

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE CÁRTAMO

(Carthamus tinctorius L.)

ISMAEL FERNANDO SCHEGOSCHESKI GERHARDT

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP

FEVEREIRO – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE CÁRTAMO

(Carthamus tinctorius L.)

ISMAEL FERNANDO SCHEGOSCHESKI GERHARDT

Orientador: Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP

FEVEREIRO – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

Gerhardt, Fernando Schegoscheski, 1988-
G368d Divergência genética entre acessos de cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) / Ismael Fernando Schegoscheski Gerhardt. - Botucatu : [s.n.], 2014
vi , 35 f. grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Maurício Dutra Zanotto
Inclui bibliografia

1. Cartamo - Melhoramento genético. 2. Plantas cultivadas - Genética. 3. Plantas oleaginosas - Métodos estatísticos. 4. Heterose. I. Zanotto, Maurício Dutra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

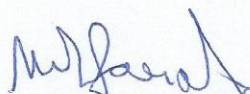
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE CÁRTAMO
(*Carthamus Tinctorius* L.)"

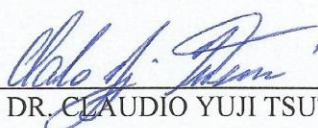
ALUNO: ISMAEL FERNANDO SCHEGOSCHESKI GERHARDT

ORIENTADOR: PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO

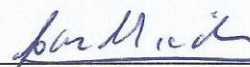
APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO



PROF. DR. CLAUDIO YUJI TSUTSUMI



PROF. DR. CARLOS ROBERTO RIEDE

Data da Realização: 21 de fevereiro de 2014.

DEDICATÓRIA

À Deus;

À minha família;

E à Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu.

“Quanto mais aumenta o nosso conhecimento, mais evidente fica a nossa ignorância”

John F. Kennedy

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Pai Celestial, pois sem Ele nada seria possível.

À minha Família, que é meu verdadeiro Porto Seguro, pela vida que me concederam, pela educação que me deram, pelo amor demonstrado, pela lição de vida e pelos momentos de total apoio em minha trajetória. Muito obrigado à minha mãe Olli Schegoscheski e à minha irmã Aline Michelly Schegoscheski.

Ao meu Professor Orientador, Dr. Maurício Dutra Zanotto, por toda orientação, aprendizado, paciência e amizade que tiveste comigo ao longo destes dois anos de mestrado.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, ao corpo docente e seu quadro de funcionários pela sua contribuição na minha formação de Mestre.

Ao Instituto Matogrossense do Algodão, por conceder as sementes de cártamo para o meu projeto de pesquisa.

À banca examinadora, Dr. Carlos Roberto Riede e Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, pela contribuição na correção do trabalho acadêmico.

À minha namorada Angie Paola Lagos Carvajal, por todo amor, carinho, amizade, apoio e companheirismo em todos os momentos.

Aos meus colegas de república e também amigos: Tiago Zoz (Alemão), Laerte Augusto Pivetta (Redneck), Diego Fiorese (Diegão), João Vítor Testa (Marreta), Edward Vítor Aleixo (Vitão) e Paraguaio, pela convivência diária e amizade.

Aos meus grandes amigos de graduação: Diego Gheller (Diegão), Adriano Busnello (Garotinho), Bruno Vigo Marcolin (Bêra), Eder Oelke (Sandrão), Walter L. Basso e Michel Bordignon (Pitoco). E também aos meus amigos de pós-graduação: Carlos Jorge da Silva, Eder Braganti Toppa, Rodrigo Sereia, Bruna Luiza Souza, Denise Puntel Basso, Wilson Dourado, Emanuel Spadim, Indianara Marasca, Fernando Bezerra, Joyce Reissler, Carla Barbieri, Janaína Matias e Jack Sebe pela grande amizade cultivada nesses dois anos.

Ao Seu Milton, pela ajuda e apoio na condução do experimento.

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

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	2
3. INTRODUÇÃO.....	3
4. REVISÃO DE LITERATURA	5
4.1. Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	5
4.2. Principais usos do cártamo	6
4.3. Fontes de germoplasma	6
4.4. Melhoramento genético de cártamo.....	7
4.5. Estimativa de parâmetros genéticos e divergência genética.....	9
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
5.1. Caracterização da área experimental	11
5.2. Material experimental.....	11
5.3. Delineamento experimental	12
5.4. Instalação e condução do experimento	12
5.5. Parâmetros avaliados	13
5.6. Estatística aplicada.....	14
5.7. Determinação da divergência genética	15
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6.1. Variabilidade genética entre os acessos de cártamo	16
6.2. Análises univariadas dos caracteres morfo-agronômicos.....	19
6.3. Análise de divergência genética.....	23
7. CONCLUSÕES	27
8. REFERÊNCIAS	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Esquema da análise de variância e as esperanças de quadrados médios entre os acessos de cártamo	14
Tabela 2. Resumo da análise de variância, média e estimativa dos parâmetros genéticos para produtividade (PROD), peso de 1000 grãos (P1000), altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), número de ramos por planta (NRAM), número de capítulos por planta (NCAP), e teor de óleo (OLEO) de acessos de cártamo	18
Tabela 3. Médias de produtividade (PROD), peso de 1000 grãos (P1000), altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), número de ramos por planta (NRAM), número de capítulos por planta (NCAP), e teor de óleo (OLEO).	20
Tabela 4. Análise de agrupamentos de 16 acessos de cártamo conforme o método de otimização de Tocher através da distância generalizada de Mahalanobis.....	23
Tabela 5. Médias de produtividade (PROD), peso de 1000 grãos (P1000), altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), número de ramos por planta (NRAM), número de capítulos por planta (NCAP), e teor de óleo (OLEO) dos diferentes grupos de cártamo formados a partir do método de otimização de Tocher.....	24

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estimar a divergência genética de 16 acessos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) oriundos do Instituto Matogrossense do Algodão – IMA-MT através de procedimentos multivariados visando agrupar genótipos semelhantes, baseando-se na avaliação dos seus componentes de produção e suas respectivas produtividades. Foi implantado um experimento no ano de 2012 com delineamento de blocos ao acaso com 3 repetições, e os tratamentos consistiram em 16 acessos de cártamo. Os parâmetros avaliados foram: produtividade, peso de 1000 grãos, altura de plantas, diâmetro de colmo, número de ramos por planta, número de capítulos por planta e teor de óleo. As médias de cada característica foram agrupadas através do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas baseando-se nas esperanças dos quadrados médios da análise de variância. Considerando todos os caracteres simultaneamente, foi estimada a divergência genética entre os acessos de cártamo pela distância generalizada de Mahalanobis, e os seus respectivos agrupamentos pelo método de Tocher. Foi verificada a existência de variabilidade genética entre os acessos de cártamo para a maioria das características avaliadas, possibilitando promover ganhos genéticos futuros, e a identificação de 6 grupos divergentes, dando condições de fazer boas combinações de cruzamentos entre os acessos, visando alcançar o máximo de heterose.

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius*, acessos, variabilidade genética.

SUMMARY

This study aimed to estimate the genetic diversity of 16 accessions of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) derived from the Mato Grosso Cotton Institute – IMA-MT through multivariate procedures to group similar genotypes, based on the evaluation of their production components and their respective yields. An experiment using a randomized block design with 3 replications was implemented in the year 2012, and the treatments consisted of 16 accessions of safflower. The evaluated parameters were: grain yield, 1000 grain weight, plant height, stem diameter, number of branches per plant, number of chapters per plant and oil content. With the data obtained, a test of means was performed by the Scott - Knott test at 5% probability. Estimates of genetic parameters were obtained based on the expected mean squares of variance analysis. Considering all the characters at once, we estimated the genetic divergence among accessions of safflower by Mahalanobis distance, and their respective clusters by Tocher method. The existence of genetic variability was observed among accessions of safflower for most traits evaluated, allowing promote future genetic gains, and the identification of 6 different groups, giving conditions to explore good combinations of crosses between accessions in order to achieve maximum heterosis.

