

CLAUDIA LUIZA MAZIERO

EMERGÊNCIA, CRESCIMENTO INICIAL E COMPONENTES DE
PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE CÁRTAMO

CASCABEL
PARANÁ – BRASIL
MARÇO – 2019

CLAUDIA LUIZA MAZIERO

**EMERGÊNCIA, CRESCIMENTO INICIAL E COMPONENTES DE
PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE CÁRTAMO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Zanão Junior

CASCADEL

PARANÁ – BRASIL

MARÇO – 2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Maziero, Claudia Luiza

Emergência, crescimento inicial e componentes de produção de cultivares de cártamo / Claudia Luiza Maziero; orientador(a), Reginaldo Ferreira Santos ; coorientador(a), Antônio Zanão Junior, 2019.
47 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, 2019.

1. Culturas Energéticas. 2. Cártamo. 3. Oleaginosas. I. Santos , Reginaldo Ferreira . II. Zanão Junior, Antônio. III. Título.

CLAUDIA LUIZA MAZIERO

Emergência, crescimento inicial e componentes de produção de cultivares de
cártamo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do
título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração
Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO(A)
pela seguinte banca examinadora:

Reginaldo Ferreira Santos

Orientador(a) - Reginaldo Ferreira Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Douglas Bassegio

Douglas Bassegio

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Jeferson Klein

Jeferson Klein

Universidade Anhanguera (UNIDERP)

Cascavel, 20 de março de 2019

“Gratidão é quando você passa a agradecer por tudo que já recebeu, mesmo sem merecer. É o momento em que você percebe que Deus está ali, sempre te fazendo feliz!”

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus, por estar comigo sempre, me cuidando em toda a minha caminhada. Pelas oportunidades destinadas, por me demonstrar que o medo não pode ser um fator determinante em suas escolhas e em todos os momentos de aflição ter acalmado minha alma.

A toda minha família, principalmente aos meus pais que, mesmo com as dificuldades, nunca mediram esforços para que eu estivesse em uma universidade e me dedicasse inteiramente aos estudos, por todo o apoio e compreensão.

Ao meu Professor Orientador, Doutor Reginaldo Ferreira Santos, por toda orientação, dedicação e confiança depositada em mim.

Ao Professor Dr. Douglas Bassegio, por todo apoio recebido.

Aos meus amigos que confiaram em mim, me ajudaram e me apoiaram. Sem eles, nada seria possível: Luzia Aparecida Bispo Leite, Cristiano Lewandoski, Paulo, Laís Juchem, Michel Maziero, Jandreis Maziero, Anny Moraes, Carlos Casarotto e os demais que fizeram parte de toda a caminhada.

À professora Luciene Tokura e professor Jair Siqueira que compartilharam comigo seus conhecimentos.

Aos professores do Programa de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura, que agregaram conhecimento nesta trajetória.

Ao Sr. Dário, que esteve sempre disposto para me ajudar nos experimentos.

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

À Fundetec pelo grande apoio financeiro e a utilização da área experimental.

Ao CDTER, por toda ajuda no experimento.

E a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a elaboração, condução, conclusão e êxito deste trabalho.

Muito obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação e temperatura máxima e mínima durante o cultivo de cártamo em Cascavel, PR, Brasil, no ano de 2017.....	13
Figura 2. Plantio em 12 maio 2017.....	15
Figura 3. Limpeza da área experimental.	15
Figura 4. Coleta de dados aos 15 e 30 DAE.	17
Figura 5. Estádio de Florescimento.	17
Figura 6. Estádio de maturação e coleta das amostras.....	18
Figura 7. Amostragem das sementes de cártamo.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de germinação (VME) de cultivares de cártamo aos 15 DAE.....	20
Tabela 2. Altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca de planta (MFP) e massa seca de planta (MSP) de cultivares de cártamo aos 30 DAE.	21
Tabela 3. Altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de ramos (NR) e número de capítulos (NC) de cultivares de cártamo no florescimento.	22
Tabela 4. Número de folhas (NF), massa fresca de planta (MFP), massa seca de planta (MSP), massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) de cultivares de cártamo no florescimento.	23
Tabela 5. Plantas por metros (PM), capítulos por planta (CP), massa de 100 grãos (MG), Produtividade (P), Óleo (O) e Proteína (PR).	24

RESUMO

MAZIERO, Claudia Luiza. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março de 2019. **Crescimento inicial e desempenho agrônômico de cultivares norte-americanas de cártamo.** Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos.

Os cultivares de cártamo podem ser opções de cultivo, devido à limitada melhoria em cultivares comercialmente cultivadas e registradas no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial e o desempenho agrônômico de cultivares norte-americanas de cártamo no Brasil. O experimento foi realizado no CDTER – Centro de Desenvolvimento e Difusão Tecnológico em Energias Renováveis, na Fundetec em Cascavel-PR, em um Latossolo Vermelho Distrófico, em blocos ao acaso, com seis cultivares (C1, C2, C3, C4, C5, C6) e seis repetições. Aos 15 DAE (dias após a emergência) determinou-se a porcentagem de emergência, o índice de velocidade de emergência, o tempo médio de germinação e a velocidade média de emergência. Aos 30 DAE, a altura das plantas e o diâmetro do caule, o número de folhas por planta, bem como a massa fresca e seca da planta. No florescimento, foi determinada a altura da planta, diâmetro do caule, número de ramos e número de capítulos. Na colheita, foram determinadas a população final de plantas, rendimento de grãos e massa de capítulos, peso de 100 grãos, teor de óleo e proteína. A cultivar C1 se destacou em relação ao crescimento inicial, com maior emergência e índice de velocidade de emergência. Aos 30 dias após a emergência, as cultivares não diferiram em relação ao acúmulo de massa seca e número de folhas. No florescimento, as cultivares C6 e C3 apresentaram maior acúmulo de massa seca de planta e raiz, além de maior número folhas, ramos e capítulos. As cultivares C5 e C4 apresentaram maior produtividade de grãos, enquanto as cultivares C2 e C6 maior teor de óleo e a cultivar C1 maior teor de proteína.

PALAVRAS-CHAVE: *Carthamus tinctorius* L.; oleaginosa; inverno.

ABSTRACT

MAZIERO, Claudia Luiza. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, march 2019. **Initial growth and agronomic performance of some important North American safflower cultivars.** Advisor: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos.

Safflower cultivars may be cultivation options because of the limited improvement in cultivars commercially grown and registered in Brazil. The objective of this work was to evaluate the initial growth and agronomic performance of North American safflower cultivars in Brazil. The experiment was carried out at the CDTER - Center for Technological Development and Dissemination in Renewable Energies, at Fundetec in Cascavel-PR, in a randomly distributed Oxisol with six (C1, C2, C3, C4, C5, C6) and six replicates. At 15 DAE (days after emergence), the emergency percentage, the emergency speed index, the mean germination time and the mean emergency speed were determined. At 30 DAE, the height of the plants and the diameter of the stem, the number of leaves per plant, as well as the fresh and dry mass of the plant. At flowering, plant height, stem diameter, number of branches and number of chapters were determined. At harvest, the final population of plants, grain yield and mass of chapters, weight of 100 grains, oil content and protein were determined. The cultivar C1 stood out in relation to the initial growth, with greater emergence and rate of emergency speed. At 30 days after emergence the cultivars did not differ in relation to the accumulation of dry mass and number of leaves. During flowering, the cultivars C6 and C3 presented greater accumulation of dry mass of plant and root, besides a greater number of leaves, branches and chapters. Cultivars C5 and C4 presented higher grain yield, while cultivars C2 and C6 had higher oil content and cultivar C1 had higher protein content.

