UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

MATEUS OLIVO

CRUZAMENTOS DIALÉLICOS F_1 E F_2 EM CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.)

Botucatu

2017

MATEUS OLIVO

CRUZAMENTOS DIALÉLICOS F_1 E F_2 EM CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.)

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Maurício Dutra Zanotto

Botucatu

2017

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

Olivo, Mateus, 1987-
O49c Cruzamentos dialélicos f_1 e f_2 em cártamo (*Carthamus inctorius* L.) / Mateus Olivo.– Botucatu :[s.n.] , 2017
49 p. : il. , color. grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Maurício Dutra Zanotto
Inclui bibliografia

1. Plantas cultivadas - Genética. 2. Plantas oleaginosas – Melhoramento genético. 3. Heterose. 4. Asteraceae. I. Zanotto, Maurício Dutra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CRUZAMENTOS DIALÉLICOS F1 E F2 EM CÁRTAMO (CARTHAMUS TINCTORIUS L.)"

AUTOR: MATEUS OLIVO
ORIENTADOR: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Prof. Dr. SÉRGIO GONÇALVES DUTRA
IMAmt / Instituto Mato-Grossense do Algodão

Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Depto de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. TIAGO ZOZ
Depto. Agronomia / Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Dr. LEO ZIMBACK
Floresta Estadual de Botucatu / Instituto Florestal do Estado de São Paulo

Botucatu, 02 de junho de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Aos meus pais, e minha irmã pela compreensão e incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto, pela confiança, orientação e ensinamentos repassados durante todo o período.

Ao Prof. Dr. Dick L Auld e toda sua equipe da Texas Tech University pelo acolhimento e ensinamentos repassados durante o período de intercambio.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Agricultura da UNESP pelos ensinamentos e auxílios.

Ao Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT), por colaborar fornecendo os acessos utilizados neste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

A todos os colegas e amigos da Pós-Graduação. Em especial ao Doglas Bassegio que sempre me auxiliou em todas as etapas do projeto, pela troca de informações e companheirismo.

Enfim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, muito obrigado!

RESUMO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) membro da família Asteraceae, atualmente é cultivado principalmente como planta oleaginosa. Pode ser utilizado como cultura de inverno em locais de temperaturas amenas e como cultura de primavera em locais de temperaturas mais baixas, apresenta boa adaptação em ambientes de clima mais seco. Atributos que podem torná-lo uma cultura de importante expressão no cerrado brasileiro, local o qual possui um longo período seco com temperaturas elevadas durante o inverno, dificultando o cultivo de outras espécies. Destaca-se como uma cultura estratégica, apresenta boa tolerância a estresse por déficit hídrico em especial no final de ciclo, além de características adequadas para mecanização facilitando o uso dos mesmos equipamentos utilizados nos demais cultivos como soja e milho. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo genético para gerar informações aos programas de melhoramento genético. Foram avaliadas 10 combinações em dialelo completo sem recíprocos, em F_1 e F_2. Na geração F_1 foram avaliadas as características de número de capítulos por planta, número de ramos por planta e produção de grãos por planta. Na geração F_2 repetiram-se as avaliações realizadas em F_1 acrescentando altura de planta, número de grãos por planta, número de grãos por capítulo e percentagem de óleo nos grãos. Após foi determinado a capacidade geral e específica de combinação e análise de correlação simples. As principais conclusões são: Os melhores cruzamento para produção de grãos formam PI537697/PI653152 e PI572450/PI653152 e para teor de óleo formam PI572450/PI572470 e PI572470/PI653152; para todas as características avaliadas em F_1 e F_2, exceto número de ramos, foi possível observar a contribuição da capacidade geral de combinação na variação genética das populações e para as características altura de planta, produção de grãos por planta, número de grãos por planta, número de grãos por capítulo e percentagem de óleo nos grãos, existe a contribuição da capacidade específica de combinação na variação genética das populações e evidenciando ações gênicas não aditivas e o teor de óleo nos grãos não possui correlação significativa com demais características agronômicas avaliadas.

Palavras-chave: Oleaginosas. Capacidade geral de combinação. Capacidade específica de combinação. Heterose.

ABSTRACT

Safflower *(Carthamus tinctorius* L.), a member of the Asteraceae family, it is currently cultivated mainly as an oilseed plant. It can be used as a winter crop in mild temperatures and as a spring crop in lower temperature. It is well adapted in drier climates. Attributes that can make it a crop of important expression in the Brazilian "Cerrado Area", a place that has a long dry period with high temperatures, making difficult the cultivation of other species. In this scenario the safflower is configured as a strategic crop that presents good stress tolerance due to water deficit, especially at the end of the season, besides characteristics suitable for mechanization, using the same equipment already used in other crops as corn and soybeans. The objective of this study is to perform a genetic study to provide information to breeding programs. We evaluated 10 combinations in complete diallel without reciprocal, in F_1 and F_2. In the F_1 generation were evaluated: number of head per plant, number of branches per plant and seed production per plant. In the F_2 generation the evaluations performed in F_1 were repeated, and added plant height, number of seeds per plant, number of seeds per chapter and percentage of oil in the seeds. After general and specific combining ability were determined, also a simple correlation analysis was performed. The main conclusions are: The best crossing to seed production were PI537697/PI653152 e PI572450/PI653152 and to oil content were PI572450/PI572470 e PI572470/PI653152. For all the characteristics evaluated in F_1 and F_2, except for number of branches, it was possible to observe the general combining ability contribution in the genetic variation of the populations and for the characteristics plant height, seed production per plant, number of seeds per plant, number of seeds by head and percentage of oil in the seeds, there is the contribution of the specific combining ability in the genetic variation of the populations and showing non-additive gene actions and the oil content in the seeds does not have significant correlation with other evaluated agronomic

Keywords: Oilseeds. General combining ability. Specific combining ability. Heterosis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 REVISÃO DE LITERATURA 14
2.1 Aspectos gerais da cultura 14
2.2 Origem domestição e fontes de germoplasma 16
2.3 Melhoramento genético 17
2.3.1 Divergência genética 18
2.3.2 Heterose 19
2.3.3 Análise dialélica 20
2.3.4 Correlação 21
3 MATERIAL E MÉTODOS 23
3.1 Material genético 23
3.2 Realização das hibridações 23
3.3 Avaliações dos F_1 e obtenção das sementes F_2 28
3.3.1 Características avaliadas em F_1 29
3.4 Avaliações das populações F_2 29
3.4.1 Características avaliadas em F_2 30
3.5 Análise estatística 31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 32
4.1 Análises preliminares 32
4.1.1 Análises preliminares F_1 32
4.1.2 Análises preliminares F_2 34
4.2 Análise dialélica 36
4.2.1 Analise dialélica F_1 36
4.2.1 Analise dialélica F_2 39
4.3 Análise de correlação simples 43
5 CONCLUSÕES 44
6 REFERÊNCIAS 45

1 INTRODUÇÃO

O Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) membro da família Asteraceae (SEHGAL; RAIANA, 2005; WANG et al., 2011; DAJUE; MUNDEL, 1997). Tem como centro de origem a região do mediterrâneo oriental (ASHRI; KNOWLES, 1960; WEISS, 1971).

As evidências mais antigas do cultivo de cártamo datam 1600 a.C. no Egito, onde era um importante fonte de corantes vermelho-amarelo e laranja (SEHGAL; RAINA, 2011). Nos dias atuais é cultivado principalmente como planta oleaginosa (DAJUE; MUNDEL, 1997). Ocupando a oitava posição dentre as espécies produtoras de óleo a nível mundial (DAMODARAM; HEDGE, 2002).

O Brasil não possui produção considerável de cártamo (FAOSTAT, 2017). No entanto trabalhos realizados demonstram a aptidão do país para sua produção (SILVA, 2013; ZOZ, 2015; GUIDORIZZI, 2016).

Pode ser utilizado como cultura de inverno em locais de temperaturas amenas e como cultura de primavera em locais de temperaturas mais baixas, com boa adaptação em locais de clima seco (MUNDEL et al., 1994a; CAZZATO et al., 1997; YAU, 2007).

O cártamo pode se tornar uma cultura de importante expressão no cerrado brasileiro, local o qual possui um longo período seco com temperaturas elevadas durante o inverno. Também pode ser opção em regiões áridas do nordeste brasileiro (CORONADO, 2010). Nestes locais o cultivo do cártamo diminuiria drasticamente os riscos de perda por estiagens em cultivo de “segunda safra tardia”.

Neste cenário o cártamo se configura como uma cultura estratégica que apresenta boa tolerância a estresse por déficit hídrico em especial no final de ciclo além de características adequadas para mecanização aproveitando os mesmos equipamentos utilizados nos demais cultivos, como soja e milho.

Diante da hipótese do cártamo vir a se tornar uma planta de importância econômica no cenário agrícola brasileiro, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo genético para fornecer informações aos programas de melhoramento genético, auxiliando no desenvolvimento de cultivares adaptadas ao ambiente e uso agrícola brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura

Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) membro da família Asteraceae atinge de 30 a 150 cm de altura (SEHGAL; RAIANA, 2005; WANG et al. 2010; DAJUE; MUNDEL, 1997). Cultivado principalmente para produção de óleo, no passado muito utilizado como corante e tempero, devido suas flores de colorido intenso, comumente de cores amarela, laranja e vermelha (DAJUE; MUNDEL, 1997). Além de seu uso para extração de óleo também é utilizado na alimentação de pássaros e ruminantes (DANIELI et al., 2011).