Key-words: *Carthamus tinctorius*, accessions, genetic variability.

3. INTRODUÇÃO

Para a produção de biodiesel, existem empresas e instituições públicas atualmente que vem buscando alternativas de matérias-primas vegetais nas quais são avaliados alguns atributos agronômicos e tecnológicos, tais como produtividade, teor de óleo, sistemas de produção, ciclo de cultura, entre outros (JASPER et al., 2010).

O Brasil é um grande produtor de grãos, principalmente de soja e milho. Geralmente na safra de inverno (safrinha), o milho vem sendo a cultura de maior preferência por grande parte dos agricultores pela sua maior rentabilidade. Porém, um dos problemas que os agricultores vêm enfrentando durante a safrinha, é a irregularidade das precipitações e os maiores períodos de estiagem, podendo comprometer suas produtividades por déficit hídrico. O cártamo é uma cultura adaptada para regiões de clima semi-árido, com alta capacidade de se desenvolver e produzir de forma satisfatória sob baixa disponibilidade hídrica. E o seu cultivo se adequaria para a época de entre-safra no Brasil, sendo mais uma opção de cultivo para os produtores, e também uma alternativa de matéria-prima para a produção de biodiesel.

Segundo Coronado (2010), o cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma cultura oleaginosa cultivada há mais de dois milênios, e sua matéria-prima é destinada para a produção de óleo na alimentação humana e na indústria para diversos fins. Os teores de óleo dos grãos de cártamo podem chegar a 50%, e apresentam altos teores de ácidos linoléicos e oléicos, sendo considerados de ótima qualidade tanto para consumo humano como para produção de biodiesel. Entre outros aspectos relevantes que

envolvem a cultura do cártamo, o seu ciclo é relativamente curto, variando de 130 a 150 dias, podendo ser uma opção de cultivo na safrinha, e não competindo com as culturas tradicionais de maior importância econômica como a soja e o milho na safra de verão. Além disso, para o seu cultivo, podem ser utilizados os mesmos maquinários e implementos agrícolas que são usados para a cultura da soja, tornando mais acessível o seu custo de produção.

Apesar de ser uma cultura com grande potencial produtivo e adaptabilidade, o cártamo até então tem pouca expressão econômica no Brasil. Um dos motivos que impede a expansão dessa cultura no país é a ausência de conhecimentos técnicos com relação ao seu cultivo e a falta de cultivares melhoradas e adaptadas para o nosso ambiente. Além disso, poucos são os trabalhos envolvendo a cultura do cártamo, principalmente de melhoramento genético. Falta esclarecer muitas informações, como a escolha e a seleção de genótipos que melhor se adaptariam nas regiões produtoras.

Um programa de melhoramento que disponha de um maior número de acessos em seu banco de germoplasma, as técnicas de estatística multivariada baseadas em medidas de dissimilaridade e análise de agrupamentos podem ser ferramentas úteis que permitem avaliar diferentes genótipos e calcular a sua similaridade genética entre eles, proporcionando um conhecimento mais amplo da variabilidade genética existente no seu banco de germoplasma.

Por conta disso, o presente trabalho teve como objetivo estimar a divergência genética de 16 acessos de cártamo oriundos do Instituto Matogrossense do Algodão - IMA-MT através de um procedimento de estatística multivariada, visando agrupar genótipos semelhantes, baseando-se na avaliação de seus componentes de produção e suas respectivas produtividades.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) pertence à família *Asteraceae* (SEHGAL; RAINA, 2005). Dentre as espécies cultivadas do gênero *Carthamus*, é a única espécie que possui 24 cromossomos. Segundo Ashri e Knowles (1960), o seu centro de origem é a região leste do Mediterrâneo.

Em estudo realizado por Ravikumar et al. (2005), foi observado nas variedades cultivadas baixa variabilidade genética. Já nas espécies selvagens, foi observado um alto grau de polimorfismo, sugerindo a hibridação interespecífica entre estas espécies para gerar maior variabilidade (KUMARI, 2009).

O cultivo de cártamo cresceu muito nos continentes asiático, europeu, e americano no século passado, devido ao seu reconhecimento por ser uma fonte de óleo de boa qualidade e tem um alto valor para fins industriais e alimentares (SEHGAL; RAINA, 2005). No entanto, o cártamo recebeu pouca atenção em termos de melhoramento genético comparado a outras culturas (KUMAR, 1991), e somente nos últimos anos que a cultura vem ganhando espaço em vários países do mundo (SABZALIAN et al., 2009).

4.2. Principais usos do cártamo

As sementes do cártamo possuem altos teores de óleo, variando de 35 até 45%. É um óleo de alta qualidade e pode ser usado tanto para consumo humano quanto para uso industrial. O óleo possui elevados teores de ácido oléico (70 - 75%) e ácido linoléico (70 - 75%). As cultivares comerciais são classificadas por grupos, conforme os teores de ácidos graxos, ou seja, existe o grupo de cártamo oléico e o grupo de cártamo linoléico (HANDAN et al., 2009).

Para fins industriais, o óleo de cártamo pode ser utilizado para fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, sabões, entre outros produtos. A torta dos grãos, que é um subproduto da indústria de óleo, é uma boa fonte protéica, possuindo em torno de 25% de proteína e pode ser utilizada na alimentação de bovinos (OELKE et al., 1992; EKIN, 2005).

Entre outros usos, o cártamo ainda pode ser utilizado na indústria medicinal, pois já existem diversos medicamentos à base de cártamo, atuando na cura de diversas anomalias. Suas sementes também podem ser utilizadas para alimentação de pássaros. As plantas podem ser usadas na alimentação de ruminantes, na qual seu fornecimento poderá ser feito através de feno (EMONGOR, 2010; DANIELI et al., 2011).

4.3. Fontes de germoplasma

Durante décadas, pesquisadores de vários países fizeram várias expedições para coleta de acessos de cártamo. A Índia mantém em torno de 7.300 acessos no Germplasm Management Unit (GMU). E toda essa coleção de germoplasma foi recebida das diversas regiões da Índia que produzem cártamo. Estes acessos tem origem de regiões variadas, podendo ser de coleções locais, de regiões tradicionais no cultivo do cártamo ou não, e também incluem os materiais exóticos. Grande parte do germoplasma que está mantido no GMU são genótipos com características economicamente promissoras e todos estão devidamente caracterizados (SIGH; NIMBKAR, 2007).

A China possui um grande banco de germoplasma de cártamo, o Safflower Research Group Beijing Botanical Garden, que pertence à Academia de Ciências Chinesa. Na década de 90, o banco contava com mais de 2.000 acessos, e nos dias atuais

é o terceiro maior banco de germoplasma de cártamo do mundo (MÜNDEL; BERGMAN, 2009).

Os Estados Unidos possui em torno de 2.300 acessos de cártamo. Estes foram coletados em mais de 50 países e o germoplasma é mantido no Western Regional Plant Introduction Station (WRPIS), localizado na cidade de Pullman-Washington, que faz parte do Programa Nacional de Germoplasma Vegetal dos Estados Unidos (Sistema NPGS), e os dados descritos estão facilmente disponíveis no Germoplasm Resource Information Network (GRIN) (SIGH; NIMBKAR, 2007).

O GRIN foi criado pelo Departamento de Agricultura Americano (USDA), e consiste numa rede de instituições que é composta por diversos pesquisadores, incluindo melhoristas, que se dedicam à preservação da variabilidade genética. Essa rede possui um banco de dados informatizados com documentação de inúmeras espécies. As informações que estão disponíveis neste banco de dados pode ser muito útil ao melhorista, pois se trata de informações básicas a respeito do acesso que poderia ser útil no seu programa de melhoramento (BORÉM; MIRANDA, 2009).