KEYWORDS: *Carthamus tinctorius L.*; oilseed; winter.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Culturas energéticas	3
2.2. Descrição da Família Asteraceae	4
2.3. Características e histórico da cultura do cártamo	5
2.4. Alternativa no sistema de produção outono-inverno para rotação de culturas.....	6
2.5. Cultivares de Cártamo	7
2.6. Melhoramento Genético do Cártamo	9
2.7. Produção de cártamo no Brasil e a busca por maiores índices de produtividade	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Caracterização da área experimental.....	13
3.2. Instalação e condução do experimento	14
3.3. Parâmetros avaliados	15
3.4. Estatística aplicada	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
5. CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma oleaginosa anual da família das Asteraceae, que pode ser alternativa em sistemas de produção em outono-inverno para rotação de culturas por possuir certa tolerância a seca (SANTOS et al., 2017) e compactação do solo (SARTO et al., 2018). A cultura possui potencial produtivo, fácil adaptabilidade e boa desenvoltura em solos argilosos e arenosos (SANTOS et al., 2015). Assim, o cártamo aparece como uma opção de planta energética por ser uma espécie com alto teor de óleo (DORDAS; SIOULAS, 2008).

A espécie possui alto potencial de cultivo, mesmo sob condições ambientais adversas (DANTAS et al., 2011). No entanto, a área plantada de cártamo é limitada em grande parte do mundo em razão da falta de informações sobre seu manejo. O ciclo de cultivo desta em seu centro de origem pode chegar a 240 dias, o que pode limitar seu uso em regiões agrícolas tropicais, por conta da produção das culturas tradicionais. Seu cultivo precisa ser testado para que sua adaptação, rendimento de sementes e qualidade do óleo sejam conhecidos.

O cártamo possui baixa expressão econômica no país, o que pode estar relacionado à ausência de conhecimentos técnicos com relação ao seu manejo e à falta de cultivares (GALANT; SANTOS; SILVA, 2015). Atualmente, a cultura tem atraído a atenção de pesquisadores e indústrias por se tratar de uma oleaginosa com características especiais, promissoras na quantidade e qualidade do seu óleo (SILVEIRA et al., 2017).

Apesar dessa planta já ter sido estudada no Sul do Brasil, há mais de uma década, especialmente para produção de flores ornamentais (BELLÉ et al., 2012), existem poucas cultivares de cártamo registradas no Sistema Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC.

No sistema de produção atual do Sul, a principal cultura de verão é a soja, visto que entre os meses de janeiro e abril inicia-se a segunda safra ou safra de inverno, denominada “safrinha”. Além de o cártamo ser uma alternativa para a safra de inverno, a tolerância da espécie para geadas posiciona o cártamo para safra de inverno tardia, entre os meses de março a abril, quando o risco com geadas dificulta o cultivo de milho.

Em cultivo de inverno, já foram observadas produtividades superiores a 2000 kg ha⁻¹ para cultivares nacionais de cártamo (IAPAR e IMAmt) na região Sudeste do Brasil (SANTOS et al., 2017; SANTOS et al., 2018) e Sul (SAMPAIO et al., 2016; SAMPAIO et al., 2017; ZANÃO JÚNIOR et al., 2017). O Brasil apresenta condições climáticas promissoras para o cultivo do cártamo no inverno, no entanto há necessidade de seleção de cultivares para aumentar a produtividade da espécie no Brasil.

O baixo potencial de rendimento de grãos e teor de óleo está relacionado às condições ambientais e à cultivar estudada (ÇAMAS et al., 2007, OMID et al., 2012). Ghamarnia e Sepehri (2010) observaram diferenças significativas entre as cultivares quanto ao número de capítulos florais por planta, número de sementes por capítulo e peso de 1000 sementes. Em estudos para avaliar a variação genética e ambiental para produção de sementes e teor de óleo, Omid et al. (2012) descobriram que o sucesso da introdução e desenvolvimento de cártamo em um determinado país ou região depende em grande parte do rendimento de sementes e do conteúdo de óleo.

As cultivares comerciais de cártamo não foram cultivadas em condições tropicais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a emergência, crescimento inicial e componentes de produção de cultivares norte-americanas de cártamo no Brasil na safra de inverno.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Culturas energéticas

É evidente que o crescimento da população mundial aponte para a necessidade de que se tenham práticas agrícolas que correspondam de forma significativa às necessidades que tangem a quantidade e a qualidade produtiva. As preocupações com as questões ambientais também vêm sendo amplamente discutidas e apontam para a inserção de práticas que corroborem com a manutenção dos recursos naturais, ou seja, que por meio da metodologia empregada se tenha a mitigação dos efeitos oriundos na ação antrópica, e, ao mesmo tempo, sem deixar de satisfazer os anseios postos sobre a prática agrícola (AMBROSANO, 2012).

O petróleo, gás natural e o carvão mineral são as principais fontes de energia utilizadas mundialmente, são fontes não renováveis, demoram muito tempo para se regenerar e a sua forma de extração dependem de reservas minerais que estão em esgotamento. O estudo para novas reservas e a extração de petróleo em lugares mais complexos, como nos mares, exigem tecnologias avançadas, difíceis e com custo muito alto (CÁRDENAS, 2011).

A perspectiva do uso de combustíveis alternativos recebe incremento pelo fato de que há uma “instabilidade” no que se refere ao petróleo, tanto na questão relacionada ao preço do mesmo, bem como a possibilidade da exaustão das reservas de combustíveis fósseis (RECH, 2012).

As culturas energéticas oleaginosas destacam-se como fontes alternativas tanto para a questão energética e para a produção de biodiesel, que são elas: soja, girassol, colza, amendoim, pinhão manso, dendê, algodão e outros grãos que podem ser produzidos conforme a adaptação agrícola das cultivares com o clima, solo de cada país. O Brasil, que é amplo, apresenta diversidade em suas regiões como clima, solo e aptidão agrícola, que beneficia o cultivo de diversificadas oleaginosas (FERRI, 2016).

A matéria-prima mais utilizada para a produção de biodiesel no Brasil é o óleo de soja, que é o mais produzido, entretanto os apoios governamentais têm incentivado a utilização de outras matérias-primas como: mamona, palma, milho etc., cada qual produzida com a adaptação de sua região e clima do país (RAMOS et al., 2017).

Neste viés, tem-se explicitamente necessária a discussão da busca pelas “alternativas sustentáveis” também em relação à questão energética. Sobre isso, Galant et al. (2014) apontaram para o uso dos óleos vegetais como forma de suprir as necessidades do mercado brasileiro, fato que vem sendo praticado por meio da inserção do biodiesel no diesel e que fomenta ainda mais as questões pelos avanços tanto na pesquisa, quanto no cultivo de oleaginosas ricas em óleo como é o caso do cártamo *Carthamus tinctorius* L.

2.2. Descrição da Família Asteraceae

O *Carthamus tinctorius* L., conhecido popularmente como cártamo, pertence à família Asteraceae. Essa está entre as maiores famílias de plantas e abrange cerca de 1600 gêneros e 23000 espécies (ANDENBERG et al., 2007). No Brasil, a família é representada por, aproximadamente, 250 gêneros e 2000 espécies, distribuídas em diferentes formações vegetacionais, em todo o território nacional (SOUZA; LORENZI, 2008).

As Asteraceae são consideradas como a família de maior importância entre as fanerógamas, representando 10% do total da flora de angiospermas (WILSON, 1986), apresentam distribuição mundial, encontrando-se disseminadas por todos os continentes, com exceção da Antártica, contudo com representação mais ampla nas regiões temperadas e semiáridas dos trópicos e subtropicais.

De acordo com Judd et al. (2009), seus representantes são perenes ou anuais, em alguns casos são lactescentes. A morfologia da família é caracterizada em: folhas alternas, sendo em ocasiões opostas, simples, sem estípulas, com margens inteiras, denteadas, fendidas.

As Inflorescências são organizadas em capítulos, sendo essa uma característica marcante da família formada, na maioria da vezes, por pequenas flores distribuídas em

um receptáculo comum, plano, côncavo, cercado por brácteas distribuídas em séries; flores dispostas em raios (externos), geralmente estéreis e flores do disco (interno) bissexuadas ou raramente unissexuadas, comumente actinomorfas, diclamídeas ou sem cálice; corola comumente pentâmera, gamopétala, prefloração geralmente valvar; estames em número de cinco, epipétalos, anteras rimosas, sinânteras; ovário ínfero, bicarpelar, com um só lóculo, uniovulado, placentação ereta. Frutos do tipo cipssela (JUDD et al., 2009).