De acordo com Damodaram e Hedge (2002), o cártamo ocupa a oitava posição dentre as espécies produtoras de óleo a nível mundial, ficando atrás da soja, amendoim, colza, girassol, gergelim, linhaça e mamona. Naquele ano, México, Estados Unidos, Etiópia, Argentina e Austrália eram responsáveis por 99% e 87% da área mundial e produção de óleo, respectivamente.

Na safra de 2014 os cinco maiores produtores de cártamo foram: México (144.441 t), Cazaquistão (135.430 t), Índia (113.000 t), Estados Unidos (96.640 t) e Rússia (81.747 t). As produtividades mais altas foram obtidas na China (1.456 kg ha^{-1}), Turquia (1.411 kg ha^{-1}) e Hungria (1.400 kg ha^{-1}), (FAOSTAT, 2017).

O Brasil não aparece na lista da FAOSTAT (2017) como produtor de cártamo devido à pequena expressão desta cultura em nosso país. Trabalhos realizados em Botucatu/SP vêm demonstrando a aptidão do país para produção de cártamo. Silva (2013) avaliando acessos de cártamo obteve produtividade média de 1057 kg ha^{-1}. Zoz (2015) avaliando variedades comerciais americanas obteve produtividade de 516 kg ha^{-1} em condições de restrição hídrica extrema, passando por estiagem de 51 dias na fase reprodutiva. Guidorizzi (2016) trabalhando com manejo e adubação obteve produtividades de até 2119 kg ha^{-1}. Observando esses resultados fica nítido o potencial do Brasil para produzir esta cultura, sendo necessários trabalhos de melhoramento genético e manejo, para extrair o máximo potencial da espécie.

O cártamo possui boa adaptação em diferentes ambientes de cultivo. Pode ser utilizado como cultura de inverno em locais de temperaturas amenas e como cultura de primavera em locais de temperaturas mais baixas (MUNDEL et al., 1994a; CAZZATO et al., 1997; YAU, 2007).

Apresenta boa adaptação em locais de clima mais seco. Isso devido a vários fatores. Possui raiz pivotante que permite explorar água em camadas mais profundas além de explorar nutrientes em um volume maior de solo (KNOWLES, 1958; DAJUE; MUNDEL, 1996). Também extrai água do solo com potenciais osmóticos mais negativos quando comparado a outras espécies cultivadas (WEISS, 2000).

O cártamo apresenta normalmente ciclo de 110 a 150 dias, podendo variar em função das características do genótipo e condições ambientais. Durante o seu ciclo, apresenta diferentes fases de desenvolvimento, que são: emergência, roseta, alongamento do caule, ramificação, floração e maturação. A germinação acontece entre 3 a 8 dias após a semeadura. A segunda fase, roseta, pode durar de 21 a 42 dias, quando a planta apresenta diversas folhas próximo ao solo. Com crescimento lento, é a fase mais crítica quanto a competição água, luz e nutrientes. O alongamento do caule e a formação das ramificações ocorrem em torno de 42 a 48 dias após a emergência, é a fase na qual a planta apresenta maior intensidade de crescimento. O início do florescimento ocorre entre 60 e 100 dias após a emergência, é a fase em que os componentes de produção como número de capítulos por planta e número de grãos por capítulo são determinados. O ponto de colheita ocorre entre 120 e 150 dias após emergência, época na qual, as plantas apresentam coloração marrom e umidade das sementes em torno de 10% (EMONGOR, 2010).

Considerando suas características, o cártamo apresenta bons atributos que podem torná-lo uma cultura de importante expressão no cerrado brasileiro, local o qual possui um longo período seco e com temperaturas elevadas durante o período de inverno, dificultando o cultivo de outras espécies. É prejudicado quando cultivado em local com excesso de umidade e por isso seu cultivo não é recomendado em períodos chuvosos (BAGHERI; SAM-DAILIRI, 2011). Também pode ser opção em regiões áridas do Nordeste brasileiro (CORONADO, 2010). Condições de clima seco e quente favorecem a adaptação do cártamo (DAJUE; MUNDEL, 1996).

Quando a colheita da cultura principal ou de verão ocorre entre a segunda quinzena de janeiro e a primeira de fevereiro, os produtores, normalmente, realizam a semeadura de uma cultura de segunda safra, tendo o milho como a principal espécie cultivada nesta época do ano, devido às condições climáticas ainda serem propícias. Em áreas cuja colheita da safra principal ocorrer depois destas datas o

solo normalmente permanece em pousio, pois nesta época, os riscos tornam-se muito acentuados para as espécies comumente utilizadas. Para se ter uma noção exata do que isto representa, dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), em 2011, apontam que somente no Estado de Mato Grosso, em áreas previamente cultivadas com soja, havia mais de três milhões de hectares em pousio, devido a falta de alternativas que viabilizassem o cultivo comercial durante este período.

É neste cenário que o cártamo se configura como uma cultura estratégica que apresenta boa tolerância a estresse por déficit hídrico em especial no final de ciclo além de características adequadas para mecanização facilitando o uso dos mesmos equipamentos utilizados nos cultivos de soja e milho. O cultivo do cártamo diminui drasticamente os riscos de perda por estiagens em cultivo de “segunda safra tardia”.

2.2 Origem, domestição e fontes de germoplasma

O gênero *Carthamus* tem como centro de origem a região do mediterrâneo oriental, possuindo mais de 25 espécies e subespécies (ASHRI; KNOWLES, 1960; WEISS, 1971). A espécie *Carthamus tinctorius* L. é a única cultivada mundialmente como oleaginosa (SEHGAL; RAINA, 2011).

O gênero *Carthamus* possui três conjuntos básicos de cromossomos (x=10, x=11 e x=12). A maioria das espécies é diploide com 2n=2x=20, 2n=2x=22 e 2n=2x=24. A espécie cultivada e mais três espécies correlatas possuem 24 cromossomos somáticos (2n=2x=24). Estas são: *C. tinctorius, C. palaestinus, C. oxyacantha e C. flavescens* (SEHGAL; RAINA, 2011).

Vavilov (1951) propôs a existência de três centros de origem para a espécie cultivada. Um na Índia, um no Afeganistão e o terceiro centro na Etiópia. Para isso foi levado em conta a variabilidade existente e a proximidade com espécies não domesticadas.

As evidências mais antigas do cultivo de cártamo datam 1600 a.C. no Egito, onde era um importante fonte de corantes vermelho-amarelo e laranja (SEHGAL; RAINA, 2011). A introdução do cártamo na China aparentemente aconteceu no século II, vindo do Afeganistão pela famosa “Rota da Seda”.

Durante vários anos, diversos pesquisadores de diversos países realizaram viagens de coleta de sementes ao redor do mundo, buscando variabilidade na

cultura. Desde 1974 a FAO vem se preocupando com a coleta, intercambio e avaliação dos recursos vegetais. Definidas através do *International Board for Plant Genetic Resources* (IBPGR) as regiões e espécies prioritárias para a coleta (DAJUE; MUNDEL, 1996).

Atualmente os maiores bancos nacionais de germoplasma de cártamo estão localizados na Índia, China, Estados Unidos e Etiópia (DAJUE; MUNDEL, 1996; SIGH; NIMBKAR, 2007; MUNDEL; GERGMAN, 2009; SILVA, 2013).

O banco de germoplasma americano pertencente ao USDA fornece acessos de cártamo a qualquer instituição sem qualquer tipo de custo. Todos os acessos coletados ao ingressarem no banco de germoplasma do USDA recebem um código chamado de PI (*Plant Introduction Number*) (MC GUIRE; DAMANIA; QUALSET, 2012).

No Brasil, o Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMA-MT importou 926 acessos de cártamo do banco de germoplasma americano e, em conjunto com a Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu – FCA/UNESP vem desenvolvendo estudos para desempenho e adaptação dos mesmos (ZOZ, 2015).

2.3 Melhoramento genético

O cártamo é uma espécie autógama, apresenta alta taxa de autofecundação cruzada. A taxa de fecundação cruzada pode ser incentivada por insetos, principalmente as abelhas, podendo chegar a 50%. Mesmo apresentando altas taxas de cruzamento, os métodos utilizados para o melhoramento desta espécie são os métodos descritos para as culturas autógamas (DAJUE; MÜNDEL, 1996).

Segundo Carvalho (2008), o melhoramento de plantas autógamas visa obter indivíduos superiores onde a base de seleção é o próprio indivíduo, ao contrário das plantas alógamas, em que o objeto de seleção é a população.

Para que um programa de melhoramento tenha sucesso é necessário que haja variabilidade genética dentro das populações que serão submetidas à seleção, pois não há ganho de seleção em linhas puras (CARVALHO et al., 2008; BORÉM; MIRANDA, 2005).

Allard (1971) afirma que entre os atributos da seleção, dois precisam de atenção especial para serem compreendidos pelos melhoristas de plantas: (1) a seleção

poderá atuar somente em diferenças herdáveis; (2) a seleção por si só não consegue criar variabilidade genética, más somente atuará na já existente.

Nesse contexto, um parâmetro genético ganha destaque, o coeficiente de herdabilidade, o qual mede a proporção da variação genética em relação a variação total. Este parâmetro indica ao melhorista o ganho de seleção para uma dada população em especial nas espécies autógamas no qual a seleção é feita em gerações avançadas com alta taxa de homozigose.

