de datas de semeadura e população de cártamo. Resultado semelhante também foram encontrados por Ozel et al. (2004) e

Fazeli Kakhaki et al. (2007) em estudo de diferentes datas de semeadura e espaçamento de plantas de cártamo.

Ao se realizar a colheita dos produtos, junto com eles também são removidos parte dos nutrientes. Portanto se faz necessário a aplicação de fertilizantes como forma de correção das deficiências de nutrientes. Para a cultura do cártamo é imprescindível aplicação de fertilizantes nitrogenados, pois é essencial ao se tratar da formação e rendimento (STEER; HARRIGAN, 1986). Devido à crescente demanda global por óleo vegetal, se faz necessário a expansão da produção de produtos apropriados para suprir essa necessidade. Culturas de alto rendimento demonstram grande exigência nutricional, assim a aplicação de fertilizante vem ser uma importante medida para suprir essa deficiência de nutrientes, substituindo os elementos removidos juntamente com os produtos colhidos (SAUERBECK; HELAL, 1990; MARSCHNER, 1995). A aplicação de fertilizante nitrogenado foi que demonstrou maior eficiência em relação ao desenvolvimento e rendimento (CONNOR; SADRAS, 1992; STEER; HOCKINGl, 1984).

O uso de fertilizante fosfatado apresenta eficácia em relação ao rendimento e formação da cultura do cártamo (MUNDEL; RIVELAND; TANAKA, 1997). Mesmo que os solos apresentem grande disponibilidade de fósforo no solo, apenas uma pequena quantidade está disponível de imediato, resultando assim em deficiência desse nutriente (SANCHEZ; SALINAS, 1981), portanto, uma forma de corrigir essa deficiência é a aplicação de fertilizante fosfatado para repor o que foi retirado junto com o produto colhido (DAMBROTH; EL BASSAM, 1990).

O potássio é um dos minerais mais abundantes para as plantas, tem importante participação na fotossíntese, na respiração e translocação (MARSCHNER, 1995). As culturas consideradas de alto rendimento, necessitam de grande quantidade de potássio, mesmo a concentração desse nutriente sendo alta em grande parte dos solos, sua disponibilidade é geralmente baixa devido sua adsorção pelos sítios de ligação específica (MARSCHNER, 1995; RUSSEL, 1988). Assim, para assegurar um fornecimento adequado de potássio se faz necessário sua aplicação para garantir seu fornecimento. Para a cultura do cártamo, o potássio age diretamente na massa seca de tronco e capítulos e também na formação dos ramos. Uma cultura com melhor estado nutricional apresentam vantagem em relação aquelas sob condições de deficiência (SCOTT et al., 1973).

A formação dos ramos é um dos primeiros sinais de adaptação e desenvolvimento da cultura, ocorrendo na fase inicial do ciclo, a densidade de semeadura e a disponibilidade de nutrientes são fundamentais nessa fase (MORRISON; STEWART, 1995) A fase de desenvolvimento de flores e capítulos acontece de forma mais acelerada, por isso a competição por nutrientes podem ser prejudiciais (MIRALLES; RICHARDS; SLAFER, 2000). Condições adversas podem trazer consequências negativas na formação dos grãos, resultando em redução no teor de óleo, por isso a importância do fornecimento de condições favoráveis para desenvolvimento e formação acompanhada de práticas culturais adequadas.

De acordo com Dajue e Griffee (2001) e Li et al. (1997), o cártamo é uma cultura sensível a temperatura e fotoperíodo, necessitando de temperatura amena e dias curtos durante a fase de crescimento vegetativo e de temperatura alta e dias longos durante a fase de crescimento e reprodutiva. Fatores importantes devem ser levados em conta para boa produtividade da cultura, como a tolerância a baixa temperatura no desenvolvimento inicial e sensibilidade a altas temperaturas durante a floração (ESENDAL, 1997). Sob baixas temperaturas durante a fase de roseta e período de crescimento vegetativo a cultura do cártamo tende a aumentar esse período de desenvolvimento, podendo esse ser responsável por maior produção, pois influencia na formação de capítulos por planta e formação de grãos por capítulo (RAGHUNATHAM; JAGDISH; SATYANARAYANA, 1989; LI et al, 1997).

Em relação as condições experimentais durante o desenvolvimento do estudo, pode-se ressaltar que a primeira época de cultivo, que foi realizada na estação do outono, foi a que obteve as condições mais adequadas para o desenvolvimento, pois a temperatura e a pluviosidade apresentaram-se favoráveis. Assim deve-se considerar que a época de semeadura é determinante para suprir a demanda de duração de sol e temperatura nas diferentes fases de crescimento da cultura.

4.7. Duração do ciclo

O ciclo de desenvolvimento da cultura para a primeira época de semeadura (outono) foi de 160 dias. E para a segunda época de semeadura (inverno) foi de 140 dias, contados da data de plantio até a data da colheita final. Esendal (1997), coloca que a cultura do cártamo submetida a temperaturas elevadas, o amadurecimento

ocorre em torno de 120 dias, e quando disposto a temperaturas amenas esse período se estende para em torno de 145 dias.