Alguns trabalhos como o de Baker (1873, 1876, 1882, 1884) caracterizaram-se como os primeiros grandes estudos das Asteraceae em território brasileiro. Assim, embora ainda muito consultados, outros trabalhos fazem com que a família apresente grande importância, quanto pelo surgimento de novas espécies ou pela busca de novos estudos no desenvolvimento das espécies dessa família.

2.3. Características e histórico da cultura do cártamo

A planta da família Asteraceae denominada de cártamo é reconhecida por apresentar alta produtividade de óleo podendo este ser utilizado tanto para o consumo humano, quanto na produção de biocombustíveis (MIRASSÓN et al., 2011; MAGALHÃES, 2017).

O cultivo da espécie deu-se inicialmente no Egito há mais de quatro mil anos e hoje está presente em quase todos os continentes e vem despertando cada vez mais interesses comerciais (PALUDO, 2005).

O cártamo é uma planta anual, caule ereto, ramificado (primários, secundários e terciários com altura que varia entre 0,3 m e 1,50m (DAJUE; MÜNDEL, 1996). Sistema radicular pivotante, apresentando raiz principal que se alonga até 3m de profundidade, o que facilita a extração de água e nutrientes de camadas mais profundas do solo, que a ajudam a suportar elevados períodos de estresse hídrico (OMIDI et al., 2012).

O formato da semente de cártamo é irregular com base redonda, seu ápice é achatado com 6,8mm de comprimento, 4,2mm de altura e 3,3mm de espessura aproximadamente, bem como tem característica eurispérmica. A cor da semente é branca amarelada e, quando está seca e hidratada, apresenta cor cinza (ABUD et al., 2010).

A planta tem várias ramificações que são classificadas como primárias, secundárias e terciárias surgindo sua inflorescência que são os capítulos, que sofrem alterações pelo tipo de ambiente, pelo, manejo e genótipo (BELLÉ et al., 2012). Os capítulos apresentam variação de trinta ou mais sementes quando o estado de maturação é entre 30 a 35 dias depois do florescimento (MÜNDEL et al., 2004).

O cártamo tem um ciclo de cerca de 140 dias. De acordo com Brito et al. (2014), “tem ganhado destaque na agricultura mundial em função do seu elevado teor de óleo no grão, que varia de 30 a 45%, o que a torna como uma importante fonte alternativa de matéria-prima para o biodiesel”.

O balanço apresentado por Montoya e Coronado (2013) apontou que, no momento, os maiores produtores mundiais de cártamo são, respectivamente, a Índia, os Estados Unidos, o México, a China e a Etiópia. Com isso, os maiores rendimentos são atingidos nos Estados Unidos que, por exemplo, no período de 2002–2008 atingiu o rendimento médio de 1470 kg ha⁻¹, enquanto o México atingiu 1185 kg ha⁻¹, ou ainda, a Etiópia que atingiu o montante de 718 kg ha⁻¹.

2.4 Alternativa no sistema de produção outono-inverno para rotação de culturas

Tem-se a importância da prática integrativa dos sistemas produtivos como forma de se garantir a manutenção da biodiversidade. Pode-se ter, por exemplo, no verão uma cultura voltada à produção de silagem e no inverno uma voltada para a produção de grãos que pode vir a ser beneficiada com a manutenção da presença dos restos do plantio realizado anteriormente, o que é uma ação sustentável. O cártamo pode vir a compor o quadro de plantio dentro do sistema exposto, o que pode vir a corresponder tanto às necessidades pertinentes à silagem, quanto a questão da produção de óleo – produto que pode representar em lucro ao produtor (ARANTES, 2012).

Além do mais, dada a necessidade de se aproveitar o solo de forma sustentável, é oportuno destacar que a prática do cultivo do cártamo apresenta o diferencial de poder ser realizada em período distinto em relação aos principais cultivos que são destinados à produção de alimentos (ARANTES, 2012).

Corroborando com o anteriormente exposto, Rech (2012) evidenciou que, no Brasil, são destacadas principalmente as produções voltadas em especial para o período de primavera / verão como exemplo a soja, o algodão, o girassol – isso em relação aos cultivos destinados à produção de biocombustíveis. No entanto, quando se refere ao período outono/inverno, percebe-se uma lacuna de cultivo que poderia ser amplamente útil no combate das diversas pragas e doenças. Nesse ínterim, tem-se mais uma vez evidenciada a importância do cultivo do cártamo a fim de suprir a carência de produtos cultiváveis no período.

Bortolheiro (2015) apresentou também, ao discutir a questão do cultivo do cártamo no período da safrinha, concordância ao afirmar que o mesmo é bastante propício para o cultivo de forma sistematizada com outros cultivos. No entanto, o autor também ressaltou ainda que é bastante contundente que se conheça as características fitotécnicas da espécie a fim de que se obtenha maior produtividade.

Outro ponto positivo em relação ao cultivo e rotação de culturas se dá em razão de apresentarem características que facilitam o uso dos mesmos equipamentos que são utilizados para o cultivo de milho ou soja, fato que pode refletir na questão econômica de forma significativa (OLIVO, 2017).

2.5. Cultivares de Cártamo

Cártamo é uma oleaginosa não convencional, já cultivada há mais de dois mil anos, sendo que a principal finalidade de sua matéria-prima é a produção de óleo na alimentação humana e animal. O óleo dentro da indústria possui várias finalidades, tais como: a produção de biodiesel, fabricação de tintas, vernizes e cosméticos. Por ser uma planta que suporta longo período de seca, o cártamo é considerado uma planta promissora. Podendo ser cultivado em regiões áridas como parte do Nordeste brasileiro

e regiões que passam por longo período de seca como é o caso do Sudeste brasileiro ou por veranicos fortes (estiagem) (CORONADO, 2010).

A difusão e estabelecimento dessa cultura pelo mundo acontecem principalmente por meio dos centros de pesquisas e seus bancos de germoplasma, presentes em vários países como a Índia, EUA, Japão, entre outros. A alta distribuição desses centros fez com que o cártamo chegasse aos mais diversos países, como é o caso do Brasil, sendo uma cultura introduzida pelo Instituto Mato-grossense de Algodão (FAO, 2011).

De acordo com FAO (2011), a produção de cártamo na esfera mundial para o ciclo agrícola de 2008/2009 foi de 650 milhões de toneladas. O número de países que cultivam o cártamo passa de 60. Com relação à área de produção, os seis maiores produtores de cártamo, em 2016, foram os países da Rússia com 286,35 toneladas, Cazaquistão com 167,24 toneladas, o México com 121,76 toneladas, Estados Unidos, com 99,83 toneladas, Turquia com 58,00 toneladas e a Índia com 53,00 toneladas (FAOSTAT, 2018).

Já com relação ao fator energético da planta, os grãos de cártamo apresentam teores de óleo podendo chegar a 45%, evidenciando também altos teores de ácidos linoléicos e oléicos. O óleo produzido é considerado de ótima qualidade tanto para o consumo humano quanto para a indústria. Uma das principais finalidades do óleo de cártamo é a produção de fontes azeite comestível sendo muito apreciada pelos consumidores ao redor do mundo em razão da excelente qualidade de seu azeite, possuindo como característica a dificuldade de oxidação e fontes saudáveis na saúde humana, pois não causa problemas de colesterol no sangue (BERGLUND et al., 1998; MÜNDEL et al., 2004). Conforme Garcia (1998), as cultivares possuem outras grandes finalidades como: elaboração de ração balanceada para o gado, ocorrendo em razão do aceitável conteúdo da proteína do resíduo de cártamo convertendo-a em importante subproduto para elaboração das rações.

A adaptabilidade às diversas condições e a qualidade do óleo de cártamo têm impulsionado grande destaque entre as culturas (SOUZA et al., 2010). Com relação à quantidade de óleo, pode-se afirmar que apresenta variação conforme alguns fatores genéticos de cada cultivar e as condições edafoclimáticas locais, visto que em alguns

estudos como os de Beraldo et al. (2009) encontraram cerca de 22% de óleo, outros trabalhos Guerra e Fuchs (2009) e Nosheen et al. (2011) obtiveram valores de 35 e 45%, respectivamente.