A coleção de cártamo do banco de germoplasma dos Estados Unidos pode ser distribuída para cientistas do mundo todo, mediante pedido, à custo zero. Os acessos que o Brasil possui, foram oriundos dos Estados Unidos, e foram introduzidos recentemente por intermédio do Instituto Matogrossense do Algodão-IMA, e a grande maioria dos acessos foram coletados em países como Índia, Bangladesh, China, Irã e Estados Unidos (USDA, ARS, 2014).

4.4. Melhoramento genético de cártamo

O cártamo é uma espécie diplóide com um número de cromossomos de $2n = 24$ (EKIN, 2005). Em relação ao seu modo de reprodução, é uma planta predominantemente autógama, numa taxa superior a 90% de autofecundação, embora existam acessos que possuem uma taxa de até 50% de autofecundação, e a fecundação cruzada por polinização entomófila, onde as abelhas são os principais agentes polinizadores. Mas apesar do cártamo apresentar uma taxa considerável de cruzamentos, no melhoramento da cultura os métodos empregados são aqueles comumente empregados para plantas autógamas (DAJUE; MÜNDEL, 1996).

Para realizar a hibridação artificial no cártamo, antes de tudo é preciso ter conhecimento do momento ideal para realizar a emasculação das flores. O momento da

emasculação, é quando os botões florais expõe os seus primeiros floretes para o lado externo do capítulo. Primeiramente, retiram-se as brácteas com o auxílio de uma pinça para que as flores fiquem completamente expostas. Em seguida as flores são emasculadas retirando-se todos os cones de anteras que estão unidos em uma porção da corola (VOLLMANN; RAJCAN, 2009).

Por conta do trabalho demorado e minucioso, a Índia desenvolveu uma técnica de hibridação mais prática e rápida, denominada emasculação em massa, descrita por Dajue e Mündel (1996). Essa técnica foi desenvolvida no Nimbkar Agricultural Reserch Institute (NARI), em Phalran. O método consiste em proteger os capítulos dos ramos primários com sacos de polietileno de baixa a média densidade quando as primeiras inflorescências forem formadas. A temperatura e umidade acumulada dentro do saco de polietileno impedem a deiscência das anteras, evitando a autofecundação na flor. Este método requer menos tempo do que a emasculação de floretes individuais, facilitando a realização dos cruzamentos.

A Índia é o país que possui o maior número de programas de melhoramento de cártamo, além disso, coordena um projeto de pesquisa com plantas oleaginosas (AICORPO) desde o final da década de 60, e foi no início da década de 70 que o cártamo foi incluído nas pesquisas. Quem está por trás dos projetos de pesquisa da AICORPO são entidades públicas e empresas privadas. Já nos EUA, os primeiros programas de melhoramento de cártamo foram criados na década de 40 nos estados de Arizona, Califórnia, Nebraska e Utah, com participação da Universidade de Davis, na Califórnia, e várias empresas do setor privado (MÜNDEL; BERGMAN, 2009).

No México, as primeiras experimentações com cártamo tiveram início no ano de 1958, na região noroeste. Em virtude do clima da região, do tipo de solo e de alguns problemas com doenças que alguns materiais introduzidos apresentaram, houve a necessidade de realizar cruzamentos entre os materiais e a seleção dos mesmos. O primeiro programa de melhoramento de cártamo foi criado no ano de 1971, na cidade de Los Mochis, situado no Estado da Sinoloa. Nos dias atuais, os programas de melhoramento de cártamo no México, pertencem ao Instituto Nacional de Investigações Florestais Agrícolas e Pecuárias (INIFAP), e seus campos experimentais estão situados na região sul do Estado de Tamaulipas, no Estado de Sinaloa no campo experimental do Vale de Culiacán, e no Estado de Sonora no campo experimental do Vale do Yaqui (CORONADO, 2010).

As cultivares comerciais de cártamo, são classificadas por grupos conforme os teores e composição do óleo, ou seja, o grupo oléico são aqueles que sua constituição do referido ácido graxo apresenta de 70 a 75%, e o grupo linoléico são aqueles que sua constituição de ácido linoléico possui mais de 70%. Gracia et al. (2010) fizeram uma relação de cultivares dos dois grupos e descreveram as suas principais características morfológicas e agronômicas.

O principal objetivo do melhoramento de cártamo é o aumento da produtividade, porém para atender as exigências de mercado na atualidade, dos sistemas de cultivos da cultura e condições locais, os objetivos também têm focado para a obtenção de cultivares com resistência a doenças e pragas, e cultivares com altos teores de óleo e qualidade (EKIN, 2005).

O cártamo é atacado por algumas doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e micoplasmas. Dentre as doenças na cultura do cártamo, a maioria delas é causada por fungos, representando até 70% das doenças, especialmente nas épocas chuvosas e de alta umidade relativa do ar. As principais doenças no cártamo são a Mancha Alternaria e a Murcha de Fusarium, causadas pelos patógenos *Alternaria carthami* e *Fusarium oxysporum*, respectivamente, podendo causarem até 100% de perdas (DAJUE; MÜNDEL, 1996).

A escolha de cultivares comerciais resistentes à doenças é o método mais econômico e eficaz para o controle de moléstias na cultura, sendo necessário realizar o seu melhoramento. Ainda há falta de conhecimentos dos mecanismos genéticos de resistência a doenças em cártamo. Há alguns relatos na literatura em relação a herança genética de algumas doenças e suas respectivas fontes de resistência que são encontradas em acessos selvagens. Coronado (2010) faz uma relação das principais cultivares comerciais de cártamo melhoradas com as suas respectivas características morfo-agronômicas, e resistência à doenças e pragas com os seus respectivos agentes causais.

4.5. Estimativa de parâmetros genéticos e divergência genética

Um dos objetivos da estimação dos parâmetros genéticos é prever o efeito da seleção para planejar estratégias de melhoramento para tal cultura. Para isso, é necessário ter conhecimento da maneira que certas espécies transferem seus genes para seus descendentes. Sendo assim, a estrutura genética de populações junto a alguns

métodos estatísticos, permitem estimar ganhos genéticos e predizer se tais indivíduos poderão ou não ser utilizados nas etapas subseqüentes de um programa de melhoramento (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Um dos parâmetros genéticos de maior importância é o coeficiente de herdabilidade, pois faz a medida da proporção da variação genética em relação à total. Apesar de ser um bom indicador da variabilidade genética dentro de uma população, sua magnitude pode sofrer variação, principalmente devido às mudanças de condições ambientais, segundo Borém e Miranda (2009).

Outros fatores que também podem interferir e serem decisivos nas estimativas e nos ganhos obtidos por seleção é a intensidade de seleção e as propriedades genéticas da população (VENCOVSKY, 1987). O ganho obtido por seleção está diretamente relacionado ao seu diferencial, ou seja, na diferença entre a média do grupo selecionado e a média da população original. Quanto mais heterogênea for uma população, maiores são as chances de ocorrer ganhos com seleção.

Tem-se realizado muitos estudos com diversidade e variabilidade genética, pois é possível identificar genótipos divergentes geneticamente no intuito de realizar combinações desejáveis de cruzamento alcançando o máximo de heterose. E para este tipo de estudo, é possível realizar através de algumas técnicas biométricas baseando-se nas diferenças das características quantitativas, morfológicas e fisiológicas de diferentes materiais (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Existem várias metodologias para estimar a divergência genética, sendo que a utilização de cada método dependerá se os dados das características são qualitativas ou quantitativas. Os valores obtidos nos resultados da divergência genética não possuem uma unidade de medida específica, apenas indica que quanto maior for essa distância numérica de um genótipo para o outro, maior será a sua divergência, e quanto menor for o valor numérico entre os genótipos, mais estreitas serão as suas bases genéticas, ou seja, mais similares serão os materiais. Quando os dados biométricos são quantitativos é mais comum a utilização da distância euclidiana e a distância de Mahalanobis, sendo a primeira mais indicada para dados que não possuem repetições. Porém, quando os indivíduos são avaliados obedecendo a um delineamento experimental possuindo repetições, a segunda opção é preferível (CRUZ, 2005).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP), Botucatu, São Paulo - SP (latitude 22° 50' 29" S, e longitude 48° 25' 29" O, com altitude aproximada de 785 m), em Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) (SANTOS et al., 2013), e o clima é classificado como Tropical de Altitude (Cwa), segundo a classificação climática de Köppen. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2012.