Durante o período de desenvolvimento da primeira época de cultivo, foi apresentada maior intensidade de precipitação, seguida de temperaturas mais amenas durante a fase de desenvolvimento, resultando num prolongamento de número de dias nessa fase. Já na fase formação e maturação de grãos houve aumento de temperatura e menor precipitação, o que foi favorável para a cultura.

Para a segunda época de cultivo, a precipitação foi menos intensa, principalmente na época de semeadura, prejudicando a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial. Com relação a temperatura durante a segunda época de cultivo, esta apresentou-se mais elevada comparada a primeira época, principalmente na fase de enchimento e maturação de grãos, o que acelerou seu desenvolvimento, reduzindo assim o ciclo vegetativo comparado com a primeira época.

5 – CONCLUSÃO

A época de cultivo não influenciou o número de galhos e teor de óleo das sementes.

A densidade de plantas não interferiu na altura de plantas e peso de 1000 grãos.

As doses de fertilizantes não influenciaram o número de galhos, altura de plantas, massa fresca de caule, produtividade, peso de 1000 grãos e teor de óleo.

As condições ambientais mais adequadas para o cultivo de cártamo foram obtidas na primeira época de semeadura (outono) onde a temperatura e precipitação melhor supriram as necessidades exigidas pela cultura.

A cultura do cártamo demonstrou potencial de produção de grãos e óleo para a região do estudo.

Assim, recomenda-se a semeadura no início do outono, utilizando uma adubação de base de 800 kg ha^{-1}, com uma densidade de 20 plantas por metro linear.

Há a necessidade de mais estudos para confirmação da recomendação.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBADI, J.; GERENDAS, J. Effects of phosphorus supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower // **Journal of Plant Nutrition**. Vol. 34, No. 12, p. 1769–1787– 2011.

ABBADI, J.; GERENDAS, J.; SATTELMACHER, B. Effects of potassium supply on growth and yield of safflower as compared to sunflower. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tharandt, v. 171, p.272-280, 2008.

ABBASIEH, S. K.; SHIRANI RAD, A. H.; DELKHOSH, B.; MOHAMADI, G. N. Effect of different potassium levels and different humidity conditions, in the use of zeolite and disuse zeolite in safflower. **Annals of Biological Research**, Coden, v.8, n.4, p.56-60, 2013.

ABEL, G. H. Effects of irrigation regimes, planting dates, nitrogen levels and row plant density on safflower cultivars, **Agron. J.** 68 448-451, 1976.

AHADI, K.; KENARSARI, M. J.; ROKHZADI, A. Effects of sowing date and planting density on growth and yield of safflower cultivars as second crop. **Advances in Environmental Biology**, 5(9): 2756-2760, 2011.

ALBUQUERQUE, C. J. B,; PINHO, R. G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. da S. Row spacing and sowing density of forage sorghum in the northern region of Minas Gerais. **Ciênc. e Agrotec.** vol.35 no.3 Lavras May/June 2011.

ALESSI, J.; POWER, J. F.; ZIMMERMAN, D. C. Effects of Seeding Date and Population on Water-Use Efficiency and Safflower Yield**. Agronomy journal**, vol. 73, september-october 1981.

ALIVELU, K.; SUBBA-RAO, A.; SANJAY, S.; SING, K. N.; RAJU, N. S.; MADHURI, P. Prediction of optimal nitrogen application rate of rice based on soil test values - **European Journal of Agronomy**. Vol. 25, p. 71–73, 2006.

AMOUGHIN, R. S.; TOBEH, A.; SOMARIN S. J. Study on the effect of different plant density on some morphological traits and yield of safflower under irrigated and rain-fed planting conditions. **International J. Agron.** and Plant Production, 3(8): 284-290, 2012.

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Boletim Técnico** N° 4. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas - Aspectos agronômicos. 3ª edição Revisada e atualizada – São Paulo, SP. Setembro 2000.

ANDREOTTI M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BÜLL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, v.58, p.145-150, 2001.

ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução** ANP Nº 42, DE 24.11.2004 – DOU 9.12.2004 – Retificada DOU 19.4.2005. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2004/novembro/ranp%204 2%20-%202004.xml>. Acesso em: 22 de abr. 2016.

ARANTES, M. A. **Cártamo (Carthamus tinctorium L.) produção de biomassa, grãos, óleo e avaliação nutritiva da silagem.** Dissertação de mestrado Instituto de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Produção Animal Sustentável, 34p. 2011.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; NETO, V. B. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF,v. 36, n 1, p. 71-78, 2001.

ARMAH-AGYEMAN, G.; LOILAND, J.; KAROW, R.; HANG, A. N. **Safflower** / EM 8792 (July 2002), Dry land Cropping Systems // Oregon State University – 2002. <http:// http://extension.oregonstate.edu/gilliam/sites/default/files/Safflower.pdf>. Acesso em: 15 de jan. 2016.

ASHRI, A. Safflower germplasm evaluation. **Plant Genetic Resources Newsletter**, 31:29-37. 1975.

AZARI, A.; KHAJEHPOUR, M. R. Effects of planting pattern on growth, development, yield components and seed yield of safflower, local variety of Isfahan, Koseh, in spring planting, **J. Sci. Techno. Agric. Nat.** Res. 7 129-140. 2003.