2.6 Melhoramento Genético do Cártamo

Os teores e composição do óleo são aspectos importantes que servem para classificar as diferentes cultivares comerciais de cártamo. Sendo assim, o grupo oleico representa aqueles que na constituição do referido ácido graxo apresentem de 70 a 75%, e o grupo linoleico reúne aqueles que em sua constituição possuem mais de 70% de ácido linoleico. Trabalhos como o de Gracia et al. (2010) realizaram uma relação de cultivares dos dois grupos e descreveram as suas principais características morfológicas e agronômicas.

Para Ekin (2005), o principal objetivo do melhoramento de cártamo é o aumento da produtividade. Entretanto, o aparecimento de novas concepções de mercado fez com que os pesquisadores se adaptassem para atender as novas exigências, quando os objetivos têm foco em resistência às pragas, doenças e cultivares com altos teores de óleo.

Segundo Ekin (2005), o cártamo é uma espécie diplóide com um número de cromossomos de $2n = 24$. O modo de reprodução do cártamo é autógama, apresentando uma taxa superior de aproximadamente 90% de autofecundação, ainda que existam acessos que indicam uma taxa de até 50% de autofecundação, no tocante à fecundação cruzada ocorre por polinização entomófila, visto que as abelhas são os principais agentes polinizadores. No entanto, apesar do cártamo apresentar uma taxa considerável de cruzamentos (alogamia), no melhoramento da cultura os métodos empregados são aqueles para plantas autógamas (DAJUE; MÜNDEL, 1996).

A viabilidade genética dentro das populações submetidas à seleção serve como indicador de sucesso em programas de melhoramento por não ter ganho de seleção em linhas puras. Dessa maneira, existem diversas formas de se introduzir variabilidade genética em uma população, tais como, por meio da indução de mutação, transformação genética e a hibridação. Esta última é a forma mais usual de introdução

à variabilidade dentro de um programa de melhoramento, pois é possível obter novas combinações gênicas diferentes das combinações parentais (BORÉM; MIRANDA, 2005; CARVALHO et al., 2008; PINTO, 2009).

Escolher cultivares comerciais resistentes às doenças é empregado como o método mais econômico e eficaz para o controle de males na cultura, sendo importante e necessário para a realização do seu melhoramento. Uma dificuldade perante a cultura do cártamo é a falta de conhecimentos dos mecanismos genéticos de resistência às doenças para a espécie. Constatou-se alguns relatos na literatura apenas quanto à herança genética de algumas doenças e suas respectivas fontes de resistência que são encontradas em acessos selvagens. Coronado (2010) em seu trabalho faz uma análise importante das principais cultivares comerciais de cártamo melhoradas com as suas respectivas características morfoagronômicas, relacionando-as por meio da resistência às doenças e pragas com os seus respectivos agentes causais.

2.7 Produção de cártamo no Brasil e a busca por maiores índices de produtividade

Anicésio (2014) elucidou que o cultivo do cártamo no Brasil, com o intuito de se produzir o biodiesel, é bastante promissor. No entanto, a carência de informações básicas sobre o cultivo, bem como o não entendimento das necessidades nutricionais da planta acabam por se tornar um empecilho à expansão da cultura do cártamo que requer ainda um maior número de estudos – embora nos últimos anos estes já estejam sendo realizados em proporção maior.

Em concordância com o anteriormente exposto, assevera-se ainda que, no Brasil, existe certa carência tanto da pesquisa de melhoramento genético, quanto da pesquisa referente à fisiologia e ecofisiologia, ou seja, estudos que demonstrem com mais detalhes e evidências científicas qual o comportamento da espécie dada as diferentes condições apresentadas em cada região (BORTOLHEIRO, 2015). No entanto, não se tem uma escassez total no campo de estudos, pois, conforme é demonstrado a seguir, pesquisadores já vêm realizando, ainda que em número

reduzido, estudos que buscam sanar os diversos questionamentos sobre o cultivo do cártamo em um país de dimensões continentais como o Brasil.

Magalhães (2017) apontou para a proeminência do cultivo em áreas áridas ou semiáridas brasileiras, porque a espécie tem um potencial produtivo ainda que em áreas que apresentem características de baixa disponibilidade hídrica e solos considerados pobres.

Além do mais, o cultivo do cártamo pode representar o fortalecimento da agricultura familiar em regiões como o nordeste brasileiro, caso se tenha a implantação de programas de suporte ao produtor, fato este que vem corroborar com questões sociais que também estão contemplados no ideário da sustentabilidade (SOUSA, 2015).

Outra área apontada na literatura como proeminente para o cultivo se refere ao cerrado brasileiro, pois apresenta, geralmente, solos com profundidade considerável e com boa drenagem. Assim sendo, o cártamo pode ser uma boa alternativa. Ademais, devido aos baixos índices de pluviosidade da região morfoclimática no período de inverno, o cultivo pode vir a suprir a carência quanto às espécies que possam se adequar às especificidades (ANICÉSIO, 2014; OLIVO, 2017).

No entanto, ainda em relação cultivo do cártamo no cerrado, tem-se a preocupação no que tange à densidade dos solos / compactação que afetam de forma significativa o desenvolvimento da planta, o que evidencia a necessidade de que se escolha apenas alguns genótipos caso o plantio ocorra na região em questão, especialmente nas áreas de Latossolo Vermelho (PALUDO, 2015).

Vale salientar também que não são apenas as características dos solos ou as questões climáticas que influenciam no desenvolvimento da planta, e, por consequência, no índice de produtividade. Tem-se também que nem sempre se encontram sementes de cártamo com uma boa qualidade, o que obriga os produtores a comprarem as que apresentam qualidade inferior ou que foram armazenadas por longos períodos, o que pode acometer de forma negativa a qualidade como um todo. A fim de verificar a qualidade dessas sementes, tem-se o teste de envelhecimento acelerado, ou seja, por meio da inserção em condições térmicas de 41 °C em um

período que varia entre 24 a 48 horas pode-se verificar a qualidade fisiológica da semente do cártamo (GIRARDI et al., 2013).

No tocante à qualidade das sementes de cártamo altamente necessária, pode-se utilizar a mesa de gravidade para que se influencie positivamente na qualidade física e fisiológica que possuem, de acordo com tal procedimento (beneficiamento em mesa de gravidade), segundo Macedo (2018). Vale lembrar que a taxa de germinação das sementes está intimamente ligada à qualidade sanitária (VALERIANO, 2016).

Quanto à adubação, trabalhos como o de Paludo et al. (2015), Galant (2016) e Magalhães (2017) apontam para a necessidade da realização da adubação nitrogenada, o que proporciona alterações positivas no desenvolvimento da planta e, por consequência, em sua produtividade. Além da anteriormente citada, tem-se a inserção potássica como uma alternativa bastante necessária (MAGALHÃES, 2017).

Dadas as condições edáficas, a prática da calagem para que se possa cultivar o cártamo tem sido bastante oportuna, pois o Brasil apresenta de forma predominante a ocorrência de solos ácidos, o que pode afetar a taxa de produtividade caso não se empregue a técnica mencionada (BRITO et al., 2014).

Outro ponto também que merece atenção no campo de pesquisa, refere-se ao combate de doenças e o uso de agrotóxicos no cultivo em questão, pois em nosso país ainda são solicitadas análises aprofundadas, como apontou Rech (2012).

Por fim, reforça-se a importância do cultivo do cártamo como uma forma de contemplar o viés social, ambiental e econômico da sustentabilidade, mas assevera-se mais uma vez que se tenha cada vez mais estudos a fim de que o país possa contar com maior produtividade, bem como possa ter alteração na matriz energética dada a inserção de uso do biocombustível aqui discutido.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no CDTER – Centro de Desenvolvimento e Difusão Tecnológico em Energias Renováveis, na área experimental da Fundetec (Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Município de Cascavel), Paraná, Brasil (latitude 25°00'24"S, longitude 53°17'09"W e altitude de 802 m). O clima é considerado Cfa (clima subtropical), com precipitação média anual superior a 1800 mm, sem estação seca definida, com possibilidade de geadas durante o inverno. As informações meteorológicas durante a condução do experimento estão apresentadas na Figura 1.