5.2. Material experimental

Foram avaliados 16 acessos de cártamo provenientes do banco de germoplasma Norte Americano Western Regional Plant Introduction Station (WRPIS), obtidos por meio do Germplasm Resources Information Network (GRIN), dos quais foram importados pelo Instituto Matogrossense do Algodão (IMA-MT) e posteriormente cedidos ao Programa de Melhoramento de Cártamo da Faculdade de

Ciências Agronômicas de Botucatu. Estes acessos estão identificados por um número conhecido como “Plant Introduction” (PI).

Os números de PI dos acessos são apresentados a seguir: PI 401475, PI 401477, PI 401480, PI 401576, PI 401578, PI 405955, PI 405976, PI 451954, PI 451956, PI 537637, PI 537673, PI 537712, PI 544030, PI 568795, PI 572470, PI 613409.

5.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 3 repetições. Os tratamentos foram compostos por 16 acessos de cártamo oriundos do Instituto Matogrossense do Algodão (IMA-MT). A área do experimento foi dividida em três blocos, e em cada bloco foi implantado os 16 acessos de cártamo, totalizando 48 parcelas. Cada parcela teve uma área de 3 m² (2 m de comprimento por 1,5 m de largura), sendo a área total do experimento 144 m².

5.4. Instalação e condução do experimento

O experimento foi implantado no dia 18 de maio de 2012, em área de preparo convencional. A semeadura foi realizada de forma manual. Foram semeadas 4 linhas de 2 m de comprimento num espaçamento entre linha de 0,5 m em cada parcela, sendo as duas linhas centrais representando a área útil. A profundidade de semeadura foi de três centímetros, semeando 17 sementes por metro, resultando num estande de 340.000 plantas ha⁻¹. Não foi utilizado nenhum tipo de adubação no experimento, nem na semeadura e tampouco de cobertura. O controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado periodicamente de forma manual. Foi realizada uma aplicação preventiva do fungicida Rovral® na dose de 1 kg ha⁻¹ no dia 27/06/2012, devido às constantes chuvas que estavam ocorrendo nesse período, e uma aplicação do inseticida Actara® na dose de 0,5 kg ha⁻¹ para controle de pulgão. Não foi utilizado 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. Os dados meteorológicos durante o período experimental encontram-se na Figura 1. A colheita foi realizada de forma manual no dia 20/10/2012.

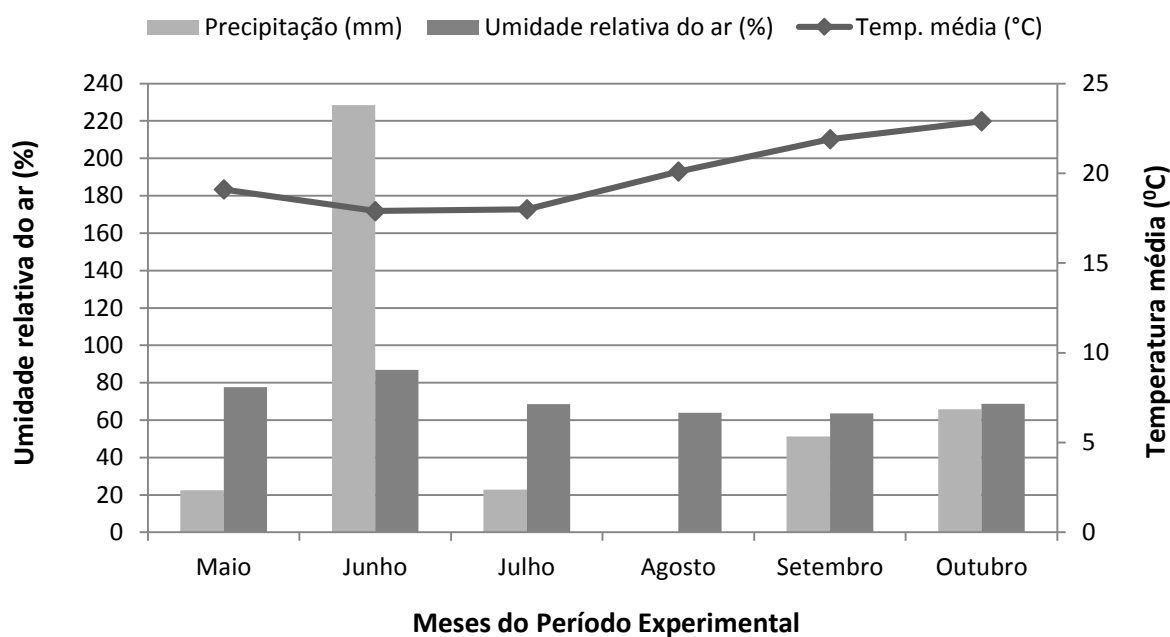


Figura 1. Dados Meteorológicos durante o ciclo da cultura do cártamo no ano de 2012. Fonte: Estação Meteorológica da FCA.

5.5. Parâmetros avaliados

- Dias para início do florescimento/florescimento pleno;
- Número de ramos por planta: obtido através da contagem do número de ramos em 10 plantas por parcela e calculada sua média;
- Altura de plantas (cm): medida realizada com o auxílio de uma régua graduada em centímetros do solo até o ápice da planta, sendo feita a leitura em 5 plantas por parcela e calculada sua média;
- Diâmetro de caule (mm): medida realizada com o auxílio de um paquímetro digital na base do caule, sendo feita a leitura em 5 plantas por parcela e calculada sua média;
- Número de capítulos por planta: obtido através da contagem do número de capítulos em 10 plantas por parcela e calculada sua média;
- Peso de 1000 grãos (g): obtido através da contagem de quatro amostras de 100 grãos e posterior pesagem;

- Produtividade (kg ha^{-1}): obtida através da colheita de todas as plantas da área útil da parcela, corrigida para 13% de umidade e posteriormente extrapolada para kg ha^{-1} ;
- Teor de óleo (%): determinado pelo método de ressonância magnética nuclear, utilizando uma amostra de 7 g de sementes para cada parcela.

5.6. Estatística aplicada

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. As estimativas dos parâmetros genéticos foram calculadas baseando-se na esperança dos quadrados médios, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Esquema da análise de variância e as esperanças de quadrados médios entre os acessos de cártamo

F.V.	G.L.	Q.M.	F	E(QM)
Blocos	$r - 1$			-
Acessos	$a - 1$	QMG	QMG/QMR	$\sigma^2 + r\sigma_g^2$
Resíduo	$(r - 1)(a - 1)$	QMR		σ^2
Total	$rg - 1$			

As estimativas dos componentes de variâncias e de parâmetros genéticos são dadas pelas seguintes expressões:

$$\sigma_g^2 = \frac{\text{QMG} - \text{QMR}}{r}$$

Onde o σ_g^2 corresponde à variância genética entre médias, os QMG e QMR correspondem à variação entre os acessos e a variação experimental, respectivamente, e o r se refere ao número de repetições;

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\text{QMG}/r}$$

Onde o h^2 corresponde ao coeficiente de herdabilidade e os demais parâmetros são os mesmos descritos anteriormente;

$$CVg = \frac{100\sqrt{\sigma_g^2}}{\hat{\mu}_a}$$

Em que o CVg corresponde ao coeficiente de variação genético, e o $\hat{\mu}_a$ representa a média geral dos acessos.