BELLÉ, R. A.; ROCHA, E. K. DA.; BACKES, F. A. A. L.; NEUHAUS, M.; SCHWAB, N.T. Safflower grown in different sowing dates and plant densities. **Ciência Rural**, v.42, n.12, dez, 2012.

BENNETT, W. (Ed.). Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms In: BENNETT, W. **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**: 2. ed. St. Paul: Minnesota APS Press, p.1-7, 1994.

BERALDO, J. M. G.; FERNANDES, E. J.; OLIVEIRA, L. R.; SILVÉRIO, F. C.; CARMINATTI, A. L. ARAÚJO, J. A. C. Qualidade do óleo e da torta de cártamo. **Anais** 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Montes Claros, 2009.

BERINGER, H.; NOTHDURFT, F. Effects of potassium on plant and cellular structures. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in Agriculture**: American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc. Madison, cap.14, p.35-67, 1985.

BLACKSHAW, R.E. Safflower (*Carthamus tinctorius*) density and row plant density effects on competition with green foxtail (*Setariaviridis*), **Weed Sci.** 41 403-408, 1993.

BONAMIGO, T; FORTES, A. M. T; PINTO, T. T; GOMES, F. M; SILVA, J; BATURI, C. V. Interferência alelopática de folhas de cártamo sobre espécies oleaginosas. **Biotemas**, v.26, n.2, 1-8, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 399 p. 2009.

BRUNETTO, G., GATIBONI, L.C.; SANTOS, D. R.; SAGGIN, A.; KAMINSKI. J. Níveis critico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.565-571, 2005.

BURKART, A. **Flora ilustrada de Entre Rios, Argentina**: parte VI, dicotiledôneas metaclamídeas. Buenos Aires: INTA, v. 6, 554 p. 1974.

CAMAS, N., CIRAK, C., ESENDAL, E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in Northern Turkey conditions. **Journal of Faculty of Agriculture O.M.U.** v. 22, p. 98-104. 2007.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.375-470, 2007.

CARRIQUIRY, M. U. S. Biodiesel production: recent development and prospects. **Iowa Agency Review**, Iowa, v. 13, n. 2, p. 8-11, 2007.

CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Manejo 4C** – Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. Informações Agronômicas N° 142 – Junho/2013.

CHAMBERS, E. E., HOLM, L. G. Phosphorus uptake as influenced by associated plants. **Weeds**, Gainesville, v.13, n.4, p.312-314, 1965.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA, A. F. C.; GESEDES, G. A. A. Balanço de nitrogênio 15N em um latossolo vermelho escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 187-193, 1991.

COLNAGO, L. A. ; AZEREDO, R. B. V. ; MARCHI NETTO, A. ; ANDRADE, F. D. ; VENÂNCIO, T. Rapid analyses of oil and fat content in agri-food products using continuous wave free precession time domain NMR. **Magnetic Resonance in Chemistry**, v. 49, p. S113-S120, 2011.

CONNOR, D. J.; SADRAS, V. O. Physiology of yield expression in sunflower. **Field Crops Res**. 30, 333-389, 1992.

CORRÊA, C. V.; CARDOSO A. I. I.; SOUZA L. G.; ANTUNES, W. L. P.; MAGOLBO, L. A. Produção de beterraba em função do espaçamento. **Horticultura Brasileira** 32: 111-114, 2014.

CORREA, D. MARCO JUNIOR, J. Efeito alelopático de extratos de cártamo sobre sementes de soja e alface. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.3, n.3, p. 64-72, 2010.

DADASHI N. **Effects of planting date on yield and yield components in safflower.** M. Sc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Technology, Isfahan. (in Persian) 2001.

DAJUE, L.; GRIFFEE, P. International safflower traits in China, India and Thailand. **Sessame and Safflower Newsletter** 16, 98-104, 2001.

DAJUE, L.; MÜNDEL, H. H. Safflower (*Carthamus tinctorius*) promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, Intern. **Plant Genetic Res. Inst.** 7 1-83, 1996.

DAMBROTH, M.; EL BASSAM, N. (1990). Genotypic variation in plant productivity and consequences for breeding of low-input cultivars. in El Bassam N., Dambroth M. C., Loughman, B. C.; **Genetic aspects of plant mineral nutrition**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 1-7.

DANTAS, C. V. S; SILVA, B; PEREIRA, G. M; MAIA, J. M; LIMA, J. P. M. S; MACEDO, C. E. C. Influência da sanidade e déficit hídrico na germinação de sementes de Carthamus tinctorius L. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.3 p.574-582, 2011.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. 1. Ed. Viçosa (MG): Sociedade Brasileira de Ciencia do solo, cap. 3. p. 91-132, 2007.

DONG, S.; CHENG, L.; SCAGEL, F. C.; FUCHIGAMI, H. L. Method of nitrogen application in summer affects plant growth and nitrogen uptake in autumn in young fuji/m.26 apple trees. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Vol. 36, p. 1465– 1477, 2005.

DORDAS, C. A.; SIOULAS, C. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (Carthamus tinctorius L.) as affected by nitrogen fertilization. **Field Crops Research, Amsterdam**, v.110, p.35–43, 2009.