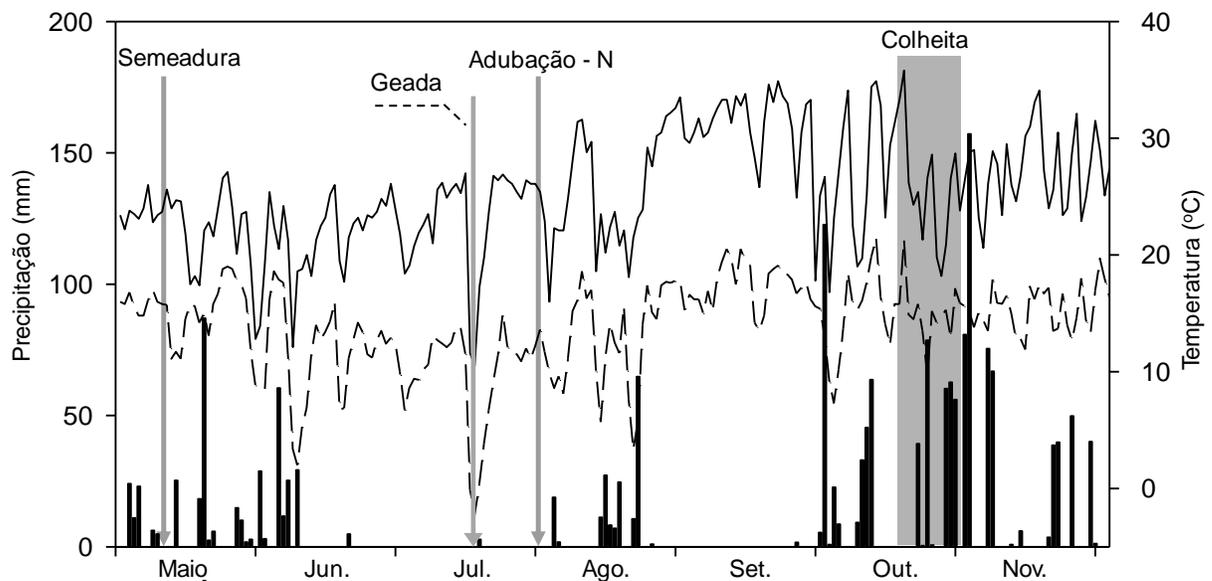


Figura 1. Precipitação e temperatura máxima e mínima durante o cultivo de cartamo em Cascavel, PR, Brasil, no ano de 2017.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SILVA et al., 2013). A análise química revelou pH 4,47 em CaCl_2 ($0,01 \text{ mol L}^{-1}$); 50 g dm^{-3} de matéria orgânica; 28 mg dm^{-3} P (Mehlich 1); $0,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ ; $41 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} ; $15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{2+} ; $148 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de capacidade de troca de cations (CTC) e 40% de saturação por bases (V%).

3.2. Instalação e condução do experimento

O experimento foi implantado no dia 12 de maio de 2017 no sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. Cada parcela foi constituída por sete linhas de 6 m, com espaçamento entre as linhas de 0,45m. Os tratamentos foram compostos por seis cultivares norte-americanas de cártamo (C1, C2, C3, C4, C5, C6).

Para a implantação do experimento, foi realizada a limpeza da área com $950 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de glifosato. A semeadura foi mecânica, com utilização de uma semeadora adubadora, regulada para 32 sementes por metro. A adubação no dia do plantio foi de 130 kg ha^{-1} do formulado 8–20–20. Foi aplicado no dia 08 de maio herbicida pré-emergente Metolacoloro na dosagem de $960 \text{ g i.a. ha}^{-1}$. O controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado periodicamente de forma manual. Em 1º de agosto de 2017, foi realizada adubação nitrogenada de cobertura com 170 kg ha^{-1} com ureia encapsulada (45% N). Não foram utilizados sistemas de irrigação em nenhuma etapa do experimento, pois certamente essa será a condição que a cultura será submetida quando for cultivada em escala comercial. A colheita das cultivares de cártamo foi realizada de forma manual.



Figura 2. Plantio em 12 maio 2017.



Figura 3. Limpeza da área experimental.

3.3. Parâmetros avaliados

Para avaliação do crescimento inicial, foram coletados os dados até o 15 DAE (dias após a emergência), para posteriormente determinar a porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de germinação e velocidade média de emergência (Figura 4). A porcentagem de emergência, tempo média de emergência e velocidade média de emergência foram calculados conforme Labouriau e Valadares (1976). O índice de velocidade de emergência foi determinado pelo somatório do número de plântulas normais emergidas diariamente e dividido pelo

número de dias decorridos entre a sementeira e a emergência, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

- **Porcentagem de emergência (E):** expressa em percentagem (%).

$$E = \frac{\text{n}^\circ \text{ de sementes emergidas}}{\text{total de sementes}} \times 100$$

- **Índice de velocidade de emergência (IVE):** o qual foi proposto por Maguire (1962), expressa em sementes/dia.

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Em que:

$E_1, E_2 \dots E_n$: número de plântulas normais contabilizadas, na primeira, segunda e última contagem.

$N_1, N_2 \dots N_n$: número de dias da sementeira, na primeira, segunda e última.

- **Tempo médio de emergência (TME):** de acordo com Laboriau e Valadares (1976), expressa em dias.

$$TME = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$$

Em que:

n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

t_i = tempo decorrido entre o início da germinação e a i-ésima contagem.

- **Velocidade média de emergência (VME):** expressa em dias⁻¹.

$$VME = \frac{1}{t}$$

Em que:

t = tempo médio de emergência.



Figura 4. Coleta de dados aos 15 e 30 DAE.

Aos 30 DAE foram determinados a altura de planta, diâmetro de caule – determinado com paquímetro, número de folhas por planta e massa fresca e seca de planta a partir seis plantas por parcela. Para determinação da massa seca, as plântulas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas.

No florescimento, em 30 de setembro a 3 de outubro de 2017, as cultivares foram avaliadas em relação à altura de planta, diâmetro de caule, número de ramos e número de capítulos a partir de seis plantas por parcela obtido por meio da contagem do número de ramos e capítulos e calculada a sua média (Figura 5).



Figura 5. Estádio de Florescimento.

Por ocasião da colheita, entre 23 de outubro e 1º de novembro de 2017, foram avaliados a população final de plantas, produtividade de grãos, massa de capítulos – a partir da contagem dos capítulos de seis plantas, massa de 100 grãos, massa de sementes por planta – a partir de seis amostras, teor de óleo – pelo método soxhlet (IAL, 1985) e proteína – pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) (Figura 5 e 6).



Figura 6. Estádio de maturação e coleta das amostras.



Figura 7. Amostragem das sementes de cártamo.

3.4. Estatística aplicada

Os resultados foram submetidos à análise de variância em delineamento inteiramente ao acaso. As médias foram agrupadas pelo teste de agrupamento proposto por Scott e Knott a 5% ($p \leq 0,05$) de probabilidade pelo software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cultivar C1 se destacou a respeito da emergência e índice de velocidade de emergência. A velocidade média de germinação da cultivar C3 foi de 0,33 dias, no entanto obteve baixa porcentagem de emergência (35,5%) (Tabela 1). Maziero et al. (2018) também observaram variação do surgimento de genótipos nacionais de cártamo. A cultivar C1 recebeu tratamento de sementes e as demais foram semeadas sem tratamento, o que pode ter influenciado nos resultados de emergência obtidos pelo genótipo C1.

Tabela 1. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de germinação (VME) de cultivares de cártamo aos 15 DAE.