Diferentes estratégias podem ser utilizadas para introduzir ou incrementar a variabilidade genética de uma população alvo de seleção. Estas técnicas podem variar desde a introdução de novos genes, populações, mutações artificiais, hibridações e transformações genéticas (CARVALHO et al., 2008; BORÉM; MIRANDA, 2005; ALLARD, 1971; FEHR, 2011).

2.3.1 Divergência genética

Insuficiente diversidade genética nos genitores utilizados para formação da população através do processo de hibridação conduz a baixa variabilidade genética para caracteres quantitativos e como resultado o incremento do carácter pode ser dificultado ou até mesmo impossibilitado (FEHR, 2011).

A diversidade genética está relacionada ao grau de parentesco entre populações, quanto às características que lhe são comuns. Geralmente esta distância genética está associada à heterose, ou seja, quanto maior a distância entre populações maior a chance de apresentar alta heterose (OLIBONI, 2009; MOREIRA et al., 1996).

A estimativa da divergência genética entre genitores pode ser realizada por diferentes técnicas. Dentre os métodos biométricos e que avaliam a divergência genética dos genitores pode-se citar as análises dialelicas que avaliam tanto a capacidade geral de combinação (CGC), a capacidade específica de combinação (CEC) e a heterose manifestada nas populações originadas (CRUZ; REGAZZI, 1997).

No entanto, quando existirem muitos genitores, este tipo de estudo por meio de análises dialelicas, torna-se inviável de executar devido ao grande número de combinações. Como alternativa podem ser utilizadas as análises multivariadas para estimar a divergência genética entre genitores (CRUZ; REGAZZI, 1997).

2.3.2 Heterose

A heterose expressa a superioridade do desempenho de híbridos comparado aos seus genitores. A heterose é comum em espécies de plantas, mas seu nível de expressão é altamente variável (FHER, 1987).

Comercialmente, considera-se aquela resultante de um híbrido cuja média é superior à média do genitor de melhor desempenho. Fehr (1987) afirma que a heterose pode ser observada de duas maneiras, média dos genitores e melhor genitor. Ou seja, comparando-se o desempenho dos híbridos com a média dos genitores ou comparando o desempenho dos híbridos com o desempenho do melhor genitor.

Geralmente esta distância genética está associada à heterose, ou seja, quanto maior a distância entre populações maior a chance de ocorrer altas heteroses (OLIBONI, 2009; MOREIRA et al., 1996). Krug et al. (1943) observaram em trabalho com milho que ao realizarem cruzamentos entre variedades brasileiras com variedades mexicanas e variedades brasileiras com variedades americanas os ganhos máximos foram de 47 e 38% respectivamente. Quando realizaram cruzamentos entre si de variedades brasileiras e variedades americanas os aumentos foram de somente 27 e 23%, respectivamente.

Segundo Falconer (1981), a heterose poderá ser expressa quando os genitores do híbrido tiverem diferentes alelos no loco e existir algum nível de dominância entre eles.

No passado existiram extensivos debates sobre a relação entre níveis de dominância e expressão da heterose. As duas hipóteses que receberam maior atenção são a hipótese da dominância e a hipóteses as sobredominância. A hipótese da dominância foi proposta por Bruce em 1910 e a hipótese da sobredominancia foi proposta por Shull em 1908 (FEHR, 1987).

De acordo com a hipótese da dominância a heterose é causada pela dominância completa ou parcial. Já para a hipótese da sobredominancia o valor do heterozigoto é considerado superior ao valor de ambos homozigotos, dominantes ou recessivos (FEHR, 1987). Vale ressaltar que estas hipóteses não são exclusivas, ambas podem coexistir simultaneamente.

2.3.3 Análise dialélica

Os procedimentos de análise dialélica têm como finalidade estimar os parâmetros úteis no momento da seleção de genitores e também no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na expressão de cada um dos caracteres (PFANNL et al., 2009). Cruz e Regazzi (1997), afirmam que o termo dialelo vem sendo utilizado para um conjunto de híbridos resultantes do cruzamento entre genitores, podendo ser incluído também os genitores (linhagens, variedades, etc.), híbridos, recíprocos e demais gerações como F_2's e retrocruzamentos. É um método comumente utilizado em estudos de caracteres quantitativos no melhoramento vegetal e tem por base os conceitos propostos por Sprague e Tatum (1942) que definiram capacidade geral de combinação (CGC) como sendo o comportamento médio de um genitor em combinações híbridas, e capacidade específica de combinação (CEC) como o comportamento na qual favorece certas combinações híbridas a serem superiores ou inferiores em relação à média dos genitores envolvidos.

A partir destes conceitos determinados por Spague e Tatum, inúmeros métodos de análises de cruzamentos dialélicos com diferentes focos e formas de serem calculados foram sendo desenvolvidos. Griffing (1956) propôs um método de cruzamentos dialélicos baseados nos conceitos propostos por Sprague e Tatum (1942), que permite estimar os efeitos da CGC que fornecem informações sobre a concentração de alelos predominantemente aditivos, e os efeitos da CEC que expõem a importância dos efeitos não-aditivos ou predominantemente em dominância ou epistasia (CRUZ; REGAZZI, 1997). Gardner e Eberhart (1966) descreveram um método cujo aplicado aos genitores e híbridos fornece informações detalhadas da heterose. Vencovsky e Barriga (1992) descreveram um método para estimar a perda por depressão endogâmica tendo por base o modelo inicialmente desenvolvido por Gardner em 1965 (BERTAN, 2007).

O método de análise de Griffing é o mais utilizado, devido a sua generalidade, uma vez que os genitores podem ser clones, linhas puras, linhas endogâmicas ou populações de autofecundação ou de cruzamento, além das facilidades de análise e interpretação. A metodologia por Griffing (1956) é apresentada em quatro modelos: Modelo 1, em que são avaliadas as p^2 combinações (genitores, F_1's e recíprocos); Modelo 2, em que se avaliam as $p(p+1)/2$ combinações (genitores e F_1's); Modelo 3,

em que se avaliam somente as p(p-1) combinações (híbridos e recíprocos); e Modelo 4, que se avaliam somente as p(p-1)/2 combinações (híbridos) (CRUZ; REGAZZI, 1997).

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (ĝi) fornecem informações sobre a capacidade do genitor em gerar combinações favoráveis à formação predominantemente aditivos em seus efeitos. Quanto mais altas forem essas estimativas, demonstram que este genitor será considerado muito superior ou inferior aos demais incluídos no cruzamento dialelo, e, se as estimativas forem próximas a zero, seu comportamento não será diferente que a medias dos demais cruzamentos (CRUZ et al., 2004).

Segundo Sprague & Tatum (1942), a capacidade específica de combinação designa os casos em que certas combinações híbridas são superiores ou inferiores em relação ao esperado quanto à performance média dos dois genitores. As estimativas da capacidade específica de combinação (sij) enfatizam a importância de interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os genitores, possibilitando estimar respostas de ganho genético com a utilização da heterose. Porém, dois genitores com elevada CGC nem sempre irão proporcionar a formação da combinação com melhor CEC (CRUZ; VENCOVSKY, 1989).

2.3.4 Correlação

Afirma-se que duas variáveis estão correlacionadas quando a variação em uma delas é acompanhada por variação simultânea na outra (STEEL; TORRIE, 1980). Hallauer e Miranda Filho (1981) afirmam que a correlação é extremamente importante no melhoramento de plantas, pois mede o grau de associação genética ou não genética entre características.

Diante disso a seleção de caracteres de baixa herdabilidade ou de difícil mensuração pode ser realizada de forma indireta, através de uma característica de alta herdabilidade e fácil mensuração associada a esta, facilitando o incremento de características mais difíceis de serem selecionadas (CRUZ; REGAZZI, 1994; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

O melhorista terá maior dificuldade de seleção quando ambas as características são desejáveis e correlacionadas negativamente, o seja, ao proporcionar o aumento de uma ocorre concomitantemente a diminuição da outra.

Também quando ambas são altamente correlacionadas positivamente, mas uma delas não é desejável (FALCONER, 1987). Nestas situações será exigido um maior número de cruzamentos na tentativa de desassociar as características e conseguir aplicar a seleção desejada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

O material genético utilizado no presente trabalho compreende cinco acessos e 10 combinações oriundas do cruzamento em dialelo destes acessos, totalizando 15 populações. Os acessos utilizados neste trabalho foram PI537697, PI568844, PI572450, PI572470, PI653152 e as combinações PI537697/PI568844, PI537697/PI572450, PI537697/PI572470, PI537697/PI653152, PI568844/PI572450, PI568844/PI572470, PI568844/PI653152, PI572450/PI572470, PI572450/PI653152, PI572470/PI653152.

Estes acessos são provenientes do banco de germoplasma Norte Americano Western Regional Plant Introduction Station (WRPIS), obtidos por meio do Germoplasm Resource Information Nertwork (GRIN), sendo importados pelo Instituto Mato-Grossense de Algodão (IMAT-MT) e cedidos ao Programa de Melhoramento de Cártamo da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP de Botucatu/SP

3.2 Realização das hibridações

Os cruzamentos para obtenção das populações foram realizados na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de São Manuel – SP.

Para isso utilizou-se dois blocos de cruzamento em uma casa de vegetação. O primeiro bloco de cruzamento foi semeado outubro e o segundo em dezembro de 2013. O motivo pelo qual se optou por dois blocos de cruzamento é o tempo necessário para realizar as emasculações e hibridações, desta forma seria possível obter maior número de sementes F_1 (Figura 1).