5.7. Determinação da divergência genética

As medidas de divergência genética foram obtidas por meio da distância generalizada de Mahalanobis (D^2) entre os acessos combinados dois a dois. Essa medida de dissimilaridade é calculada conforme a equação definida por Mahalanobis (1936) citado por Cruz e Regazzi (1997), sendo esta adequada para dados provenientes com repetições em delineamentos experimentais. De posse das informações, são obtidas as médias de cada parâmetro X_{ij} para cada tratamento (acesso) e a matriz $n \times n$ de dispersão residual (ψ) entre os caracteres avaliados, cuja diagonal estarão contidos os valores dos quadrados médios do resíduo de cada parâmetro avaliado, obtidos por meio da análise de variância e os demais valores representam as covariâncias entre os caracteres. As estimativas de $D^2_{ii'}$ são obtidas através da expressão:

$$D^2_{ii'} = \delta' \psi^{-1} \delta$$

$D^2_{ii'}$ = distância generalizada de Mahalanobis entre os acessos i e i' ;

ψ = matriz de variâncias e covariâncias residuais;

$\delta' = [d_1, d_2, \dots, d_n]$, sendo $d_n = Y_{ij} - Y_{i'j}$

d_n = representa a diferença entre médias de dois acessos i e i' para cada característica avaliada;

Y_{ij} = média do i -ésimo acesso em relação a j -ésimo parâmetro.

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software Genes (CRUZ, 2006).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Variabilidade genética entre os acessos de cártamo

Na Tabela 2, encontram-se o resumo da análise de variância, as médias gerais, o coeficiente de variação ambiental e os parâmetros genéticos relativos às variáveis avaliadas dos 16 acessos de cártamo. Houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis, produtividade, peso de 1000 grãos, altura de plantas, diâmetro de colmo e teor de óleo, pelo teste F.

Os coeficientes de variação experimental divergiram de 7,55% para a variável peso de 1000 grãos a 30,20% para a variável número de capítulos por planta. O coeficiente de variação da produtividade foi de 22,14%. Pimentel Gomes (2000) considera que valores de coeficiente de variação entre 20 e 30% são elevados. Porém, para a variável produtividade e outras que são bastante influenciadas pelo ambiente, são valores que podem ser considerados aceitáveis, até porque também se tratam de acessos que foram pouco estudados e não tem grandes níveis de melhoramento. Para as demais variáveis, os valores do coeficiente de variação foram classificados entre médios e baixos.

Os valores obtidos das estimativas dos parâmetros genéticos para herdabilidade e a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de

variação experimental, demonstram uma condição favorável à seleção para as características avaliadas (com exceção ao número de capítulos por planta). A herdabilidade variou de 28,94% para número de ramos por planta, a 90,53% para produtividade, e a razão do coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental variou de 0,36 também para número de ramos por planta, a 1,78 para produtividade.

Pôde-se observar que os valores obtidos para a herdabilidade são elevados, mesmo se tratando de características bastante influenciadas pelo ambiente, como foi o caso da produtividade (90,53%) e do peso de 1000 grãos (87,67%). Isso pode ser explicado pelo fato desses materiais de cártamo terem origens variadas, e conseqüentemente haver variações acentuadas entre eles, o que não é comum em populações de mesma origem, ou que já sofreram processos de melhoramento.

Quanto mais próximo dos 100% forem os valores de herdabilidade, maiores serão os ganhos genéticos nas próximas seleções. Ou seja, permitem predizer que o acréscimo na média dos caracteres avaliados nos acessos selecionados, serão próximos aos diferenciais de seleção, e que naturalmente será decrescido à medida que a variabilidade for reduzindo.

Com relação aos valores obtidos para a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, pôde-se observar elevados níveis desse índice para a maioria dos caracteres, até mesmo das que são influenciadas pelo ambiente, que também foi o caso da produtividade (1,78) e do peso de 1000 grãos (1,54). Segundo Vencovsky (1992), quando este índice for maior que 1,0 é um indicativo de que a variação genética supera a variação ambiental, fornecendo desta forma uma condição favorável para praticar seleção com maior eficiência e menor interferência ambiental.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, média e estimativa dos parâmetros genéticos para produtividade (PROD), peso de 1000 grãos (P1000), altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), número de ramos por planta (NRAM), número de capítulos por planta (NCAP), e teor de óleo (OLEO) de acessos de cártamo

F.V.	Quadrado Médio							
	GL	PROD	P1000	ALT	DIAM	NRAM	NCAP	OLEO
Acessos	15	83192,18	75,12	366,15	2,48	0,80	3,40	29,29
Blocos	2	8688,02	5,64	498,32	1,82	0,65	2,69	4,48
Resíduo	30	7878,02	9,25	120,12	0,85	0,56	3,53	6,56
F		10,56*	8,11*	3,04*	2,89*	1,40	0,96	4,45*
Média		400,72	40,29	79,30	5,45	4,51	6,22	24,20
CVe (%)		22,14	7,55	13,81	16,98	16,71	30,20	10,58
σ^2_g		25104,72	21,95	82,01	0,54	0,07	0	7,57
h² (%)		90,53	87,67	67,19	65,43	28,94	0	77,57
CVg (%)		39,53	11,62	11,41	13,48	6,16	0	11,36
CVg/CVe		1,78	1,54	0,82	0,79	0,36	0	1,07

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

6.2. Análises univariadas dos caracteres morfo-agronômicos

Na Tabela 3, são encontrados os dados de produtividade e seus componentes de produção dos 16 acessos de cártamo avaliados em Botucatu-SP no ano de 2012.

Para a variável produtividade, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os acessos de cártamo, e foi possível observar quatro grupos distintos. O primeiro grupo, formado por três acessos, apresentou uma média superior a 600 Kg ha^{-1} , sendo que o acesso mais produtivo teve média de $656,6 \text{ Kg ha}^{-1}$ (PI544030), e a menor média do primeiro grupo foi de $596,6 \text{ Kg ha}^{-1}$ (PI401477).

Mesmo sendo o grupo mais produtivo, as médias podem ser consideradas baixas do que a cultura normalmente pode render. Silva (2013), avaliando diferentes acessos de cártamo em diferentes regiões, obteve resultados de produtividade de acessos de cártamo superiores a 1500 Kg ha^{-1} . O principal motivo pelo qual o autor explica o baixo rendimento de produtividade foi pela irregularidade da precipitação pluvial durante o período experimental, a cultura passou por um forte estresse hídrico durante os estádios de alongamento caulinar à florescimento, ficando 70 dias consecutivos sem chuva entre os meses de Julho à Agosto (Figura 1). Outro motivo muito importante que deve ser levado em consideração pela baixa produtividade, é em relação à adubação, pois a condução do experimento foi totalmente desprovida de adubação, nem na semeadura e tampouco de cobertura. E o cártamo sendo uma cultura que apresenta respostas consistentes na presença de fertilizantes como nitrogênio, fósforo e potássio, provavelmente deve ter carecido desses macronutrientes primários para ter um bom desempenho produtivo. E um último motivo que também é relevante, é pelo fato da cultura do cártamo ainda não possuir um zoneamento agrícola no Brasil e não ter definido ao certo as suas práticas culturais, que possam fornecer condições que permitam a otimização do seu desempenho e expressar o máximo do seu potencial produtivo.

O segundo grupo apresentou uma média de produtividade superior a 450 Kg ha^{-1} , e foi formado por sete acessos de cártamo na qual suas médias variaram de $386,6$ a 510 Kg ha^{-1} , PI613409 e PI568795, respectivamente.

O terceiro grupo foi formado por dois acessos de cártamo e suas médias de produtividade variaram de 310 a 340 Kg ha^{-1} , PI405976 e PI572470 respectivamente, resultando numa média de 325 Kg ha^{-1} .