Cultivar	Emergência (%)	IVE	TME	VME
C1	79,8 a	2,91 a	7,13 a	0,14 d
C2	50,0 b	1,99 b	4,22 c	0,25 b
C3	35,5 c	1,30 c	3,19 c	0,33 a
C4	39,5 c	1,32 c	3,94 c	0,26 b
C5	58,3 b	2,35 b	4,81 b	0,22 c
C6	57,0 b	2,18 b	4,97 b	0,20 d
CV (%)	14,1	13,8	16,6	20,8

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

As cultivares C1 e C6 apresentaram maior altura de planta aos 30 DAE, com 12 e 13,3 cm, respectivamente. As demais cultivares C2, C3, C4, C5 estão agrupadas com altura semelhante, entre 10,5 a 11,1 cm (Tabela 2). Santos et al. (2015) observaram altura superior aos 30 DAE para cultivares do IMAmt em cultivo de sequeiro no Sudoeste, com altura de 13,5 a 16,5 cm. O maior crescimento inicial das cultivares do IMAmt pode ocorrer em razão da maior adaptação das cultivares no Brasil, além das características de solo e clima. No período inicial, foi observado alto volume de precipitação, o que fez com que o crescimento fosse prejudicado.

Tabela 2. Altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca de planta (MFP) e massa seca de planta (MSP) de cultivares de cártamo aos 30 DAE.

Cultivar	AP (cm)	DC (mm)	NF	MFP (g)	MSP (g)
C1	10,8 b	2,13 b	5,67	0,70	0,07
C2	11,1 b	2,16 b	5,83	0,66	0,07
C3	10,5 b	2,39 a	5,67	0,62	0,06
C4	10,5 b	2,48 a	5,33	0,75	0,07
C5	13,3 a	2,56 a	5,83	0,90	0,08
C6	12,0 a	2,60 a	5,83	0,96	0,09
CV (%)	11,9	8,2	14,9	33,8	32,1

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$)

Para diâmetro de caule, as cultivares C1 e a C2, que apresentaram menor crescimento inicial, também estão agrupadas com menor diâmetro de caule, com 2,13 e 2,16 mm, respectivamente. Já as cultivares altas (C5 e C6) tiveram maior diâmetro médio de caule, com 2,56 e 2,60 mm, respectivamente, apesar de semelhantes quanto às cultivares C4 e C3. As demais variáveis avaliadas aos 30 DAE (número de folhas e massa fresca e seca de planta) não variaram em razão das cultivares. Em média, as cultivares destacaram 5,6 folhas, massa fresca de 0,7 g e massa seca de 0,07 g (Tabela 2). Apesar de variação na altura e diâmetro de caule, nenhuma cultivar se destacou quanto ao acúmulo de massa seca na fase inicial. Ao longo do desenvolvimento das cultivares (65 dias DAE) ocorreram geadas, mas não afetaram os genótipos.

No florescimento, a altura de plantas da cultivar C6 e C4 foi superior em comparação com as demais, com 100 e 105 cm, respectivamente. A altura de plantas variou de 73 a 105 cm (Tabela 3). A estatura das plantas é uma característica importante para colheita mecanizada, sendo a variação ocasionada em razão da cultivar e as condições edafoclimáticas. Santos, Bassegio e Silva (2017) verificaram variação de 0,69 a 0,93 cm para cultivares de cártamo no Sudoeste. Bellé et al. (2012)

identificaram altura de 112 cm em cultivo realizado no Sul. A variação da altura analisada na literatura tem a ver com a característica da cultivar estudada, porém, observa-se que as cultivares norte-americanas possuem estatura semelhante quanto às cultivares melhoradas no Brasil.

As cultivares C6 e C3 se destacaram em relação ao diâmetro de caule, número de ramos e número de capítulos. O diâmetro de caule variou de 11,8 a 7,7 mm, enquanto o número de ramos variou de 6,8 a 17,1 ramos por planta. Em razão do grande número de ramos, as cultivares C6 e C3 apresentaram 27,3 e 32,6 capítulos por planta, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de ramos (NR) e número de capítulos (NC) de cultivares de cártamo no florescimento.

Cultivar	AP (cm)	DC	NR	NC
C1	96 b	7,7 c	6,8 c	14,3 c
C2	73 d	9,6 b	9,6 b	23,6 b
C3	84 c	10,8 a	17,1 a	27,3 a
C4	105 a	10,0 b	12,0 b	21,1 b
C5	91 b	8,0 c	9,8 b	22,1 b
C6	100 a	11,8 a	15,0 a	32,6 a
CV (%)	4,8	11,0	18,4	22,5

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

No florescimento, as cultivares diferiram em razão das características de crescimento, com destaque para as cultivares C6 e C3, que apresentaram maior acúmulo de massa seca de planta e raiz, além de maior número de folhas (Tabela 4). Selecionar cultivares com potencial de produção de massa seca torna viável a utilização na forma de pastagem, forragem, feno, silagem, além de contribuir para a manutenção de palhada em sistema de plantio direto.

Tabela 4. Número de folhas (NF), massa fresca de planta (MFP), massa seca de planta (MSP), massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) de cultivares de cártamo no florescimento.

Cultivar	NF	MFP (g)	MSP (g)	MFR (g)	MSR (g)
C1	124 b	143,1 c	45,8 c	14,0 b	6,2 b
C2	141 b	218,7 b	72,0 c	15,9 b	7,0 b
C3	220 a	310,2 a	109,8 a	35,1 a	12,1 a
C4	215 a	236,4 b	80,7 c	31,2 a	11,0 a
C5	106 c	172,4 c	65,3 c	9,8 b	4,6 b
C6	200 a	337,0 a	119,3 a	27,6 a	14,2 a
CV (%)	11,7	21,0	21,9	22,3	42,2

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Como se destacou em relação ao crescimento inicial, a cultivar C1 também obteve maior número de plantas por metro na colheita, ou seja, população de 24 plantas por metro. A cultivar C3 teve população final de apenas 9 plantas por metro, semelhante a cultivar C2 (12 plantas) e C6 (12 plantas). As cultivares C5 e C4 tiveram população semelhante na colheita, com 16 e 15 plantas, respectivamente (Tabela 5). O cártamo pode compensar a variação espacial produzindo capítulos secundários e terciários. Sampaio et al. (2017) no Sul do Brasil observaram que no outono (abril) 16 plantas por metro são suficientes, já para cultivo de inverno (julho) mais de 20 plantas por m são necessárias. Apesar da diferença na população, por conta do hábito de crescimento semideterminado, o cártamo pode contrabalancear essa variação com o melhor desenvolvimento no número de hastes e/ou a perda de alguns capítulos, produzindo mais grãos nos capítulos restantes (MÜNDEL et al., 1994).

As cultivares não diferiram em relação ao número de capítulos por planta, com variação de 17 a 27 capítulos (Tabela 5). Esse fato pode ser explicado pelo maior engalhamento e conseqüente compensação das menores populações das cultivares. Santos, Bassegio e Silva (2017) observaram variação de 10 a 34 capítulos para quatro cultivares nacionais cultivadas em dois tipos de solos. Sampaio et al. (2016) encontraram 12 capítulos no inverno e 9 capítulos no outono. O número de capítulos por planta é um componente afetado pelo arranjo espacial das plantas, uma vez que o número de capítulos por área diminuiu com o aumento da densidade de plantas nos trabalhos de Vaghar et al. (2014) e Sampaio et al. (2017).

Tabela 5. Plantas por metros (PM), capítulos por planta (CP), massa de 100 grãos (MG), Produtividade (P), Óleo (O) e Proteína (PR).