DORDAS, C. A.; SIOULAS, C. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 27, p. 75-85, 2008.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, set./dez. 2003.

ELFADL, E.; REINBRECHT, C.; FRICK, C.; CLAUPEIN, W. Optimizing of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius*, L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. **Field Crops Res**., 114: 2-13, 2009.

EL-LATTIEF, E. A. Evaluation of 25 safflower genotypes for seed and oil yields under arid environment in upper Egypt. **Asian Journal of Crop Science**, Pakistan, v. 4, n. 2, p. 72-79, 2012.

EL-MOHSEN, A. A.; MAHMOUD, G. O. Modeling the Influence of Nitrogen Rate and Plant Density on Seed Yield, Yield Components and Seed Quality of Safflower. **American Journal of Experimental Agriculture**, v.3, n.2, p. 336-360, 2013.

EMAMI, T.; NASERI, R.; FALAHI, H.; KAZEMI, E. Response of yield, yield component and oil content of safflower (cv. Sina) to planting date and plant spacing on row in rainfed conditions of western Iran. **American-Eurasian J. Agric. And Environ. Sci**., 10(6): 947-953, 2011.

EMONGOR, V.; OAGILE, O.; KEDIKANETSWE, B. Effects of plant population on growth, development and oil yield of safflower. **Journal of Agricultural Science and Technology** p.321-333, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

ENDRES, V. C.; TEIXEIRA, M. R. O. População de plantas e arranjo entre fileiras. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**. Milho**: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA, CPAO, p. 108-110. (Circular técnica, 5), 1997.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Informe à impressa: Demanda da energia elétrica: 10 anos. Disponível em:<http://.epe.gov.br/imprensa/PressReleases?20110222_2.pdf>. Acesso em: 02 de fev. 2016.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.551-594, 2007.

ESENDAL E,; ARSLAN B,; PAŞA C. **Effect of winter and spring sowing on yield and plant traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.),** 7th international Safflower Conference, Wagawaga, Australia. November 3 - 6, 2008.

ESENDAL, E. (1997): Agro-physiology Outlook on Safflower, in Corleto, A., Mündel, H-H (eds.): IVth **International Safflower Conference**, 2-7 June, Bari, Italy, Adriatica Editrice, 155-161.

ESHEL, A.; WAISEL, Y. Multiform and multifunction of various constituents of one root system. In: WAISEL, Y., ESHEL, A. & KAFKAFI., U., ed. **Plant roots: The hidden half.** 2. ed. New York, Marcel Dekker, p.175-192, 1996.

EXPEDITO, J. de S. **Biodiesel**: uma aventura tecnológica num país engraçado. Salvador: Rede Baiana de Biocombustíveis, 2003.

FAO - **Organización de las Naciones Unidas Agricultura y Alimentación** (FAO) 2011. FAOSTAT.

FAZELI KAKHAKI, S. F.; SADRABADI HAGHIGHI, R.; ZARE FEYZABADI, A.; EZZAT AHMADI, M. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Rokh plateau. **Journal of Iranian Field Crop Research,** 5(2):327-332, 2007.

FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o colonião (Panicum maximum Jacq.) e braquiária (Brachiaria decumbens Stapf.) em Latossolo da Região Noroeste do Estado do Paraná.** 1991. 126p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

FERRARI, R. A. In: Potencial de produção de co-produtos da industria de oleaginosas. Uso de Subprodutos da Indústria Bioenergética para Produção Animal, 2008. Nova

Odessa-SP . **Anais...** Instituto de Zootecnia, Possenti, R.A. e Paulino, V.T., Anais CD-ROOM 98 p, 2008.

FERRARI, R. A.; SOUZA, W. L. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel de óleo de girassol com antioxidantes, **Química Nova**, v. 32, Nº 1, p. 106-111, 2009.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP. 273p. 1992.

FRANCISCO, W. de C. E. **"Biomassa"**; Brasil Escola. Disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/geografia/biomassa.htm>. Acesso em 02 de fevereiro de 2016.

FREIRE, F.C.O. Alternaria helianthi Associada a Folhas de Cártamo no Estado do Ceará. **Boletin Técnico** 141. Embrapa Agroindústria Tropical. 2009.

GENES Estatística Experimental e Matrizes. Cosme Damião Cruz. Editora UFV, 2006, pg. 285.

GHANBARI-ODIVI, A.; HASHEMZADE H.; BAHRAMPOUR, B.; SAEIDI, M. Effect of sowing date on yield and its components, oil and protein concentration and some agronomical traits of safflower (*Carthamus tinctorius*. L.). **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences.** 3 (14): 1405-1410, 2013.

GIAYETTO, O.; FERNANDEZ, E. M.; ASNAL, W. E.; CERIONI, G. A.; CHOLAKY, L. Comportamiento de cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la region de Rio Cuarto, Cordoba (Argentina). **Revista Investigación Agraria** – Produccion y Protección Vegetales, v. 14, n. 1-2, p. 203-215, 1999.

GILBERT, N. W.; TUCKER, T. C. Growth, yield, and yield components of safflower as affected by source, rate and time of application of nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, p.54–55, 1967.