E o quarto grupo que apresentou as menores médias de produtividade e que podem ser considerados os materiais menos promissores, foi formado por quatro acessos de

cártamo e apresentou uma média de 172,5 Kg ha⁻¹. Suas médias variaram de 140 a 230 Kg ha⁻¹, PI537673 e PI405955, respectivamente. A média geral de produtividade de todos os acessos de cártamo avaliados foi de 400,7 Kg ha⁻¹.

Tabela 3. Médias de produtividade (PROD), peso de 1000 grãos (P1000), altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), número de ramos por planta (NRAM), número de capítulos por planta (NCAP), e teor de óleo (OLEO).

Acessos	PROD	P1000	ALT	DIAM	NRAM^{ns}	NCAP^{ns}	OLEO
	Kg ha ⁻¹	g	cm	mm	nº planta ⁻¹	nº planta ⁻¹	%
PI401475	456,6b	38c	78b	5,0b	4	5	24,81a
PI401477	596,6a	37c	62b	3,9b	4	5	24,58a
PI401480	405,0b	40b	72b	4,7b	5	6	23,31b
PI401576	635,0a	50a	76b	5,2b	5	6	26,03a
PI401578	485,0b	42b	84a	5,7a	5	7	22,17b
PI405955	230,0d	41b	94a	6,2a	4	6	17,33b
PI405976	310,0c	34d	77b	5,2b	4	6	21,38b
PI451954	155,0d	43b	70b	4,4b	4	5	21,98b
PI451956	480,0b	47a	69b	5,5a	5	7	25,59a
PI537637	460,0b	30d	78b	6,0a	5	6	30,18a
PI537673	140,0d	43b	60b	3,8b	3	4	22,56b
PI537712	165,0d	40b	77b	5,5a	5	6	28,72a
PI544030	656,6a	38c	90a	6,3a	4	7	21,64b
PI568795	510,0b	40b	90a	5,5a	5	6	24,62a
PI572470	340,0c	33d	88a	6,6a	5	6	27,26a
PI613409	386,6b	41b	97a	6,9a	5	9	25,05a
CV (%)	22,14	7,55	13,81	16,98	16,71	30,2	10,58

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de ScottKnott ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo pelo teste F.

Para a variável peso de 1000 grãos, também houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os acessos de cártamo, formando quatro grupos distintos (Tabela 3). O primeiro grupo e o que apresentou as maiores médias foi formado por dois acessos de cártamo, e suas médias foram de 47 e 50 gramas, PI451956 e PI401576, respectivamente. Esses valores podem ser considerados altos, tendo em vista que normalmente as médias dessa variável

difícilmente ultrapassam os 40 gramas, como foi observado por Öztürk, Özer e Polat (2008) e Beyyavas et al., (2011).

O segundo grupo foi formado por oito acessos de cártamo, e sua média também foi superior a 40 gramas. As médias variaram de 40 a 43 gramas, PI401480, PI537712, PI568795, PI451954 e PI537673, respectivamente. Esses valores ainda assim podem ser considerados altos se comparados com os valores obtidos por Pahlavani et al., (2007) e Feizi et al., (2010) cujos resultados não superaram os 35 gramas.

Apesar dessa variável estar diretamente relacionada com a produtividade, nem sempre os maiores valores de peso de 1000 grãos refletirão em maiores produtividades, se porventura houver uma redução no número de ramos por planta ou de capítulos. Ou ainda, em alguns acessos onde há redução do peso de 1000 grãos, a produtividade poderia ser compensada no aumento do número de capítulos por planta, como o autor constatou no acesso PI544030.

O terceiro grupo foi composto por três acessos e suas médias variaram de 37 a 38 gramas, PI401477, PI401475 e PI544030, respectivamente.

E o quarto e último grupo também foi formado por três acessos, na qual suas médias variaram de 30 a 34 gramas, PI537637 e PI405976, respectivamente.

Para a variável altura de plantas, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os acessos de cártamo, formando dois grupos distintos (Tabela 3). O primeiro grupo que compõe as plantas mais altas foi composto por seis acessos e sua média de altura foi de 90,5 cm. As médias variaram de 84 a 97 cm, PI401578 e PI613409, respectivamente.

O segundo grupo, das plantas mais baixas, foi composto por dez acessos e sua média foi de 71,9 cm. As médias variaram de 60 a 78 cm, PI537673, PI401475 e PI537637, respectivamente.

Vale ressaltar que a altura de plantas é uma característica muito importante que deve ser levado em consideração na hora da seleção dos genótipos mais promissores, pois os materiais selecionados devem possuir uma altura na qual favoreça a colheita mecanizada. Plantas muito baixa podem dificultar o processo de colheita podendo ocorrer o embuchamento do molinete da máquina colhedora; e plantas altas têm uma tendência maior ao acamamento no campo, ou seja, é uma característica que está diretamente relacionada à resistência das plantas ao acamamento, segundo Cruz et al., (2001), avaliando diferentes caracteres de trigo para identificação do caráter para seleção.

Para a variável diâmetro de colmo, também houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os acessos de cártamo, formando dois grupos (Tabela 3). O primeiro grupo composto por nove acessos apresentou uma média de 6,0 mm, e suas médias variaram de 5,5 a 6,9 mm, PI451956, PI537712, PI568795 e PI613409, respectivamente.

O segundo grupo foi formado por sete acessos e obteve uma média de 4,6 mm e suas médias variaram de 3,8 a 5,2 mm, PI537673, PI401576 e PI405976, respectivamente.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas para as variáveis número de ramos por planta e número de capítulos por planta entre os acessos de cártamo, essas características podem ser consideradas características que estão diretamente relacionadas à produtividade. Zoz (2012), avaliando componentes de produção e produtividade do cártamo, obteve alta correlação fenotípica positiva e significativa entre número de ramos por planta e número de capítulos por planta (0,823), concluindo que para seleção de genótipos de cártamo com maior produtividade de grãos, deve-se realizar a seleção de plantas com maior número de ramos e capítulos por planta.

Para a variável teor de óleo, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os acessos de cártamo, e estes foram ordenados em dois grupos (Tabela 3). O primeiro grupo que compõe os materiais com maiores teores de óleo foi formado por nove acessos, obtendo uma média de 26,31% de óleo. Suas médias variaram de 24,58 a 30,18% de óleo, PI401477 e PI537637, respectivamente.

Assim como a produtividade, estes valores de teor de óleo podem ser considerados baixos, pois nos principais programas de melhoramento de cártamo existentes, os valores de teor de óleo nas cultivares desenvolvidas superam os 40% (CORONADO, 2010).

Segundo o autor, provavelmente a principal explicação com relação ao baixo teor de óleo obtido nos acessos de cártamo, se deve às próprias características genéticas dos acessos avaliados. É provável que a baixa disponibilidade hídrica não seja tão decisiva para alterar o teor de óleo na semente de cártamo, tendo como base os resultados fornecidos por Öztürk et al., (2008), que avaliando 12 cultivares de cártamo sob condições de irrigação e sequeiro observaram que em alguns genótipos houve uma redução pouco significativa no teor de óleo quando estes foram submetidos ao déficit hídrico. No entanto, alguns deles mantiveram praticamente com valores constantes independentemente do regime hídrico, variando apenas a produtividade, que por sinal foi superior em condições irrigadas.

Outro exemplo semelhante foi constatado no trabalho de Kose (2013), que avaliou 18 genótipos de cártamo sob duas condições: sequeiro e irrigado. E observou que os teores de óleo mantiveram praticamente inalterados, independente do fornecimento de água ou não.