Cultivar	PM	CP	MG 100 (g)	P (kg há ⁻¹)	O (%)	PR (%)
C1	24 a	25	1,9 b	914 b	12,2 c	16,6 a
C2	12 c	17	2,4 a	931 b	22,7 a	13,2 b
C3	9 c	19	2,4 a	953 b	19,3 b	13,1 b
C4	15 b	27	2,2 a	1198 a	18,7 b	11,1 d
C5	16 b	27	2,3 a	1607 a	18,4 b	7,7 e
C6	12 c	25	1,6 b	628 b	23,4 a	12,4 c
CV (%)	23,4	37,5	17,1	44,3	6,2	3,6

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A massa de 100 grãos das cultivares C2, C3, C4 e C5 foi semelhante, com variação de 2,3 a 2,4 g, embora superior quanto às cultivares C1 (1,9 g) e C6 (1,6 g) (Tabela 5). Santos, Bassegio e Silva (2017) constataram variação de 2,6 a 4,3 g no Sudoeste do Brasil. Sampaio et al. (2016) observaram massa de 100 grãos de 6,8 g para inverno e 4,8 g no outono para cultivar IAPAR. A massa de 100 grãos observada para as cultivares norte-americanas neste estudo é menor que a registrada nos cultivos no Brasil com cultivares nacionais, o que acontece por conta de o peso de 100 grãos ser um componente afetado pelas características da planta e dos genes (BRAILEANU et al., 2013). Outro fator que pode ter afetado os componentes da produção e a

produtividade de grãos de cártamo por ocasião da colheita foi o alto volume de chuva na maturação, o que dificultou todo o processo, especialmente nas cultivares C1, C2, C3, C4, C6, que foram tardias.

As cultivares C4 e C5 apresentaram produtividade de grãos superior em relação às demais. A produtividade de grãos foi de 1607 e 1198 kg ha⁻¹ para as cultivares C4 e C5, respectivamente. As cultivares C1, C2, C3 e C6 evidenciaram produtividade de grãos semelhante com variação de 628 a 953 kg ha⁻¹ (Tabela 5). Santos, Bassegio e Silva (2017) identificaram variação 900 a 2600 kg ha⁻¹ para cultivo de inverno de Sudoeste do Brasil. Sampaio et al. (2016) e Zanão Júnior et al. (2017) para cultivo no Sul do Brasil encontraram média de 3820 e 4532 kg ha⁻¹ para cultivares nacionais, respectivamente. A produtividade de grãos das cultivares norte-americanas testadas no Sul tiveram produção inferior das observadas na literatura, o que aconteceu por conta da falta de adaptação das cultivares às condições subtropicais.

O teor de óleo das cultivares norte-americanas de cártamo ficou entre 12,2 e 23,4%, com destaque para as cultivares C2 e C6 (Tabela 5). Sampaio et al. (2016) verificaram teores semelhantes em inverno, com 23,5% para cultivar IAPAR. Zanão Júnior et al. (2017) observaram variação de 23,1 a 29,4%, com média de 26% para cultivares nacionais. Santos et al. (2018) notaram variação de 23,9 a 30,0% para cultivar do IAPAR. Já Santos, Bassegio e Silva (2017), para cultivo no Sudoeste, encontraram máximo de 45,8% para cultivar 2103 IMAmt. Para El-Lattief (2013), o teor de óleo de cártamo pode chegar a 50%, sendo que o teor de óleo é dependente fortemente do genótipo (HANG; EVANS, 1985).

Para Omid et al. (2012), o potencial de produção de grãos e de teor de óleo de cártamo está relacionado com as condições ambientais e a cultivar estudada, visto que o sucesso da introdução do cártamo em um determinado país ou região depende em grande parte da produtividade de grãos e do teor de óleo. O óleo de cártamo pode ser usado para fins medicinais, em alimentação de pássaros, como planta ornamental e na alimentação de ruminantes com o uso de feno e torta (BEM MOUMEN et al., 2015).

O teor de proteína variou de 7,7 a 16,6%, com destaque para a cultivar C1. Ao considerar a ampla faixa, os resultados tiveram cinco grupos de significância, sendo que a cultivar C5, que foi a mais produtiva (1607 kg ha⁻¹), obteve menor teor de

proteína (7,7%). Para El-Lattief (2013), o teor de proteína nos grãos pode chegar a 20%, já a torta das sementes possui de 35 a 45% de proteína e pode ser usada na alimentação de ruminantes e monogástricos, por não possuir fatores antinutritivos (EBRAHIMIAN; SOLEYMANI, 2013).

5. CONCLUSÕES

A cultivar C1 se destacou em relação ao crescimento inicial, com maior emergência e índice de velocidade de emergência.

Aos 30 DAE as cultivares altas (C5 e C6) tiveram maior diâmetro médio de caule.

Aos 30 DAE as cultivares não diferiram quanto ao acúmulo de massa seca e número de folhas.

No florescimento, as cultivares C6 e C3 apresentaram maior acúmulo de massa de planta e raiz, além de número folhas, ramos e capítulos.

No teor de proteína, a cultivar C1 obteve maior resultado.

As cultivares C5 e C4 apresentaram maior produtividade de grãos, enquanto que as cultivares C2 e C6 maior teor de óleo.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H.F. et al. Emergência e desenvolvimento de plântulas de cártamo em função do tamanho das sementes. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 95–99, 2010.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16th ed. Arlington, USA: AOAC, 1995.
- ANDENBERG, A.A. et al. **Flowering Plants Eudicots Asterales**, Vol. VIII. The Families and Genera of Vascular Plants, K. Kubitzki (Ed.). Springer – Verlag.
- ANICÉSIO, E. C. A. **Nitrogênio e Potássio na Adubação do Cártamo cultivado em Latossolo Vermelho**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Rondonópolis – MT: UFMT, 2014. 75 p.
- ARANTES, A. M. **Cártamo (*Carthamus tinctorium* L.) Produção de Biomassa, Grãos, Óleo e Avaliação Nutritiva da Silagem**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Zootecnia. Nova Odessa – SP: APTA/SAA, 2011. 46 p.
- BAKER, J. G. Compositae I Vernoniaceae. In: Martius, C.F.P. von; Eichler, A. W. & Urban, I. Flora brasiliensis. Munchen, **Wien, Leipzig**. Vol. 6, N. 2, Pp.1-179, 1873.
- BAKER, J. G. Compositae II Eupatoriaceae. In: Martius, C.F.P. von; Eichler, A. W. & Urban, I. Flora brasiliensis. Munchen, **Wien, Leipzig**. Vol.6, N. 2, Pp. 181-374, 1876.
- BAKER, J. G. Compositae III Asteroideae, Inuloideae. In: Martius, C.F.P. von; Eichler, A. W. & Urban, I. Flora brasiliensis. Munchen, **Wien, Leipzig**. Vol. 6, N. 3, Pp. 138-270, 1882.
- BAKER, J. G. Compositae IV. Helianthoideae-Mutisiaceae. In: Martius, C.F.P. von; Eichler, A. W. & Urban, I. Flora brasiliensis. Munchen, **Wien, Leipzig**. Vol. 6, N. 3, Pp.138- 298, 1884.
- BELLÉ, R. A. et al. Cártamo cultivado em diferentes épocas de semeadura e densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2145–2152, 2012.
- BEN MOUMEN, A. et al. Biochemical characterisation of the seed oils of four safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties grown in north–eastern of Morocco. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 3, p. 804–810, 2015.
- BERALDO, J. M. G. et al. **Qualidade do óleo e da torta de cártamo**. Anais 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Montes Claros, 2009.

BERGLUND, D. R.; RIVELAND, N.; BERGMAN, J. **Safflower production**. North Dakota State University Extension Service. 1998. Disponível em <www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/cops/a870w.htm>

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2005. 4ed.

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

BORTOLHEIRO, F. P. A. P. **Caracterização de linhagens de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em condições de deficiência hídrica e reidratação**. 2015. xi, 68 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015.

BRAILEANU, S.I. et al. The Influence of technological elements on some production components for the spring wheat. **ProEnvironment** v. 6, p. 379–383, 2013.

BRITO, G.L.; GARCIA, J.L.N.; FERNANDES, D.M. et al. **Produção da massa seca da parte aérea e da raiz do cártamo corrigido por proporções de calcário e silicato em diferentes solos**. **FertBio**, Araxá – MG, 15 – 19 de set., 2014. 1 p.

CÁRDENAS, Gerónimo J. Matriz energética argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación. Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario, Rosario, p. 32-36, jan. 2011.