GIRARDI, L. B; BELLÉ, R. A; BACKES, F. A; PEITER, M. X; NEUHAUS, M; SCHWAB, N. T; SOUZA, A. R. C; LAZAROTTO, M; BRANDÃO, B. Índíce de velocidade de emergência em sementes de cártamo em dois substratos e diferentes capacidade de retenção. **In anais...** VII ENSub, 15 - 18 de setembro de 2010, Goiânia, Goiás.

GIRARDI, L. B; LAZAROTTO, M; DURIGON, M. R; PEDROSO, D. C; MÜLLER, J; MUNIZ, M. F. B. Envelhecimento acelerado em sementes de cártamo accelerate ageing in safflower seeds. **Revista da FZVA** - Uruguaiana, v.19, n.1, p.43-54. 2013.

GOLDEMBERG, j. Energia e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, vol.12 no.33 São Paulo May/Aug. 1998.

GOLZARFAR, M.; SHIRANI RAD, A. H.; DELKHOSH, B.; BITARAFAN, Z. Changes of safflower morphologic traits in response to nitrogen rates, phosphorus rates and planting season. **International Journal of Science and Advanced**, v.1, n.10, p. 84-89, 2011.

GOLZARFAR, M.; SHIRANI RAD, A. H.; DELKHOSH, B.; BITARAFAN, Z. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) response to different nitrogen and phosphorus fertilizer rates in two planting seasons**. Žemdirbystė=Agriculture**, vol. 99, No. 2 p. 159–166, 2012.

GONZALEZ, J. L.; SCHNEITER, A. A.; RIVELAND, N. R.; JOHNSON, B. L. Response of hybrid and open-pollinated safflower to plant population, **Agron. J.** 86 1070-1073, 1994.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n. 95, Piracicaba, Instituto Potafós, 2001.

HAN, X. et al. Extraction of safflower seed oil by supercritical CO2. **Journal of Food Engineering,** v. 92, n. 4, p. 370-376, Jun. 2009.

HOEVEN, A. P. van der.; MOL, C. P.; STEEN, J. A. van der. Plant density of year-round chrysanthemums. **Netherlands Journal of Agricultural Science** . Naaldwijk, Netherlands, v.23, n.3, p.224–230, 1975.

HOLCOMB, E. J.; MASTALERZ, J. W. Spacing key growth factor affecting greenhouse mums. **Science in Agriculture Pennsylvania**, v.27, n.1, p.4–5, 1979

HOLENA, D. L.; BRUCKNER, P. L.; MARTINB, J. M.; CARLSOND, G. R.; WICHMANC, D. M.; BERGB, J. E. Response of winter wheat to simulated stand reduction. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 364-370, 2001.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, n.1, p.227-239, 1997.

HUBER, D. M.; ARNY, D. C. Interactions of potassium with plant disease. In **Potassium em Agriculture,** ed. R.D. Munson. Madison, WI: American Society of Agronomy, pp. 467-488, 1985.

HUSSIEN, L. A. e WUHAIB, K. M. The relationship between root growth and yield in safflower influenced by irrigation interval and potassium levels. **The Iraqi Journal of Agricultural Sciences,** v. 41, n.3, p. 30-45, 2010.

JANICK, J. **A ciência de horticultura**. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 485 p. 1968.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, O. C. Análise energética da cultura do crambe (Crambe abyssinica H.) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.

JESUS, F. N.; ALVES, A. C.; SANTOS, A. R.; SOUZA, G. S.; CERQUEIRA, T. T. Mudas de girassol submetidas a doses de potássio. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16; p. 1554-1565, 2013.

JONES, J.P.; TUCKER, T.C. Effect of nitrogen fertilizer on yield nitrogen content and yield components of safflower. **Agronomy Journal**, Madison, v.60, p.363-364, 1968.

JUKNEVICIUS, S.; J.PEKARSKAS. Influence of Safflower (Carthamus tinctorius L.) Sowing time on seed yield, chemical composition, yield structure, growth and development. **Agriculture Scientific articles**, 4, 80, 50-59, 2002.

KAFFKA, S. R.; KEARNEY, T. E. **Safflower Production in California.** Oakland: Univeristy of California Agriculture and Natural Resources. 31p. (Publication nº. 21565), 1998.

KARLEN, D. L. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal,** v. 80, n. 2, p. 232-242, 1988.

KHAJEHPOUR, M. R. **Production of industrial crops**. Publications Jihad, Unit University of Technology of Isfahan. Fourth edition, 274 p. (in Persian) 1998.

KIZIL, S; CAKMAK, O; KIRICI, S; INAN, M. Comprehensive study on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in semi-arid conditions. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v.4, n.1, p. 947-953, 2008.

KOUTROUBAS S. D.; PAPAKOSTA K.; DOITSINIS A. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. **Field Crops Res** 90:263–274, 2004.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Nitrogen utilization efficiency of safflower hybrids and open-pollinated varieties under Mediterranean conditions. **Field Crops Res**. 107, 56–61. 2008.

LAÜER, J. Should I be planting corn at a 30-inch row spacing. **Wisconsin Crop Manager**, Madison, v. I, n. 6, p. 6-8, 1994.

LEILAH, A. A.; SHARIEF, A. E.; EL-SAYED, E. M. Effect of plant density and nitrogen fertilization of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) productivity. Proceedings of the International Conferences of Animal Production, September 13-15, Zagazig University, Egypt, pp: 871-879, 1992.