Figura 1 - Visão geral dos blocos de cruzamento

A metodologia de trabalho a qual foi adotada consistiu em emasculação dos floretes ainda fechados, os quais não estão polinizados, e a realização da polinização nos dias subsequentes. Todos os floretes já abertos e portanto já polinizados foram retirados dos capítulos juntamente com o ovário, impedindo assim a formação de sementes por autofecundação. Após o término da emasculação as flores emasculadas eram lavadas com água destilada para com isso eliminar grãos de pólen remanescentes que pudessem fecundar alguma flor. Logo em seguida este capítulo era isolado com auxílio de saco de papel para evitar a polinização por pólen indesejável. Devido a não uniformidade das flores, os capítulos emasculados eram polinizados por três dias subsequentes para poder ter maior sucesso na obtenção de sementes.

A emasculação sempre realizada no inicio da manhã, entre 7 e 10h e a polinização realizada no fim da manhã entre 10 e 12h. Esses horários foram definidos em função da liberação de grãos de pólen pelas plantas. Esta liberação inicia-se sempre que a temperatura sofre uma elevação, ou seja, no inicio da manhã não há liberação de grãos de pólen iniciando em trono das 10h e por isso a partir deste momento sessava-se a etapa de emasculação e se iniciava o processo de polinização.

Os passos do processo de hibridação são:

Primeiro passo: seleção do capítulo com algumas flores abertas ou próximas a abrirem, o que demonstrava a proximidade do momento de polinização para a maioria das flores do capítulo (Figura 2).

Segundo passo: retirada das sépalas para abertura do capitulo e retirada das flores já abertas ou prestes a abrir. Ao retirar as flores já abertas deve-se ter atenção de retirar também o ovário para não existir a possibilidade de formação de sementes por autofecundação (Figura 3).

Terceiro passo: realização da emasculação das flores ainda fechadas, as quais não iniciaram a fase de fecundação. Estas possuem o estigma não receptivo e as anteras ainda sem liberação de grãos de pólen. Este procedimento é detalhista e minucioso, quanto menor o dano causado nas flores, maiores serão as chances de se obter sucesso na fecundação (Figura 4a e 4b). Para esta etapa foi utilizado pinça de ponta fina para auxiliar na remoção das anteras.

Quarto passo: Realização da polinização com pólen do genitor desejado. Este processo deve ser repetido por três dias devido a diferença de idade das flores do mesmo capítulo (Figura 5).

Quinto passo: Momento de realizar a identificação, coleta e armazenamento das sementes. Se ao fim destes processos ocorreu a polinização e formação das sementes (Figura 6).

Figura 2 - Exemplo de capítulo selecionado para emasculação

Figura 3 - Demonstração das flores a serem eliminadas do capítulo utilizado pra cruzamento

Figura 4 - Demonstração da retiradas das anteras (emasculação): (A) durante o processo; (B) final do processo

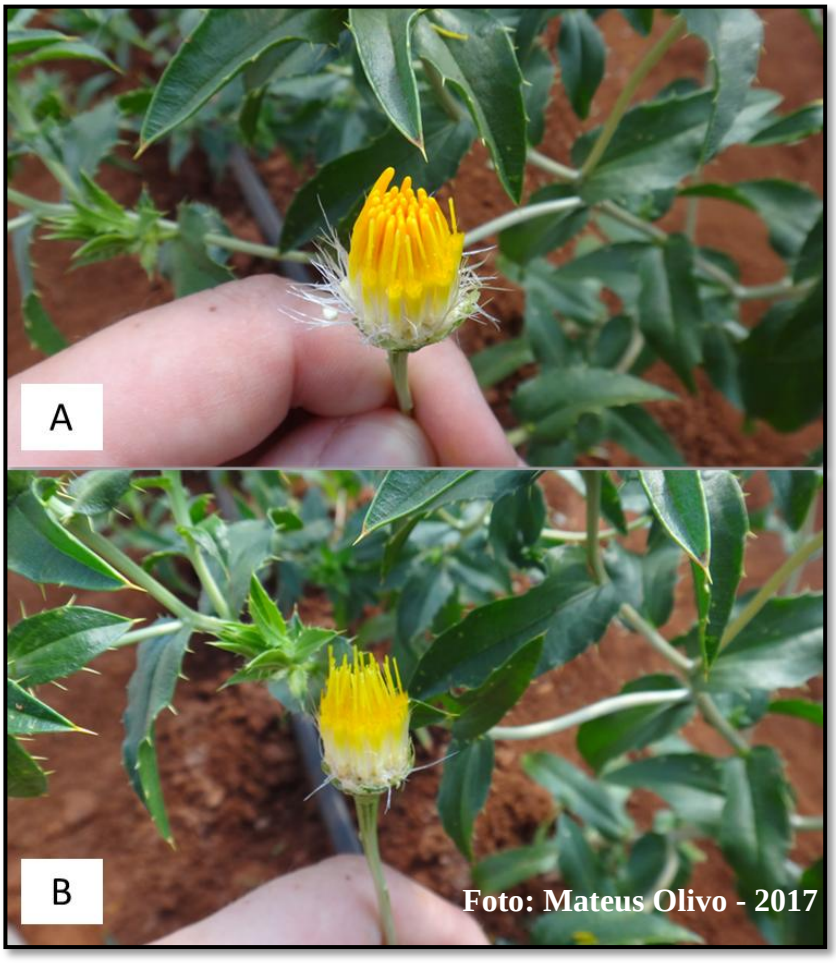

Figura 5 - Etapa de polinização com pólen do genitor doador

Figura 6 - Sementes oriundas do cruzamento artificial

3.3 Avaliações dos F_1 e obtenção das sementes F_2

No ano de 2014 foi realizada a avaliação dos híbridos F_1 e seus genitores, na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de São Manuel – SP.

Por ocasião da colheita obtivemos as sementes F_2 que foram utilizadas no ano subsequente.

As sementes F_1 de hibridações apresentam menor qualidade fisiológica quando comparadas com sementes convencionais. Em 16 de abril de 2014, foram semeadas em bandeja com substrato, as sementes hibridas e as sementes de seus genitores, na qual foram irrigadas todos os dias a fim de garantir a máxima germinação e emergência.

Após 15 dias de emergência as plantas foram transplantadas no solo da casa de vegetação. Na casa de vegetação foi utilizado o delineamento estatístico de blocos ao acaso com 3 repetições. Cada repetição era composta por 20 plantas.

O espaçamento utilizado foi de um metro entre linhas e 0,25 metros entre plantas. Desta forma obteve-se a densidade populacional de 40 mil plantas por hectare. Objetivando baixa competição entre plantas a fim de estimular o máximo potencial de produção de sementes por planta. As parcelas foram irrigadas diariamente por gotejamento (Figura 7).

Figura 7 - Visão geral do ensaio de avaliação da geração F_1

3.3.1 Características avaliadas em F_1

Número de ramos por planta (NR): Foram avaliadas 15 plantas por parcela, sendo contabilizada a quantidade de ramos primários de cada planta. Ramo primário é aquele que se desenvolve a partir da haste principal da planta.

Número de capítulos por planta (NC): Foram avaliadas 15 plantas por parcela, sendo contabilizada a quantidade de capítulos em cada planta.

Massa de grãos (PROD): Em cada parcela 15 plantas foram coletadas e trilhadas individualmente. Desta forma obteve-se a massa de grãos por planta. Este procedimento foi realizado com auxílio de balança de precisão.

Não foi realizada a quantificação do teor de óleo dos grãos em função quantidade de grãos obtidas por planta não ser suficiente, e a mistura de grãos entre plantas para atingir a quantidade e viabilizar a análise não foi possível, pois caso fosse feita, perderíamos a genealogia das mesmas.

3.4 Avaliações das populações F_2

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu – SP.

Foi realizada a semeadura no dia 09 de maio de 2015, utilizando o delineamento estatístico de blocos ao acaso com três repetições. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 metros e entre plantas de 0,10 metros, atingindo a densidade populacional de 222 mil plantas por hectare. As linhas de plantio e a incorporação do adubo foram realizadas com semeadora e as sementes foram distribuídas manualmente, três sementes a cada 0,10 metros á três centímetros de profundidade (Figura 8). Ao quinto dia após emergência foi realizado o desbaste, deixando somente uma planta a cada 10 cm.

Tabela 1 – Propriedades químicas e físicas do solo onde forma avaliadas as populações F_2

P (Resina)	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V	Areia	Silte	Argila
mg dm^{-3}	g dm^{-3}	$CaCl_2$	——— $mmol_c$ dm^{-3} ———					%	—— g kg^{-1} ——		
34	27	5,1	7	48	17	34	105	68	280	90	630

Fonte: Laboratório “Análise Química do Solo para Fins de Fertilidade” da FCA-UNESP.

Não houve a necessidade de correção do solo (Tabela 1), e não havendo uma recomendação oficial optou-se pela adubação de manutenção de 300 kg ha^{-1} do formulado 10-28-16, sem utilização de adubação de cobertura. O experimento foi conduzidos sob preparo convencional de solo e o controle de plantas daninhas foi realizado mecanicamente.