O segundo grupo foi formado por sete acessos, alcançando uma média de 21,48% de óleo. Suas médias variaram de 17,33 a 23,31% de óleo para PI405955 e PI401480, respectivamente. A média geral de teor de óleo de todos os acessos de cártamo avaliados foi de 24,20%. Sem considerar a baixa produtividade dos acessos de cártamo, se a produtividade média dos 16 genótipos avaliados foi de 400,7 Kg ha⁻¹, e o teor médio de óleo dos grãos foi de 24,20%, pode-se concluir que a produção de óleo pode chegar a aproximadamente 97,0 Kg ha⁻¹. A produtividade junto com o teor de óleo são as características de maior relevância na cultura do cártamo, por isso um dos principais objetivos num programa de melhoramento é a obtenção de cultivares produtivos e com altos teores de óleo.

6.3. Análise de divergência genética

Para calcular a divergência genética entre os 16 acessos de cártamo, foi utilizada a técnica de estatística experimental multivariada conhecida como análise de agrupamento, e as suas medidas de dissimilaridade foram calculadas pela distância generalizada de Mahalanobis. A partir dessas medidas, foi possível ordenar os 16 acessos de cártamo em 6 grupos distintos em função da semelhança entre as suas médias das características morfo-agronômicas e a estrutura de variação intra grupo. Na Tabela 4, são encontrados os 16 acessos de cártamo ordenados nos 6 grupos distintos com as suas respectivas frequências.

Tabela 4. Análise de agrupamentos de 16 acessos de cártamo conforme o método de otimização de Tocher através da distância generalizada de Mahalanobis

Grupos	Acessos	Frequência (%)
I	PI451954, PI537673, PI613409, PI401578, PI401475, PI401480, PI568795, PI405976	50,00
II	PI401576, PI451956, PI401477	18,75
III	PI537637, PI572470	12,50
IV	PI537712	6,25
V	PI544030	6,25
VI	PI405955	6,25

O grupo I apresentou o maior número de acessos, num total de oito, representando 50% dos acessos avaliados. A formação deste grupo se deu a partir dos acessos PI451954 e PI537673, cuja distância entre ambos foi de 2,7 (Apêndice A). A média de produtividade e teor de óleo do grupo I foi de 356,0 Kg ha⁻¹ e 23,24%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de produtividade (PROD), peso de 1000 grãos (P1000), altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), número de ramos por planta (NRAM), número de capítulos por planta (NCAP), e teor de óleo (OLEO) dos diferentes grupos de cártamo formados a partir do método de otimização de Tocher.

Grupos	PROD	P1000	ALT	DIAM	NRAM	NCAP	ÓLEO
	Kg ha ⁻¹	g	cm	mm	nº planta ⁻¹	nº planta ⁻¹	%
I	356,0	40	79	5,2	4	6	23,24
II	570,5	45	69	4,9	5	6	25,40
III	400,0	32	83	6,3	5	6	28,72
IV	165,0	40	77	5,5	5	6	28,72
V	656,6	38	90	6,3	4	7	21,64
VI	230,0	41	94	6,2	4	6	17,33

O grupo II, composto por três acessos e representando 18,75% dos materiais avaliados, obteve uma boa média de produtividade de 570,5 Kg ha⁻¹ e a maior média de peso de 1000 grãos (Tabela 5). Neste mesmo grupo foram concentrados os acessos de altura mais baixa e de menor diâmetro de colmo. A média do teor de óleo foi de 25,40%. Pode ser considerado um grupo representado por acessos bastante promissores, pois possui boas médias em características importantes como produtividade, peso de 1000 grãos e altura de plantas.

O grupo III, que foi formado por dois acessos, representando 12,50% dos materiais avaliados, obteve uma produtividade média razoável de 400,0 Kg ha⁻¹, e um peso de 1000 grãos de 32 gramas (Tabela 5). A característica que mais se destacou foi o teor de óleo, alcançando uma média de 28,72%, a maior média dentre os grupos, ao lado do grupo IV.

Os grupos IV, V e VI, foram representados por apenas um acesso em cada grupo, destacando-se o grupo V pela sua produtividade que foi a maior dentre todos os grupos, alcançando uma média de 656,6 Kg ha⁻¹. A menor média de produtividade dentre os grupos,

foi do grupo IV, com 165,0 Kg ha⁻¹, porém o seu teor de óleo, junto com o grupo III, teve a maior média. O grupo VI pode ser considerado o menos promissor de todos, pois possui uma baixa produtividade média de 230,0 Kg ha⁻¹ e um baixíssimo teor de óleo de 17,33%, e é o grupo que tem as plantas mais altas, podendo futuramente ser um problema de acamamento (Tabela 5).

O uso de técnicas multivariadas, especialmente as análises de dissimilaridade genética, apresenta-se como uma grande ferramenta auxiliadora junto com os métodos estatísticos univariados por permitir a obtenção de conclusões mais abrangentes já que se baseiam no comportamento de cada indivíduo em relação aos demais através do estudo simultâneo de várias características que são simplificadas por meio de índices que podem facilitar a retirada de conclusões. Mas apesar desta grande vantagem, nem sempre as características agrônomicas mais importantes, como a produtividade, por exemplo, exercem influências na definição dos grupos, como foi observado no grupo I, onde o acesso PI537673, que obteve uma produtividade média de 140,0 Kg ha⁻¹ e o PI568795 que obteve 510,0 Kg ha⁻¹ são considerados similares. Situação semelhante aconteceu em relação à variável peso de 1000 grãos no grupo II, onde o acesso PI401477 apresentou um peso de 37 gramas e o acesso PI401576 que apresentou um peso de 50 gramas também são considerados similares. Ou seja, se para algumas variáveis, as médias são discrepantes no mesmo grupo, em outras variáveis as médias já são mais similares, havendo maior concordância e similaridade fenotípica entre os acessos do mesmo grupo pertencente.

Os baixos valores de dissimilaridade dentro de cada grupo sugerem não haver êxito caso sejam realizados cruzamentos entre esses genótipos, devido à estreita base genética existente entre eles. Por outro lado, é possível que ocorram combinações interessantes entre os grupos distintos. Assim, quando se tem populações com base genética pouco ampla, orienta-se identificar os mais divergentes para direcionar cruzamentos visando o aumento da variabilidade genética em busca de combinações superiores (SILVA et al., 2012).

Considerando as variáveis produtividade, peso de 1000 grãos e teor de óleo, se fosse para direcionar alguns cruzamentos entre grupos que pudessem resultar em combinações interessantes agronomicamente, o autor sugeriria os seguintes cruzamentos: acesso PI544030 do grupo V com todos os três acessos do grupo II, por serem os grupos que possuem os acessos mais produtivos, e pelo grupo II que possui os acessos de maior média de peso de 1000 grãos. Outro cruzamento interessante poderia ser do mesmo acesso PI544030 do grupo V, que possui a maior média de produtividade de 656,6 Kg ha⁻¹, com o acesso PI537637 do

grupo III, que possui uma produtividade média razoável de 460,0 Kg ha⁻¹, porém é o acesso que possui a maior média de teor de óleo de 30,18%. Outras opções de cruzamentos interessantes considerando a produtividade poderiam ser do acesso PI544030 do grupo V, com os acessos PI568795, PI401578 e PI401475 do grupo I. Outra combinação interessante seria o acesso PI537637 do grupo III que possui a maior média de teor de óleo, com o acesso PI401576 do grupo II que tem uma boa média de produtividade e a maior média de peso de 1000 grãos. E utilizando o mesmo acesso PI537637 do grupo III, poderia também ser uma boa opção de cruzamento com o acesso PI568795 do grupo I, que tem uma boa média de produtividade. E uma última possível boa opção de cruzamento seria o acesso PI401576 do grupo II, que possui uma boa média de produtividade e a maior média de peso de 1000 grãos, com o acesso PI568795 do grupo I, que também possui uma boa média de produtividade.