LI, D.; HAN, Y.; WANG, L. (1997): Effect of temperature and photoperiod on the growth and development of some safflower germplasm. In Corleto, A., Mündel, H.-H. (eds.): Proceedings of IVth **International Safflower Conference**, 2-7 June, Bari-Italy, 164-169.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004.

LÓPEZ-BUCIO, J. L.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETOJACOBO M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, v.129, p.244-256, may. 2002.

LOVELLI, S.; PERNIOLA, M.; FERRARA, A.; DI TOMMASO, T. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. **Agric.Water Manage**. 92, 73–80. 2007.

LU, S.; ZHANG, F. Q.; MENG, G. L.; WANG, Y. L. *Carthamus tinctorius* L. oil and its using in food. **Food Research and Development,** v. 25, n. 4, p. 74–76. 2004.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 638 p. 1980.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p. 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press. 889p. 1995.

MEDEIROS, P. T. **Viabilidade técnica do biodiesel metílico do óleo de duas variedades de Carthamus tinctorius L. como substituto do diesel de petróleo.** 2011. Tese (Mestrado em Química) Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

MEHER, L. C.; VIDYA, D. S.; NAIK, S. N. **Renewable Sustainable Energy**, v. 10, p. 248, 2006.

MELGES, E.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. Crescimento, produção de matéria seca e
MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern : International Potash Institute, 687p. 1987.

MIRALLES, D. J.; RICHARDS, R. A.; SLAFER, G. A. Duration of the stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. **Aust. J. Plant Physiol**. 27, 931-940, 2000.

MIRZAKHANI, M. Effects of planting date on yield and yield componentes of spring safflower cultivars in markazi province. Iran. **J. Agric. Sci**., 4: 138-151, 2002.

MORCELI, A. A. **Doses de fósforo e de potássio, seleção de genótipos de canola para produção de grãos e de óleo.** Tese (Doutorado) em Agronomia - Universidade Federal da Grande Dourados - Dourados, MS : UFGD – p. 64, 2014.

MORRISON, M. J.; STEWART, D. W. Radiation use efficiency in summer rape. **Agronomy Journal**. 87: 1139-1142. 1995.

MOSTAFANEZHAD M,; EIVAZI AR. Planting date effect on yield and yield component of safflower genotypes under Uromiacondition. **J of Res in Agronomical Sci** 10:33-43, 2010.

MOURAD, A. L. Principais culturas para obtenção de óleos vegetais combustíveis no Brasil. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., **Anais**... Campinas: UNIFEI. 2006.

MÜNDEL H. H., MORRISON R. J., BLACKSHAW R. E., ROTH B. Safflower production on the Canadian prairies: revisited in 2004 // **Agricultural Research Stations**. – Lethbridge, Canada, 43 p. 2004.

MÜNDEL, H. H.; RIVELAND, N.; TANAKA, D. L. 1997 Safflower Agro-production I: Yield. In Safflower: A multipurpose species with unexploited potential and world adaptability. Proceedings of IVth **International Safflower Conference**, 2-7 June. Ed. A Corleto and H-H Mündel. pp 83-85. Adriatica Editrice, Bari, Italy.

NARDI, C.; BELLÉ, R. A.; SCHIMIDT, C. M.; TOLEDO, K. A. Qualidade de crisântemo (*dendranthema grandiflora* tzevelev.) cv. snowdon em diferentes populações e épocas de plantio. **Ciência Rural**., v.31, n.6, p.957-961, 2001.

NASR, H. G.; KATKHUDA, N.; TANNIR, L. Effect of N fertilizer and population rate spacing on safflower yield and other characteristics, **Agron. J.** 70 683-685, 1976.

OAD, F. C.; SAMO, M. A.; QAYYUM, S. M.; OAD, N. L. Inter and intra row plant density effect on growth, seed yield and oil content of safflower (*Carthamus tictorius* L.), Asian **J. Plant Sci.** 1 18-19, 2002.

OELKE, E. A.; OPLINGER, E.S.; TEYNOR, T.M.; PUTNAM, D.H.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D.M. **Alternative field crops manual: safflower.**8p.1992. Disp. em :<www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>. Acesso: 20 jan. 2016.

OGUT, H., OGUZ, H., Biodiesel: Third Millennium Fuel. **Nobel Publication** n°745: 55-60. 2006.

OLIVEIRA, G. G. **Trichoderma spp. no crescimentovegetal e no biocontrole de Sclerotinia sclerotiorum e de patógenos em sementes de (*Carthamus tinctorius*).** 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

OLIVEIRA, M. R. de; SANTO, R. F.; ROSA, H. A.; WERNER, O.; VIEIRA, M. D.; DELAI, J. M. Fertirrigação da cultura de linhaça Linum usitatissimum. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.1, p.22-32, 2012.

OMIDI A. H.; SHARIFMOGADAS M. R. Evaluation of Iranian safflower cultivars reaction to different sowing dates and plant densities. **World Applied Sciences Journal,** 8 (8): 953-958, 2010.