Figura 8 - Instalação e condução do ensaio de populações F_2 e genitores

3.4.1 Características avaliadas em F_2

Altura de plantas: Foram avaliadas 15 plantas por parcela, estas foram mensuradas da base do solo até ápice da planta, com auxílio de fita métrica,

Número de ramos por planta (NR): Foram avaliadas 15 plantas por parcela, sendo contabilizada a quantidade de ramos primários de cada planta. Ramo primário é aquele que se desenvolve a partir da haste principal da planta.

Número de capítulos por planta (NC): Foram avaliadas 15 plantas por parcela, sendo contabilizada a quantidade de capítulos em cada planta.

Massa de grãos (PROD): Em cada parcela 15 plantas foram coletadas e trilhadas individualmente. Desta forma obteve-se a massa de grãos por planta, com auxílio de balança de precisão.

Número de grãos por planta: Em cada parcela 15 plantas foram coletadas e trilhadas individualmente. Desta forma realizou-se a contagem dos grãos de cada planta.

Número de grãos por capítulo: Por meio da divisão do número de grãos por planta pelo número de capítulos por planta, obteve-se o número médio de grãos por capítulo de cada planta da parcela.

Teor de óleo: As determinações do teor de óleo dos grãos foram realizadas a partir de um TD-NMR, em espectrômetro (SLK-SG-200 - SpinLock Magnetic Resonance Solutions, Malagueño, Córdoba, Argentina) a 25 °C, equipado com um ímã permanente de 0,23 T (9 MHz para 1H) e uma sonda de 13 mm × 30 mm de área útil, utilizando-se o software Condor IDE com a sequência de pulso CPMG com Qdamper em base seca (BS%) (COLNAGO et al., 2011).

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a teste de normalidade. Em seguida foram submetidos à análise de variância, e a significância dos quadrados médios foi testada pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram agrupadas pelo teste de agrupamento Scott e Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

A análise dialélica foi realizada conforme Método 2 de Griffing (1956), que estima os efeitos da capacidade geral de combinação CGC (ĝi) de cada genitor e os efeitos da capacidade específica de combinação CEC (ŝij),em que os genitores e F_1's são incluídos, mas não os seus recíprocos. A análise dialélica fornece ainda a heterose de cada cruzamento. Foram determinadas também as correlações das variáveis avaliadas na geração F_2, por meio do método de correlação linear simples ($p \leq 0,05$).

Todos os dados foram tabulados e analisados com o auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises preliminares

4.1.1 Análises preliminares F_1

Os quadrados médios foram significativos para as variáveis número de capítulos (NC) e produção de grãos por planta (PROD). Já o número de ramificações não apresentou diferença estatística significativa (Tabela 2).

As variáveis NC e PROD apresentaram herdabilidade no sentido amplo acima de 90%. A herdabilidade no sentido amplo representa proporção da variância genética aditiva mais variância genética de dominância na variância fenotípica apresentada pela população.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das populações F_1 e genitores

FV	GL	QM		
		NR	NC	PROD
Bloco	2	2,56	3,21	4,69
Genótipos	14	8,73 ns	118,65 **	1057,46 **
Resíduo	28	4,56	9,05	30,18
Média Geral		10,35	26,26	36,24
CV (%)		20,63	11,45	15,15
σ^2_f		2,91	39,55	352,48
σ^2_a		1,52	3,01	10,06
σ^2_g		1,38	36,53	342,42
h^2_a		47,7	92,36	97,14

NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); CV(%): coeficiente de variação; σ^2_f: variância fenotípica; σ^2_a: variância ambiental; σ^2_g: variância genética; h^2_a: herdabilidade no sentido amplo; ns: não significativo; ** e * significativos pelo teste F a P≤0,01 e P<0, 05, respectivamente.

Em trabalho realizado por Silva (2013) produtividade apresentou herdabilidade de 90%, enquanto Zoz (2015) obteve somente 27% de herdabilidade para esta mesma variável. Cabe ressaltar que a herdabilidade sofre alterações entre ambientes e também pelos genótipos avaliados. Quanto mais uniformes forem os genótipos avaliados espera-se que também menores sejam os valores de herdabilidade.

Zoz (2015) trabalhando com menor número de genótipos, sendo eles cultivares comerciais e por isso mais uniformes, obteve herdabilidade bem inferior, quando comparado a Silva (2013) que trabalhou com número maior de genótipos acessos e por isso herdabilidades mais altas. No presente trabalho, o número de genótipos não foi elevado, mas a variabilidade genética entre eles era alta e por este motivo obteve-se alta herdabilidade.

Para a variável NC o teste agrupou em cinco diferentes grupos, na qual facilmente é observado a superioridade dos cruzamento em relação aos genitores. O melhor genitor PI572470 foi agrupado no segundo grupo, sendo que três cruzamentos ficaram agrupados no grupo superior, sendo eles, PI537697/PI653152, PI568844/PI572450 e PI572470/PI653152. Ainda para NC pode ser observado uma amplitude de 14,96 para o genitor PI537697 a 37,13 para o cruzamento PI537697/PI653152 (Tabela 3).

Tabela 3 - Média das populações F_1 e genitores

Genótipos	Características		
	NR	NC	PROD
Genitores			
PI537697	7,60	14,93 e	3,77 e
PI568844	10,53	21,67 d	19,00 d
PI572450	12,07	23,47 c	36,77 c
PI572470	11,40	30,27 b	33,87 c
PI653152	12,60	26,80 c	30,93 c
Combinações			
PI537697/PI568844	11,60	21,93 d	38,70 c
PI537697/PI572450	11,27	28,10 c	51,13 b
PI537697/PI572470	7,60	27,30 c	8,53 e
PI537697/PI653152	10,40	37,13 a	73,80 a
PI568844/PI572450	8,47	35,27 a	47,20 b
PI568844/PI572470	12,13	24,90 c	30,33 c
PI568844/PI653152	8,13	20,93 d	31,57 c
PI572450/PI572470	11,00	26,00 c	45,13 b
PI572450/PI653152	11,27	35,47 a	64,87 a
PI572470/PI653152	9,27	19,73 d	28,03 c

NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g). Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o método de agrupamento de Scott-Knott ($P<0,05$).

Quando analisamos a variável PROD, fica mais nítido e possível observar a superioridade dos cruzamentos quanto comparados com os genitores. Para PROD o teste Scott-Knott também agrupou em cinco diferentes grupos. Nesta os dois grupos

superiores ficaram exclusivamente associados aos cruzamentos. Os genitores variaram de 3,77 a 36,77 gramas de grãos por planta. Enquanto os cruzamentos variaram de 8,53 a 73,80 gramas de grãos por planta, sendo que cinco cruzamentos encontram-se nos grupos a e b, todos acima de 45,13 gramas por planta. Somente o cruzamento PI537697/PI572470 apresentou desempenho inferior que os melhores genitores, ficando classificado no grupo de menor produção de grãos, junto ao seu genitor PI537697.

4.1.2 Análises preliminares F_2

Os quadrados médios foram significativos para as variáveis altura (ALT), número de capítulos (NC) e produção se grãos por planta (PROD), número de grãos por planta (SP), número de grãos por capítulo (SC) e percentagem de óleo (ÒLEO). Para número de ramificações não apresentou diferença estatística significativa (Tabela 4).

As variáveis NC, SP, SC e ÒLEO apresentaram herdabilidade no sentido amplo acima de 80%. Zoz (2013) obteve herdabilidade de 99,6% para teor de óleo e Silva (2013) obteve herdabilidade de 90%. enquanto neste trabalho observou-se herdabilidade de 92,09%. Em ambos os casos valores bem elevados.

Produção de grãos por planta teve herdabilidade média de 68,6% para as populações F_2. Em trabalho realizado por Silva (2013) produtividade apresentou herdabilidade de 90%, enquanto Zoz (2015) obteve somente 27% de herdabilidade para esta mesma variável.

Para as variáveis ALT, NC, PROD, SP e SC o teste organizou em dois diferentes grupos (Tabela 5). Tanto genitores quanto cruzamentos estão presentes em ambos os grupos a e b. Desta forma não havendo uma superioridade total de genitores ou cruzamentos.

Quando analisamos a variável ÓLEO, é possível observar a superioridade dos cruzamentos quanto comparados com os genitores. Para ÓLEO o teste Scott-Knott agrupou em quatro diferentes grupos. Nesta os dois grupos superiores ficaram exclusivamente associados aos cruzamentos. Os genitores variaram de 17,30 a 22,00% de óleo nos grãos, enquanto os cruzamentos variaram de 18,17 a 27,00%. Os cruzamentos PI572450/PI572470 e PI572470/PI653152 apresentaram 27 e 34,47% de óleo, respectivamente.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância das populações F_2 e genitores

FV	GL	QM													
		ALT		NR		NC		PROD		SP		SC		ÓLEO	
Bloco	2	8,42		0,07		0,06		1,45		439,17		9,52		3,45	
Genótipos	14	120,62	*	0,15	ns	1,53	**	4,48	**	3737,38	**	42,68	**	16,52	**
Resíduo	28	45,25		0,014		0,22		1,4		480,48		7,53		1,31	
Média Geral		117,48		4,2		6,96		6,62		155,57		22,28		21,05	
CV (%)		5,72		9,18		6,87		17,91		14,08		12,31		5,43	
σ^2_f		40,2		0,05		0,51		1,49		1245,79		14,22		5,53	
σ^2_a		15,08		0,04		0,07		0,47		160,16		2,51		0,43	
σ^2_g		25,12		0,00		0,43		1,02		1085,63		11,71		5,09	
h^2_a		62,47		5,51		85,05		68,6		87,14		82,34		92,09	

ALT altura da planta; NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); SP: número de grãos por planta; SC: número de grãos por capitulo; ÓLEO: percentagem de óleo nos grãos, CV(%): coeficiente de variação; σ^2_f: variância fenotípica; σ^2_a: variância ambiental; σ^2_g: variância genética; h^2_a: herdabilidade no sentido amplo; ns: não significativo; ** e * significativos pelo teste F a P≤0,01 e P<0,05,respectivamente.