ÇAMAŞ, N.; ÇIRAK, C.; ESENDAL, E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern Turkey conditions. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, v. 22, n. 1, p. 98-104, 2007.

CORONADO, L. M. **El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México**. Ciudad Obregon: SGI, 2010. 96p.

DAJUE, L; MÜNDEL, H. H. **Safflower (*Carthamus tinctorius* L.): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crop**. IPGRI: International Plant Genetic Resource Institute. Rome, 1996. 81p.

DANTAS, S. et al. Influência da sanidade e deficit hídrico na germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, 574-582, 2011.

CARVALHO, F. I. F. et al. **Condução de populações no melhoramento de plantas**. Pelotas: Ed. Universitária, 2008. 2Ed.

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.

EBRAHIMIAN, A.; SOLEYMANI, A. Response of yield components, seed and oil yields of safflower to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers. **International journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 5, 1029–1032, 2013.

EL-LATTIEF, E. A. A. Safflower yields and water use efficiency as affected by irrigation at different soil moisture depletion levels and plant population density under arid conditions. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 59, n. 11, p. 1545–1557, 2013.

EKIN, Z. Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Utilization: A global view. **J. of Agronomy**, v. 4, n. 2, p. 83-87. 2005.

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

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Safflower Seed. (FAO) 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERRI, Jéssica P. A. Estudo de caso: análise de viabilidade econômica de produção de biodiesel em Itabira-MG. Monografia. Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Itajubá –Campus Itabira, 2016.

GALANT, N. B.; SANTOS, R. F.; SILVA, M. A. Melhoramento de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Acta Iguazu**, v. 4, p. 14–25, 2015.

GALANT, N.B.; SANTOS, R.F.; KAISER, F. et al. Irrigação e Adubação Nitrogenada em Cultivo de Cártamo. **Anais da X Seagro – Agronomia – FAG**, Cascavel – PR, p. 99-102, 13 – 14 de jun., 2016.

GARCÍA, P.R.D. **Tecnologías llave en mano serie 1998**. SAGAR-INIFAP. D. F., México, pp.189-190, 1998.

GHAMARNIA, H; SEPEHRI, S. Different irrigation regimes affected water use, yield and other yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) crop in a semi–arid region of Iran. **Journal Food Agriculture Environ**, v. 8, p. 590–593, 2010.

GIRARDI, B.L.; LAZAROTTO, M.; DURIGON, M.R. et al. **Envelhecimento acelerado em sementes de Cártamo**. Rev FZVA, Uruguaiana, v. 19, n. 1, p. 43 – 54, 2013.

GRACIA, A. B. et al. **Guía para producir cártamo en Sinaloa**. Fundación Produce, Sinaloa México, 2010, 22p.

GUERRA, E. P.; FUCHS, W. **Produção de óleo vegetal: comestível e biocombustível**. Viçosa: CPT, 2009.226 p.

HANG, A. N.; EVANS, D. W. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. **Agronomy Journal**, v. 77, p. 588–592, 1985.

IAL (Instituto Adolpho Lutz). **Chemical and physical methods for food analysis**. Analytical Standards, São Paulo, p. 317, 1985.

JUDD, W. S. et al. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 612 p.

JÚNIOR, L. A. Z. et al. Seed productivity, oil content and accumulation of macronutrients in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in subtropical region. **Australian Journal of Crop Science**. n. 11, n. 10, p. 1254–1260, 2017.

LABORIAL, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, v.48, p.174-186. 1976.

MACEDO, V. G. K. **A influência do beneficiamento em mesa de gravidade na qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS, 2018. 91 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MAGALHÃES, J. R. **Adubação Nitrogenada e Potássica no desenvolvimento de *Carthamus tinctorius* L.** Dissertação (Mestrado) – Produção Vegetal. Montes Claros – UFMG, 2017. 57 p.

MAZIERO, C. L. et al. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 5, p. 104-113, 2017.

MIRASSÓN, H.R. et al. Rendimiento y estabilidad de variedades de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em la región Pampeana Semiárida. **OYTON – Revista Internacional de Botânica Experimental**, v. 80, p. 147 – 151, 2011.

MONTOYA, C. L. **El Cultivo do Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em México**. Ciudad Obregón, Sonora, México: Inifap, 2013. 98 p.

MÜNDEL, H. H. et al. Seeding–date effects on yield, quality and maturity of safflower. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 74, n. 2, p. 261–266, 1994.

MÜNDEL H. H. et al. **Safflower production on the Canadian prairies: revisited in 2004 // Agricultural Research Stations**. –Lethbridge, Canada, 43 p. 2004

NOSHEEN, A. et al. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on root morphology of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 59, p. 12639-12649, 2011.

OLIVO, M. **CRUZAMENTOS DIALÉLICOS F1 E F2 EM CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.)**. 2017. 51 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2015.

OMIDI, A. H. et al. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Turkish Journal of Field Crops**, v. 17, n.1, p.10–15, 2012.

PALUDO, J. T. S. **Desempenho Agrônômico de Genótipos de Cártamo submetidos a compactação em latossolo de Cerrado**. Dissertação (Mestrado) Engenharia Agrícola. Rondonópolis – MT: UFMT, 2015. 91 p.

PALUDO, J.T.S. et al. Desenvolvimento do Cártamo submetido a doses de nitrogênio em solo do cerrado. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal – RN. 02 – 07 ago., 2015, 4 p.

PINTO, R. J. B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. Maringá: Eduem, 2009. 2ed.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n 1, p. 317-369, 2017

RECH, J. **Desempenho Agrônômico do Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função da época de semeadura e do controle químico da mancha alternaria**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados – MS: UFGD, 2012. 59 p.

SAMPAIO, M. C. **Cultivo de Cártamo (*Carthamus Tinctorius* L.) sob variação de adubações, densidades e épocas de plantio**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia da Energia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel – PR: UNIOESTE, 2016. 63 p.

SAMPAIO, M. C. et al. Effect of plant density on oil yield of safflower. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 25, p. 2147-2152, 2017.

SAMPAIO, M. C. et al. Fertilizer improves seed and oil yield of safflower under tropical conditions. **Industrial crops and products**, v. 94, p. 589-595, 2016.

SANTOS, R. F. et al. Comportamento morfológico no período de crescimento de genótipos de *Carthamus tinctorius* L. em cultivo sob sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 1, 2015.

SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; SILVA, M. A. Productivity and production components of safflower genotypes affected by irrigation at phenological stages. **Agricultural water management**, v. 186, p. 66-74, 2017.

SANTOS, R. F. et al. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield as affected by nitrogen fertilization and different water regimes. **Acta Agronômica**, v. 67, n. 2, 2018.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SARTO, M.V.M. et al. Safflower root and shoot growth affected by soil compaction. **Bragantia**, Campinas, v. 77, n. 2, p.348-355, 2018.

SOUSA, E. A. M. **Efeitos de Fungicidas alternativos em *Carthamus tinctorius* L. (Asteraceae), potencial espécie para cultivo em agricultura familiar**. Dissertação (Mestrado) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Natal – RN: UFRN, 2015. 88 p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 704 p.

SOUZA, L. C. F. et al. Avaliação da potencialidade das culturas de nabo forrageiro e do cártamo para a produção de biodiesel em sucessão de cultura com o milho. 4 CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BODIESEL|7 CONGRESSO BRASILEIRA DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BODIESEL, Belo Horizonte, 2010, **Anais...** Belo Horizonte: UFL, 2010.

SILVEIRA, L. et al. Influência alelopática do extrato aquoso de folhas de Citronela (*Cymbopogon*) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de quatro genótipos conhecidos de Cartamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 5, p. 197-206, 2017.

VALERIANO, F. R. **Morfoanatomia e Composição Centesimal de sementes de gergelim e Cártamo**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina – MG: UFVJM, 2016. 89 p.

VAGHAR, M.S. et al. The effect of planting row interval and plant density on the phenological traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under dry land condition. **International Journal Biosciences**, v. 4, n. 12, p. 202–208, 2014.

WILSON, E. O. **Biodiversity**. National Academy Press, Washington, 1986.