OZEL, A.; DEMIRBILEK, T.; GUR, M. A.; COPUR, O.Effects of different sowing date and intrarow spacing on yield and some agronomic traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Harran plain's arid conditions. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry,** 28: 413-419, 2004.

PALIZDAR M.; DELKHOSH B.; SHIRANI RAD A. H. Effect of irrigation regimes on agronomic traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under different levels of K fertilization. **Plant Ecophysiology, Jiroft Branch**, v.3. n.1, p.15-21, 2011.

PATTERSON, D. T. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. **Weed Science,** Champaign, v.43, n.3, p.483-490, 1995.

PEREIRA, G. M; LICHSTON, J. E. Influência do armazenamento de aquênios de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) Na sua morfofisiologia e qualidade do óleo. **XVI Seminário Regional Integrador II em Desenvolvimento e Meio Ambiente.** 2013. file:///C:/Users/windws7/Downloads/Resumo_Semin%C3%A1rio+Integrador+II_Gabrielle+Macedo+Pereira_PRODEMA+UFRN.pdf.

PEREIRA, R. S. B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (Zea mays L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 5, p. 745-751, 1991.

PERRENOUD, S. **Potassium and Plant Health**. 2ª edição. IPI Research Topics 3. Instituto Internacional do Potássio, Suíça. 1990.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, v. 1. 407p. 2008.

PRETTY, K. M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (Eds.) **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), p.177-194, 1982.

produtividade da soja submetida a quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 9, p. 1073-1080, 1989.

RAGHUNATHAM, G.; JAGDISH, C.; SATYANARAYANA, A. In Dajue, L. et al., (eds.): Proceeding of the **Second International Safflower Conference**, 9-13 Jan, Hyderabad, India, 1989.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 343p. 1991.

RAO, V. P.; REDDY, D. R.; REDDY, B. B.; RAO, L. J. Performance of safflower genotypes at varying plant densities. **Journal of Research APAU**, 18: 180-182. 1990.

RATHAMNN, R.; BENEDETTI, O.; PADULA, A. D. Análise de introdução de biodiesel na matriz energética sob perspectiva do desenvolvimento sustentável e da inovação. In: SEMINÁRIO EM ADMINISTRAÇÃO, 9., 2006, São Paulo. **Anais**... São Paulo: FEA, 2006.

REBOUÇAS, T. N. H.; LÁZARO GONÇALVES SIQUEIRA, L. G.; ODAIR LACERDA LEMOS, O. L.; GRISI, F. A. Densidade de plantio em cebola no sistema de semeadura no norte de Minas Gerais. **Revista Magistra,** Cruz das Almas-BA, v. 20, n. 1, p. 78-86, jan./mar., 2008.

ROBERTS, T. L. Right product, right time, and rigt place... the foundation of best management practices for fertilizer. In: **Fertilizer best management practices**: general principles, strategy for their adoption, and voluntary initiatives vs. regulations. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices. 7-9 March 2007. Brussels, Belgium, P.29-32. 2007.

ROBERTS, T. L. The role of fertilizer in growing the world's food. **Better Crops with Plant Food**, v. 93, n 2, p. 12-15, 2009.

ROBINSON, R. W.; WALTERS, D. S. D. **Cucurbits**. New York: CAB International, 226 p. 1997.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1033-1040, 2006.

ROSS, S. M.; KING, J. R.; IZAURRALDE, C.; O'DONOVAN, J. T. Weed suppression by seven clover species. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 820-827, 2001.

RUSSEL, E. W. Russell's Soil conditions and Plant growth, Wild, A.: **Longman Scientific & Technical**, Burnt Mill, Harlow, Essex, UK. 1988.

SALERA, E. Yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown at different plant populations and row spacing. **Agricultura Mideterranea**, 126: 354-363, 1996.

SAMANCI, B.; OZKAYNAK, E. Effect of planting date on seed yield, oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 189: 359-360, 2003.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS J. G. Low input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. **Adv. Agron**. 34, 279-406, 1981.

SARY, G. A.; EL-DEEPAH H. R. A.; KHALED, M. A. I. Effect of plant density and fertilization on yield of safflower // **Annals of Agriculture Science** (Moshtohor, Egypt). vol. 26, No. 3, p. 1381–1398, 1988.

SAUERBECK, D. R., HELAL, H. M. 1990. In: El Bassam, N. et al. (Eds.) Factors affecting the nutrient efficiency of plants. **Genetic aspects of plant mineral nutrition**, 11-17.

SCOTT, H. D., GEDDES, R. D. Plant water stress of soybean (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*): a comparison under field conditions. **Weed Science**, Champaign, v.27, n.3, p.285-289, 1979.

SCOTT, R. K.; OGUNREMI, E. A.; IVINS, J. D.; MENDHAM, N. J. The effect of fertilizers and harvest date on growth and yield of oil seed rape sown in autumn and spring. **J. Agr. Sci**. 81, 287-293, 1973.

SHAHRI, A.; GANJALI, H. R.; FANAYI, H. R. Effect of drought on quantitative and qualitative yield of safflower (Goldasht cultivar) in different planting densities. **International J. Agric. and Crop Sci**., 6(19): 1342-1346. 2013.