Tabela 5 - Média das populações F_2 e genitores

Genótipos	Características													
	ALT		NR	NC		PROD		SP		SC		ÓLEO	
Genitores													
PI537697	124,72	a	4,29	6,40	b	6,04	b	156,96	b	24,53	a	17,30	d
PI568844	124,64	a	4,58	8,58	a	8,66	a	199,27	a	23,33	a	19,87	c
PI572450	112,42	b	4,05	6,58	b	5,26	b	140,85	b	21,71	b	21,23	c
PI572470	119,20	a	3,78	6,22	b	5,19	b	105,19	b	16,53	b	22,00	c
PI653152	125,93	a	4,58	8,02	a	8,43	a	223,64	a	27,88	a	19,60	c
Combinações													
PI537697/PI568844	119,38	a	4,53	7,87	a	8,77	a	210,44	a	26,81	a	21,90	c
PI537697/PI572450	120,76	a	4,03	6,87	b	5,88	b	133,09	b	18,91	b	21,83	c
PI537697/PI572470	118,53	a	4,03	6,47	b	5,46	b	127,63	b	19,82	b	20,03	c
PI537697/PI653152	118,76	a	4,13	6,72	b	7,72	a	180,96	a	26,16	a	20,97	c
PI568844/PI572450	105,18	b	4,24	7,48	a	6,25	b	115,30	b	16,92	b	18,17	d
PI568844/PI572470	115,62	a	4,16	7,18	b	6,33	b	134,29	b	18,61	b	20,47	c
PI568844/PI653152	113,18	b	4,20	6,76	b	5,84	b	134,58	b	19,97	b	20,73	c
PI572450/PI572470	120,02	a	4,31	6,18	b	6,09	b	148,78	b	24,06	a	27,00	a
PI572450/PI653152	104,84	b	3,98	6,60	b	6,26	b	144,40	b	21,84	b	20,20	c
PI572470/PI653152	119,09	a	4,16	6,53	b	7,13	a	178,22	a	27,22	a	24,47	b

ALT: altura da planta; NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); SP: número de grãos por planta; SC: número de grãos por capitulo; ÓLEO: percentagem de óleo nos grãos, Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o método de agrupamento de Scott-Knott (P<0,05).

4.2 Análise dialélica

4.2.1 Analise dialélica F_1

Foi aplicada a análise de variância ao dialelo, desdobrando-se em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Pela análise de variância ficou evidenciado o efeito significativo de CGC e CEC para número de capítulos por planta (NC) e produção de grãos por planta (PROD), o que demonstra a presença de efeitos de variância genética aditiva e não aditiva para ambas as características. Phalavani, Saeidi e Mirlohi (2007) também obtiveram quadrados médios significativos para PROD e NC.

Podemos observar a relação da CGC:(CGC+CEC), determinada por Baker (1978) que indica a relação entre os efeitos da variância aditiva e não aditiva. Esta relação foi de 0,31 e 0,49 para NC e PROD, respectivamente (Tabela 6). Sendo assim a variância aditiva e não aditiva tiveram praticamente a mesma importância para a PRDO, já para NC a variância não aditiva apresentou maior participação na expressão deste caractere. Phalavani, Saeidi e Mirlohi (2007) obtiveram relação de 0,50 para NC em cruzamentos dialélicos de cártamos.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para as populações F_1 e genitores

FV	GL	QM		
		NR	NC	PROD
Tratamento	14	8,73 ns	118,65 **	1057,46 **
CGC	4	6,25 ns	63,16 **	1051,94 **
CEC	10	9,72 ns	140,85 **	1059,67 **
Resíduo	28	4,56	9,05	30,18

NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g). ns: não significativo; ** e * significativos pelo teste F a P≤0,01 e P<0,05,respectivamente.

Nos casos em que a estimativa geral de combinação apresentar valor baixo, seja este valor positivo ou negativo, significa que este genitor não difere muito da média dos cruzamentos daquele dialelo. A magnitude dessas estimativas indica o grau de divergência genética dos genitores em relação à média geral dos genitores e cruzamentos (CRUZ et al., 2004). No entanto quando as estimativas forem elevadas, demonstra a capacidade de aquele genitor influenciar a média de seus descendentes, seja de forma positiva quanto negativa.

Para PROD que é um caráter desejável em maior quantidade, os melhores genitores são PI572450 e PI653152 com estimativas de CGC de +9,99 e +6,09, respectivamente (Tabela 7). Estes também são os melhores genitores para elevar o número de capítulos por planta. Estas altas estimativas positivas evidenciam alta variância aditiva presentes nestes genitores, fazendo deles fortes candidatos a produção de boas progênies. No caso de cártamo que é uma planta autógama esta importância é ainda maior pois tudo que o melhorista consegue explorar ao fim do processo de melhoramento é a ação gênica de aditividade.

Tabela 7 - Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) para características avaliadas na geração F_1 de cártamo

Genitores	**Estimativas**		
	NR	**NC**	**PROD**
PI537697	-0,867	-1,890	-5,393
PI568844	-0,105	-1,599	-4,522
PI572450	0,571	2,030	9,202
PI572470	0,095	0,130	-5,384
PI653152	0,305	1,330	6,097

NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g)

As estimativas dos efeitos da CEC, referentes a dez combinações híbridas, constam na Tabela 8. Os valores de CEC, próximos de zero, indicam que as combinações envolvendo os genitores, comportam-se conforme o esperado na capacidade geral de combinação de seus genitores. Por outro lado, os altos valores, positivos, ou negativos indicam que o desempenho da combinação híbrida é relativamente superior ou inferior ao esperado, com base na CGC.

As estimativas de CEC que tratam do efeito da capacidade de combinação de uma variedade com ela mesma (Tabela 8) é de fundamental importância para indicar a direção dos desvios de dominância. A direção será positiva quando os valores forem predominantemente negativos, e positivo quando os valores das estimativas forem predominantemente negativos.

As duas melhores combinações para NC e PROD são PI537697/PI653152 e PI572450/PI653152 com estimativas de CEC para NC de +11,43 e +5,8, respectivamente, e para PROD estimativas de +36,85 e +13,32, respectivamente. Sendo que a alta estimativa de CEC refere-se à alta influencia de variabilidade não aditiva.

Tabela 8 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) para híbridos e genitores, para características avaliadas na geração F_1 de cártamo

Tratamentos	**Estimativas**		
Genitores	**NR**	**NC**	**PROD**
PI537697	-1,022	-7,548	-21,689
PI568844	0,387	-1,395	-8,198
PI572450	0,568	-6,852	-17,879
PI572470	0,854	3,748	8,392
PI653152	1,635	-2,119	-17,503
Combinações			
PI537697/PI568844	2,216	-0,838	12,373
PI537697/PI572450	1,206	1,700	11,083
PI537697/PI572470	-1,984	2,800	-16,932
PI537697/PI653152	0,606	11,433	36,854
PI568844/PI572450	-2,356	8,576	6,278
PI568844/PI572470	1,787	0,110	3,997
PI568844/PI653152	-2,422	-5,057	-6,251
PI572450/PI572470	-0,022	-2,419	5,073
PI572450/PI653152	0,035	5,848	13,325
PI572470/PI653152	-1,489	-7,986	-8,922

NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g)

Estes cruzamentos PI537697/PI653152 e PI572450/PI653152 apresentaram para PROD heterose de 325,26% e 91,63%, respectivamente, e para NC 77,96% e 41,11%, Tabela 9. Demonstrando com isso a alta participação de ações genicas de dominância para a expressão destes componentes.

O genitor PI537697 obteve a maior estimativas de CEC, com valor negativo para PROD, demonstrando sua capacidade de influenciar positivamente a média dos cruzamentos. Ao observar os cruzamentos nos quais este genitor participa fica evidente a veracidade da informação, pois de quatro cruzamentos que está envolvido três deles apresentaram valores elevados de CEC e heterose. (Tabelas 8 e 9).

Tabela 9 – Heterose das populações híbridas F_1

Combinações	Heterose %		
	Nº Ramos	Nº Capítulos	Produção
PI537697/PI568844	27.94	19.85	239.97
PI537697/PI572450	14.58	46.35	152.30
PI537697/PI572470	-20.00	20.80	-54.65
PI537697/PI653152	2.97	77.96	325.36
PI568844/PI572450	-25.07	56.28	69.28
PI568844/PI572470	10.64	-4.11	14.75
PI568844/PI653152	-29.68	-13.62	26.44
PI572450/PI572470	-6.25	-3.23	27.80
PI572450/PI653152	-8.65	41.11	91.63
PI572470/PI653152	-22.78	-30.84	-13.48

NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g)

4.2.1 Analise dialélica F_2

Foi aplicada a análise de variância ao dialelo, desdobrando-se em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Pela análise de variância ficou evidenciado o efeito significativo de CGC e CEC para altura de planta (ALT), produção de grãos por planta (PROD), número de grãos por planta (SP), número de grãos por capítulo (SC) e percentagem de óleo nos grãos (ÓLEO). Para número de capítulos (NC) somente foram significativos os quadrados médios para CGC.