7. CONCLUSÕES

Existe alta variabilidade genética entre os 16 acessos de cártamo para a maioria das características avaliadas, possibilitando promover ganhos genéticos futuros.

O método estatístico multivariado permitiu agrupar os acessos em até 6 grupos divergentes geneticamente, dando condições de fazer boas combinações de cruzamento entre os acessos, visando alcançar o máximo de heterose.

8. REFERÊNCIAS

ASHRI, A.; KNOWLES, P. F. Cytogenetics of safflower (*Carthamus L.*) species and their hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, n. 1, p. 11-17, 1960.

BEYYAVAS, V.; HALILOGLU, H.; COPUR, O.; YILMAZ, A. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius L.*) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 527-534, 2011.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2009, 529p.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997, 390p.

CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005, 394p.

CRUZ, C. D. Programa GENES: **Estatística experimental e matrizes**. Viçosa - UFV, 2006, 285p.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563 – 568, 2001.

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

DANIELI, P. P.; PRIMI, R.; RONCHI, B.; RUGGERI, R.; ROSSINI, F.; PUGLIA, S.; CERETI, C. F. The potential role of spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L. var. *inermis*) as fodder crop in central Italy. **Italian Journal of Agronomy**, v. 6, n. 1, p. 19-22, 2011.

EKIN, Z. Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view. **Journal of Agronomy**, v. 4, n. 2, p. 83-87, 2005.

EMONGOR, V. Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: a review. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 6, p. 299-306, 2010.

FEIZI, M.; HAJABBASI, M. A.; MOSTAFAZADEH-FARD, B. Saline irrigation water management strategies for better yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in an arid region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 4, n. 6, p. 408-414, 2010.

GRACIA, A. B.; MÁRQUEZ, J. P.; CAMARENA, M. G. G.; ESPINOZA, X. M. O.; CORONADO, L. M.; CERVANTES, J. M. **Guía para producir cártamo en Sinaloa**. Fundación Produce, Sinaloa México, 2010, 22p.

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.

KOSE, A. Research on yield and quality characteristics of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) lines and varieties under dry and irrigated conditions in Turkey. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n. 1, p. 553-556, 2013.

KUMAR, H. Cytogenetics of safflower. In: TSUCHIYA, Y.; GUPTA, P. K. (Eds.). **Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution**. Part B. Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 251-277

KUMARI, L. **Evaluation of early generations of interspecific crosses of *Carthamus* species for productive recombinants**. 2009. 64 f. Master of Science (Agriculture) in Genetics and Plant Breeding -College of Agriculture, Dharwad.University of Agricultural Sciences, Dharwad, 2009.

MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, v. 2, n. 1, p. 49-55, 1936.

MÜNDEL, H. H.; BERGMAN, J. W.: Safflower In: VOLLMANN,J.; RAJCAN,I: **Handbook of plant breeding: Oil Crops**,p.422-447, 2009.

OELKE, E. A.; OPLINGER, E. S.; TEYNOR, T. M.; PUTNAM, D. H.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. **Safflower**. Alternative Field Crops Manual, 8p, 1992. Disponível em <www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>. Acessado em: 05 de Janeiro de 2014.

ÖZTÜRK , E.; ÖZER, H.; POLAT, T. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in a highland environment. **Plant, Soil and Environment**, v. 54, n. 10, p. 453-460, 2008.

PAHLAVANI, M. H.; SAEID, G.; MIRLOHI, A. F. Genetic analysis of seed yield and oil content in safflower using F₁ and F₂ progenies of diallel crosses. **International Journal of Plant Production**, n. 1, v. 2, p. 129-140, 2007.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª edição, Piracicaba: Fealq, 2009. 451p.

RAVIKUMAR, R. L.; PRIYA, M. S.; PATIL, B. S.; SATISH, D. DNA profiling and fingerprinting of selected mutants for marker analysis in safflower (*Carthamus tintorius* L.). In: INTERNATIONAL SAFFLOWER CONFERENCE, 6., 2005, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: Esendal, 2005.

SABZALIAN, M. R. MIRLOHI, A.; SAEIDI, G.; RABBANI, M. T. Genetic variation among populations of wild safflower, *Carthamus oxyacanthus* analyzed by agro-morphological traits and ISSR markers. **Genetic Resource Crop Evolution**, Witzhausen, v. 56, n. 8, p. 1057-1064, 2009.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.306p.

SEHGAL, D.; RAINA, S. N. Genotyping safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars by DNA fingerprints. **Euphytica**, Wageningen, v. 146, n. 1-2, p. 67-76, 2005.

SINGH, V.; NIMBKAR, N.: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), In: SINGH, R, J. **Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops**, Boca Raton, p. 168-194, 2007.

SILVA, J. M.; AGUIAR, A. V.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. Divergência genética entre progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* com base em caracteres quantitativos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 69-77, 2012.

SILVA, C. J. **Caracterização Agronômica e Divergência Genética de Acessos de Cártamo**. 2013. 51 p. Tese. (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP. 2013.

USDA, ARS, **National Genetic Resources Program. *Germplasm Resources Information Network - (GRIN)***. Disponível em <<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/acc/display.pl?1302309>>. Acessado em 13 de Fevereiro de 2014.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (ed.) **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v. 1, p. 137-214.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496 p.

VOLLMANN, J.; RAJCAN, J. W. **Handbook of Plant Breeding: Oil Crops**, 548p, 2010.

ZOZ, T. **Correlação e análise de trilha de produtividade em grãos e seus componentes e caracteres de planta em cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2012. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP. 2012.

APÊNDICES

Apêndice A. Matriz de medidas de dissimilaridade por meio da distância generalizada de Mahalanobis entre 16 acessos de cártamo em relação a sete variáveis morfo-agronômicas.

Acessos	2*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	15,9	5,9	29,4	6,6	40,0	9,0	18,8	25,9	36,3	16,4	25,4	11,9	2,8	17,8	10,4
2		12,0	18,6	20,6	94,3	31,8	54,4	16,6	33,7	43,6	42,7	26,8	19,4	42,1	43,1
3			20,0	4,4	45,6	10,4	18,6	12,7	40,2	14,5	20,1	18,8	6,4	26,0	14,7
4				23,2	95,9	56,0	53,0	7,8	75,9	45,1	55,8	37,1	26,5	73,1	47,7
5					30,5	11,3	18,0	21,1	56,1	19,6	35,3	7,4	4,9	31,5	7,8
6						26,3	19,0	88,5	118,8	32,7	68,1	38,7	36,8	55,1	17,8
7							18,0	40,3	36,9	18,0	21,8	20,2	11,5	11,4	9,4
8								44,6	83,8	2,7	29,9	38,6	21,4	40,8	13,5
9									50,8	33,5	31,4	40,3	27,2	50,5	39,6
10										68,9	28,1	61,8	44,8	14,8	56,9
11											20,6	42,4	21,9	36,0	18,7
12												61,9	29,8	16,3	29,8
13													10,9	37,6	15,2
14														23,6	10,2
15															20,8
16															

* 1: PI401475, 2: PI401477, 3: PI401480, 4: PI401576, 5: PI401578, 6: PI405955, 7: PI405976, 8: PI451954, 9: PI451956, 10: PI537637, 11: PI537673, 12: PI537712, 13: PI544030, 14: PI568795, 15: PI572470, 16: PI613409.

Apêndice B. Dias para início do florescimento e florescimento pleno de 16 acessos de cártamo avaliados em Botucatu-SP.

Acessos	Dias para início do florescimento	Dias para florescimento pleno
PI401475	104	128
PI401477	102	124
PI401480	105	128
PI401576	106	127
PI401578	111	133
PI405955	113	133
PI405976	115	135
PI451954	112	131
PI451956	107	126
PI537637	112	129
PI537673	110	125
PI537712	111	132
PI544030	115	132
PI568795	110	130
PI572470	112	132
PI613409	111	132