SHARIFMOGHADDASI, M. R.; OMIDI, A. H. Determination of optimum row-spacing and plant density in Goldasht safflower variety. Advances in Environ. **Biology,** 3(3): 233-238, 2009.

SIDDIQUI, M. H.; OAD, F. C. Nitrogen Requirement of Safflower (Carthamus tinctorius L.) for Growth and Yield Traits. **Asian Journal of Plant Sciences**, Coden, v.5, p.563-565, 2006.

SILVA, C. J. Caracterização agronômica e divergência genética de acessos de cártamo. 2013. 51p. **Tese** (Doutorado em Agronomia - Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade estadual Paulista, Botucatu, 2013.

SILVA, F. N.; MAIA, S. S. S.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Rendimento de melão amarelo em resposta à aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo. **Revista Verde**, v.5, n.2, p. 213–221, 2010.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 585-592, 1999.

SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; ARGENTA, G. **Importância do arranjo de plantas na definição da produtividade do milho.** Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS: Evangraf, p.64, 2006.

SILVA, S. M.; OLIVEIRA, L. J.; FARIA, F. P.; REIS, E. F.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, S. M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, v. 41. p. 1931-1937, 2011.

SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná – 2014.

SING, V.; NIMBKAR, N. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) In: R.J. Sing (Ed.), **Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement.** Vol. 4. Oilseed Crops. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, p. 167-194. 2007.

SINGH, R. **Response of saffower (Carthamus tinctorius L.) to nitrogen, potassium and sulphur fertilization**. 1998. 92 p. Thesis (Doctor of philosophy in agronomy. Chaudhary Charan Singh University, Meerut, 1998.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo: nutriente essencial para a vida. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.102, p.1-2, 2003.

STEER, B. T.; HARRIGAN, E. K. S. Rates of nitrogen supply during diferente developmental stages affect yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.14, p.221–231, 1986.

STEER, B. T.; HOCKING, P. J. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annus* L.): Acquisition and partitioning of dry matter and nitrogen by vegetative organs and their relationship to seed yield. Field Crops Res. 9, 237-251, 1984.

STRASIL, Z.; VORLICEK, Z. The effect of nitrogen fertilization, sowing rates and site on yields and yield components of selected varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) //**Rostlinna vyroba**. vol. 48, p. 307–311, 2002,

STRECK, N. A; BELLE, R.A; ROCHA, E.K; SCHUH, M. Estimando a taxa de aparecimento de folhas e filocrono em cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Ciência Rural** [online]. 35, n.6, 2005.

STROMBERGER, J. A.; TSAI, C. Y.; HUBER, D. M. Interactions of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. **Journal of Plant Nutrition,** New York, v.17, p.19-37, 1994.

TAHMASEBIZADEH, H.; KHODABANDEH, N.; MADANI, L.; Farahani, A. Surveying the analysis of spring safflower growth and its effect on the performance in Weathers
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed 848 p. 2008.

TEIXEIRA, C. M.; MORALES, M. E. Matéria-prima para a produção de biodiesel. 2006. Disponível em: <www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/Como.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2016.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. Tradução de Durval Dourado Neto e Manuella Nóbrega Dourado. 6 ed. São Paulo: Organização Andrei, 718 p. 2007.

ULLAH, F.; BANO. A. Effect of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of safflower (*Carthamus tictorius* L.). **Brazilian Society of Plant Physiology**, Rio Claro, v. 21, n. 1, p. 27-31, 2011.

VAGHAR, M. S.; SHAMSI, K.; KOBRAEE, S.; BEHROOZ, R. The effect of planting row interval and plant density on the phonological traits of safflower *(Carthamus tinctorius* L.) under dry land condition. **International J. Biosciences** 4(12): 202-208, 2014.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F de,; OLIVEIRA, A. C. de.; MACHADO, A. de A.; BENIN, G.; SCHEEREN, P. L.; VELCI QUEIRÓZ DE SOUZA, V. Q. de.; HARTWIG, I. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 319-326, 2008.

VELASCO, L.; FERNANDEZ-MARTINEZ, J. M. Progress in breeding modified tocoferol content and composition in safflower. **Sesame Safflower Newslett.** v.17, p.98–101. 2002.

VELASCO, L.; PÉREZ-VICH, B.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J. M. Identification and genetic characterization of a safflower mutant with a modified tocopherol profile. **Plant Breeding**, v. 124, n. 5, p. 459-463, Out. 2005.

VIANA, A. C.; SILVA, A. F. da; MEDEIROS, J. B.; CRUZ, J. C.; CORREA, L. A. Práticas culturais. In: EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Cultura do milho**. Brasília, DF, p. 87-99, 1983.

WEISS, E. A. **Oilseed Crops**. 2.ed. Oxford: Blackwell Science, 364p, 2000.

WEISS, E. A. Safflower In: WEISS, E. A**. Castor, Sesame and Safflower**. New York: Barnes & Noble, p.529–744, 1971.

WILSON, B. J. Shoot competition and root competition. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.25, n.2, p.279-296, 1988.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de reguladores de crescimento na cultura de trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZAREI, G.; SHAMSI, H.; FAZELI, F. Effect of Planting Density on Yield and Yield Components of Safflower Cultivars in Spring Planting. **International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering** Vol:5, No:12, 2011.