Podemos observar a relação da CGC:(CGC+CEC), determinada por Baker (1978) que indica a relação entre os efeitos da variância aditiva e não aditiva (Tabela 10). Para SP e PROD observaram-se os maiores resultados para relação, 0,89 e 0,75, respectivamente. Isso demonstra a alta influência da ação genica aditiva sob a expressão destas duas características. Para número de capítulos por planta não houve significância para CEC, o que difere de resultados encontrados por Phalavani, Saeidi e Mirlohi (2007), no qual encontrar uma relação de aproximadamente 0,50.

Já para as características de ALT, SC e ÓLEO apresentaram relação de 0,57, 0,63 e 0,56, respectivamente. Demonstrando a participação de ações genicas aditivas e não aditivas sobre a expressão estas características.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para as populações F_2 e genitores

FV	GL	QM													
		ALT		NR		NC		PROD		SP		SC		ÓLEO	
Tratamento	14	120,62	**	0,15	ns	1,53	ns	4,48	**	3737,38	**	42,68	**	16,59	**
CGC	4	149,79	**	0,28	ns	3,71	*	8,66	**	6199,62	**	60,19	**	19,49	**
CEC	10	108,95	**	0,10	ns	0,66	ns	2,8	*	2752,48	**	35,67	**	15,43	**
Resíduo	28	1		1		1		1		1		1		1	

ATL: altura da planta; NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); SP: número de grãos por planta; SC: número de grãos por capitulo; ÓLEO: percentagem de óleo nos grãos, ** e * significativos pelo teste F a P≤0,01 e P<0,05,respectivamente.

Nos casos em que a estimativa geral de combinação apresentar valor baixo, seja este valor positivo ou negativo, significa que este genitor não difere muito da média dos cruzamentos daquele dialelo. A magnitude dessas estimativas indica o grau de divergência genética dos genitores em relação à média geral dos genitores e cruzamentos (CRUZ et al., 2004). No entanto quando as estimativas forem elevadas, demonstra a capacidade de aquele genitor influenciar a média de seus descendentes, seja de forma positiva quanto negativa.

Os genitores PI568844 e PI653152 apresentaram estimativas positivas para produção, enquanto PI572450 e PI572470 apresentaram estimativas favoráveis a elevação do teor de óleo nos grãos (Tabela 11).

Tabela 11 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) em dialelo para características avaliadas na geração F_2 de cártamo

Genitores	Estimativas						
	ALT	NR	NC	PROD	SP	SC	ÓLEO
PI537697	3,137	0,014	-0,150	0,025	4,657	1,005	-0,996
PI568844	-0,324	0,152	0,665	0,685	8,530	-0,678	-0,758
PI572450	-4,182	-0,080	-0,215	-0,675	-15,739	-1,223	0,480
PI572470	0,965	-0,144	-0,425	-0,619	-19,162	-1,564	1,380
PI653152	0,404	0,058	0,125	0,585	21,714	2,460	-0,106

ATL: altura da planta; NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); SP: número de grãos por planta; SC: número de grãos por capitulo; ÓLEO: percentagem de óleo nos grãos.

Os valores de CEC, próximos de zero, indicam que as combinações híbridas envolvendo os genitores, comportam-se conforme o esperado na capacidade geral de combinação de seus genitores (Tabela 12). Por outro lado, os altos valores, positivos, ou negativos indicam que o desempenho da combinação híbrida é relativamente superior ou inferior ao esperado, com base na CGC.

As estimativas de CEC que tratam do efeito da capacidade de combinação de uma variedade com ela mesma, (Tabela 10) é de fundamental importância para indicar a direção dos desvios de dominância. A direção será positiva quando os valores forem predominantemente negativos, e positiva quando os valores das estimativas forem predominantemente negativos.

A combinação PI572450/PI572470 pode ser considerada o melhor em termos gerais pois apresentou estimativas positivas para PROD, SP, SC, ÓLEO e ALT, esta ultima não tão desejável seu aumento, porém não ocasionado problemas de manejo não desqualifica o híbrido. Esta combinação também apresentou elevada heterose para estas características, destacando que são populações F_2 e por isso já possuem um certo grau de homozigoze. A heterose foi de 16,59% para PROD, 20,94% para SP, 25,84% para SC, 24,90% para ÓLEO e 5,75% para ALT. Resultados de heterose esperados pois quando há estimativas positivas para CEC fica evidenciado a presença de ações não aditivas e por consequência de heterose.

Analisando conjuntamente todas as variáveis a pior combinação foi PI568844/PI572450 na qual apresentou heterose negativa para todos os caracteres, bem como estimativas de CEC negativa para todos as características, exceto NC que ficou muito próximo á zero.

Tabela 12 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) em dialelo para características avaliadas na geração F_2 de cártamo

Tratamentos	**Estimativas**						
Genitores	**ALT**	**NR**	**NC**	**PROD**	**SP**	**SC**	**ÓLEO**
PI537697	0,963	0,060	-0,262	-0,633	-7,930	0,229	-1,759
PI568844	7,805	0,069	0,284	0,672	26,635	2,402	0,332
PI572450	3,299	0,004	0,044	-0,010	16,753	1,872	-0,778
PI572470	-0,215	-0,138	0,111	-0,196	-12,061	-2,629	-1,811
PI653152	7,641	0,261	0,807	0,640	24,639	0,672	-1,240
Combinações							
PI537697/PI568844	-0,919	0,164	0,389	1,436	41,684	4,199	2,603
PI537697/PI572450	4,316	-0,103	0,269	-0,093	-11,403	-3,156	1,298
PI537697/PI572470	-3,054	-0,039	0,079	-0,566	-13,434	-1,908	-1,402
PI537697/PI653152	-2,270	-0,141	-0,214	0,490	-0,987	0,407	1,017
PI568844/PI572450	-7,803	-0,032	0,064	-0,380	-33,062	-3,470	-2,606
PI568844/PI572470	-2,503	-0,055	-0,026	-0,353	-10,653	-1,431	-1,206
PI568844/PI653152	-4,385	-0,217	-0,996	-2,047	-51,240	-4,103	0,546
PI572450/PI572470	5,752	0,331	-0,146	0,764	28,110	4,563	4,089
PI572450/PI653152	-8,863	-0,204	-0,276	-0,270	-17,150	-1,681	-1,225
PI572470/PI653152	0,236	0,040	-0,129	0,547	20,099	4,033	2,141

ALT: altura da planta; NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); SP: número de grãos por planta; SC: n de grãos por capitulo; ÓLEO: percentagem de óleo nos grãos.

Tabela 13 – Heterose das populações híbridas F_2

Combinações	**Heterose %**						
	ALT	**NR**	**NC**	**PROD**	**SP**	**SC**	**OLEO**
PI537697/PI568844	-4.25	2.26	5.05	19.27	18.15	12.05	17.85
PI537697/PI572450	1.84	-3.24	5.83	4.04	-10.62	-18.19	13.32
PI537697/PI572470	-2.81	0.00	2.46	-2.70	-2.62	-3.45	1.95
PI537697/PI653152	-5.24	-6.80	-6.75	6.73	-4.91	-0.17	13.64
PI568844/PI572450	-11.27	-1.58	-1.32	-10.22	-32.20	-24.89	-11.60
PI568844/PI572470	-5.17	-0.48	-3.02	-8.54	-11.79	-6.61	-2.23
PI568844/PI653152	-9.66	-8.34	-18.58	-31.63	-36.36	-22.03	5.07
PI572450/PI572470	3.64	10.18	-3.49	16.59	20.94	25.84	24.90
PI572450/PI653152	-12.03	-7.81	-9.61	-8.55	-20.77	-11.91	-1.06
PI572470/PI653152	-2.84	-0.52	-8.26	4.77	8.40	22.57	17.63

ALT: altura da planta; NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); SP: número de grãos por planta; SC: número de grãos por capitulo; ÓLEO: percentagem de óleo nos grãos.

4.3 Análise de correlação simples

A altura de plantas e percentagem de óleo não apresentaram correlação significativa com nenhuma das demais variáveis (Tabela 14). Trabalhando com girassol, Gomes et. al., (2012) e Dachiavon et. at., (2016) não observaram correlação entre teor de óleo e produtividade de grãos. Ambos observaram aumento de produtividade de óleo simplesmente pelo aumento da quantidade de grãos, não por alteração da proporção de óleo nos grãos.

A variável NR apresentou correlação significativa positiva com NC, PROD, SP e SC. Inferindo que quanto maior o número de ramificações a planta de cártamo possuir maior também serão os valores para as variáveis citadas. Silva (2013) observou correlação positiva entre número de ramificações e número de capítulos (Tabela 14).

Número de capítulos apresentou correlação positiva com NR, PROD e SP. Mas não correlacionou significativamente com SC, ou seja a quantidade de grãos por capítulo não está diretamente ligado ao número de capítulos que a planta possui (Tabela 14).

PROD está positivamente correlacionada com NR, NC, SP e SC. Desta forma fica claro entender que sempre que um componente de rendimento sofrer uma alteração positiva, este irá impactar diretamente e positivamente sobre o resultado da produtividade (Tabela 14).

Tabela 14 - Coeficientes de correlação fenotípica entre as variáveis agronômicas em 15 populações de cártamo

Variáveis	**NC**	**PROD**	**SP**	**SC**	**ÓLEO**
ALT	0,217	0,409	0,544	0,492	0,120
NR	0,774 **	0,810 **	0,804 **	0,618 *	-0,111
NC		0,792 **	0,631 *	0,241	-0,351
PROD			0,920 **	0,712 **	-0,044
SP				0,895 **	0,027
SC					0,211

ALT: altura da planta; NR: número de ramificações; NC: número de capítulos; PROD: produção de grãos por planta (g); SP: número de grãos por planta; SC: número de grãos por capitulo; ÓLEO: percentagem de óleo nos grãos, ** e * significativos pelo teste T a P≤0,01 e P<0,05,respectivamente

5 CONCLUSÕES

Os melhores cruzamentos para produção de grãos formam PI537697/PI653152 e PI572450/PI653152.

Os melhores cruzamentos para teor de óleo formam PI572450/PI572470 e PI572470/PI653152.

Exceto número de ramos, em todas as características avaliadas em F_1 e F_2, foi possível observar a contribuição da CGC na variação genética das populações, evidenciando ações gênicas aditivas para todas variáveis.

Para as características altura de planta, produção de grãos por planta, número de grãos por planta, número de grãos por capítulo e percentagem de óleo nos grãos, foi possível observar a contribuição da CEC na variação genética das populações e evidenciando ações gênicas não aditivas.

6 REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**.New York: J. Wiley, 1999. 485 p.

ALLEONI, L.R.F.; BEAUCLAIR, E.G.F. Cana-de-açúcar cultivada após milho e amendoim, com diferentes doses de adubo. **Scientia Agricola,** Piracicaba**,** v.53, n.3, p 409-415, 1995.

ASHRI, Amram et al. Cytogenetics of safflower (Carthamus L.) species and their hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, p. 11-17, 1960.

BAGHERI, B; SAM-DAILIRI,M. Effect of water estress on agronomic traits of safflower spring (Carthamus Tinctorius). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Amman, v.5, n.12, p. 2621-2624, 2011.

BERTAN, I. **Implicações da capacidade combinatória e da distância genética entre genitores no desenvolvimento de populações superiores em trigo (Triticum aestivumL.).** 2007, 131f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas – Pelotas.

BAKER, R.J. Issues in diallel analysus. **Crop Science**, Madison, v.18. n.4. p.533-536, 1978.

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

CARVALHO, FIF de et al. Condução de populações no melhoramento genético de plantas. **Pelotas: Universidade Federal de Pelotas**, 2008.

CAZZATO, E., VENTRICELLI, P., CORLETO, A., 1997. Effects of date of seeding and supplemental irrigation on hybrid and open-pollinated safflower production in southern Italy. In: International Safflower Conference, 4., Bari, 1997. **Proceedings.** Bari Adriatica Editrice, 1997. p. 119-124

Classificação de Solos. Brasília: Embrapa–SPI; Rio de Janeiro: Embrapa–Solos, CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar**, Terceiro Levantamento, Brasília, p. 1-15, dezembro de 2013.

COLNAGO, L. A. et al. Rapid analyses of oil and fat content in agri–food products using continuous wave free precession time domain NMR. **Magnetic Resonance in Chemistry**, Malden, v. 49, p. 113–120, 2011.

CORONADO, L. M. **El cultivo del cártamo (Carthamus Tinctorius L.) em México**. .Cuidade Obregon-México: SGI. 2010, 96p.

Cruz, C.D. **Programa Genes: Biometria.** Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV. 2001. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, UFV, 1997. 380p.

DALCHIAVON, Flávio Carlos et al. Características agronômicas e suas correlações em híbridos de girassol adaptados à segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v. 51, n. 11, p. 1806-1812, 2016.

DAJUE, L.; MUNDEL, H-H. **Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected crop.** 7: Safflower (Carthamus tinctorius L.). Rome: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1996. 83 p.

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

Damodaram T.; Hegde D.M. **Oilseeds situation: a statistical compendium 2002**. Directorate of Oilseeds Research, Rajendranagar, Hyderabad 500030, India, 2002, p. 471.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa‑SPI; Rio de Janeiro: Embrapa‑Solos, 2006. 306 p.

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

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV. 1987. 279 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Harlow: Longman. 1996. 463 p.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION. **Safflower Seed.** Disponível em: http: <http://www.fao.org/home/en>. Acesso em: 20 Fev. 2017.

FEHR, Walter R. et al. **Principles of cultivar development. Volume 1. Theory and technique**. Macmillan publishing company, 1987.

GARDNER, C.O. Teoria de genética estadística aplicable a las medias de variedades, sus cruces y poblaciones afines. **Fitotecnia Latino-America**, Caracas, v.2, p.11-22, 1965.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Arlington, v.22, p.439-452, 1966.

GOMES, Eder P. et al. Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental-Agriambi**, Campina Grande, v. 16, n. 3, 2012.

GRIFFING, J.B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel systems. **Australian Journal Biological Science**,East Melbourne, v.9, p463-493, 1956.

GUIDORIZZI, F.V.C. **Acúmulo de macronutrientes e produtividade de genótipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* l.) em função da adubação nitrogenada no sistema plantio direto.** 2016. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura), Faculdades de Ciências Agronômicas de Botucatu – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2015.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1981. 468 p.

ITIS - Integrated Taxonomic Information System. Disponível em: http://www.itis.gov. Acesso em 11 de novembro de 2013.

KNOWLES, P. F. Safflower. **Advances in Agronomy,** v.10, p.289–323. 1958.

KRUG,C.A.; VIÉGAS, G.P.; PAOLIÉRI, L. Híbridos comerciais de milho. **Bragantia,** Campinas, n.3, p.367-552, 1943.

MATZINGER, D.F.; MANNAND, T.J. COCKERHAM, C.C. Diallel cross in Nicotiana tabacum. **Crop Science**, Madison, v.2, p.238-286, 1962.

McGuire, P.E., A.B. Damania, C.O. Qualset (eds.) **Safflower in California. The Paulden F. Knowles personal history of plant exploration and research on evolution, genetics, and breeding.** Agronomy Progress Report No. 313, Dept. of Plant Sciences. University of California. Davis CA USA. 2012.

Melhoramento e produção de milho. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.1, p.137-214

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado/areas-prioritarias. Acesso em 06 de janeiro de 2014.

MOREIRA, J. A. N. et al. **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.).** Campina Grande: Embrapa Algodão. 1996. 29 p. (Documentos, 44).

MÜNDEL, H.H., MORRISON, R.J., BLACKSHAW, R.E., ENTZ, T., ROTH, B.T., GAUDIEL, R., KIEHN, F. Seeding-date effects on yield, quality and maturity of

safflower. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 2, p. 261–266, Abr. 1994a.

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

MUNDEL,H.H; BLACKSHOW,R.E; BYERS, J.R; HUANG,H.C; JOHNSON, D.L; KEON,R. Safflower production on the Canadian Prairies. **Lethbridge,** Canada. 2004, 36p

OLIBONI, R. **Capacidade combinatória e divergência genética entre híbridos comerciais de milho recomendados para a região Centro-Sul do Paraná**. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava. 2009.

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,** Gorgan**,** n.1, v.2, p 129-140, 2007.

PFANNI, A.Z.; FARIA, M.V.; ANDRADE, A.A.; NASCIMENTO, I.R.; FARIA, C.M.D.R.; BRINGHENTTI, R.M.L. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialélo circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.3, p. 635-641, mai-jun, 2009.

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

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

SEHGAL, Deepmala; RAINA, Soom Nath. Carthamus. In: KOLE, Chittaranjan. **Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources.** Berlin: Spring, 2011. p. 63-95.

SILVA, C. J. **Caracterização agronômica e divergência genética de acessos de cártamo.** 2013. 59f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Faculdades de Ciências Agronômicas de Botucatu – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2013.

SINGH, V; NIMBKAR, N: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.**)**, In: SINGH, R, J: **Genetic Resources Chromossome Engineering, and Crop Improvement: Oil Crops**, Boca Raton, p168-194, 2007.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. Generals vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal America Society Agronomy**, Washington, v.34, p923-932, 1942.

STEEL, R. G. D.; TORRIER, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 418 p.

Vavilov N.I. **The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants.** Ronald Press Company, New York,1951, 364 p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (ed.) VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileirade Genética, 1992. 496p.

WANG, C. C. et al. Protective effect of dried safflower petal aqueous extract and its main constituent, carthamus yellow, against lipopolysaccharide induced inflammation in RAW264.7 macrophages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 91, n. 2, p. 218-225, Jan. 2011.

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

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

YAU, S.K. Winter versus spring sowing of rain-ded safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. **European Journal of Agronomy**. v. 26, n. 3, p. 249–256, Abr. 2007.

ZOZ, T. **Avaliação de genótipos de cártamo quanto ao desempenho agronômico, divergência genética e produtividade da água.** 2015. 64f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Faculdades de Ciências Agronômicas de Botucatu – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2015.

ZOZ, T. **Correlação e analise de trilha de rendimento e seus componentes e caracteres de planta em cártamo (***Carthamus tinctorius* L.**) e mamona (***Ricinus communis* L.**).** 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade estadual Paulista, Botucatu-SP.