

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

CARACTERIZAÇÃO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE
CÁRTAMO

(*Carthamus tinctorius* L.)

RICARDO CHAVES NETO

Ricardo Chaves Neto

CARACTERIZAÇÃO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE
CÁRTAMO

(*Carthamus tinctorius* L)

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Demerson Arruda Sanglard

Montes Claros

Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

2017

Ricardo Chaves Neto. **CARACTERIZAÇÃO DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE
ACESSOS DE CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L)**

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Alcinei Místicos Azevedo - ICA - UFMG

Prof. Dr. Maximiliano Soares Pinto - ICA - UFMG

Mestrando Levi Fraga Pajehú - ICA - UFMG

Mestranda Rachel Bragança de Carvalho – UFVJM - Téc. Adm. UFMG.

Prof. Dr. Demerson Arruda Sanglard - Orientador
ICA - UFMG

Montes Claros, 28 de Junho de 2017.

Dedico, aos meus pais José Pracildo Neto e Maria de Lourdes Chaves Neto, e todos outros familiares em especiais minha tia Geromira Martins Abreu e amigos que me apoiaram durante esta jornada, ao meu orientador Prof. Dr. Demerson Arruda Sanglard e a Universidade Federal de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor orientador Prof. Dr. Demerson Arruda Sanglard, pela oportunidade de desenvolvendo deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao programa institucional de bolsas de iniciação científica/BIPIC.

À Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias, a todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

À professora Luciana por ter cedido o laboratório de bromatologia-UFMG/ICA em especial ao técnico responsável Sérgio por ter auxiliado na realização das análise no laboratório.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal - UFMG/ICA, em especial à Professora Lourdes Silva de Figueiredo.

Ao Professor Ernane Ronie Martins por ter cedido a estrutura onde se desenvolveu o trabalho.

Ao Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT), em especial ao Dr. Rogério Sá, por ter cedido os materiais avaliados neste estudo.

À Bibliotecária Rachel Bragança de Carvalho, por ter auxiliado na formatação do trabalho.

A fundação Universitário Mendes Pimentel, pela assistência estudantil durante o meu percurso acadêmico.

Obrigado!

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças”.

(Charles Darwin)

RESUMO

As indústrias farmacêuticas, principalmente, têm explorado a utilização do óleo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), extraído das sementes, como potencializador de dietas e programas alimentares para perda de peso e definição do corpo. O mercado da beleza ainda incentiva a sua utilização em cosméticos, para tratamentos de pele e cabelos de forma abundante. Outra forma de utilização do óleo de cártamo é a produção de biodiesel, estimulada pelo governo federal como alternativa aos combustíveis fósseis. Apesar do alto potencial produtivo e de sua capacidade de adaptação, o cártamo ainda tem baixa expressão econômica no Brasil. Este efeito pode ser resultante da falta de conhecimento sobre a cultura, técnicas de cultivo e informações quanto ao mercado consumidor. Neste trabalho objetivou-se estudar a divergência genética de 10 acessos de cártamo (NOVO343, IMA133, IMA117, IMA340, IMA73, NOVO338, IMA118, IMA193, IMA195, IMA211). O estudo baseou-se em análises multivariadas de oito características morfoagronômicas, com o propósito de selecionar os acessos mais divergentes e, concomitantemente, produção de híbridos promissores. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Centro de Pesquisas em Ciências Agrárias UFMG, campus Montes Claros. Os plantios se deram em blocos casualizados, com 10 tratamentos e cinco repetições. Avaliou-se altura de planta, diâmetro do caule, massa de matéria seca da parte aérea, ramificações primeira e segunda, unidade de inflorescências, produção de óleo, e produção de grãos. O agrupamento dos acessos foi realizado com base nos métodos de Tocher e UPGMA. A matriz de dissimilaridade genética foi obtida por meio da distância generalizada de Mahalanobis, para formação dos grupos. Os métodos empregados proporcionaram a formação de quatro grupos de maior similaridade, de acordo com os caracteres avaliados: Grupo um, formando pelas variedades, IMA340, IMA211, NOVO343 e NOVO338; Grupo 2, formado pelos genótipos IMA 118, IMA 195, IMA 133 e IMA 73 e; Grupos 3 e 4, formados pelos genótipos IMA117 e IMA 193. O trabalho ainda possibilitou as análises de estimativas de correlação fenotípica e genotípica; construção do dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, obtido pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis e; dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2). Os acessos superiores os quais apresentaram produtividades de óleo e de grãos variando de 654,13 a 895,83 kg ha⁻¹ e 2.477,81 a 3.029,17 kg ha⁻¹, respectivamente. A relação entre coeficiente de variação genética e coeficiente de variação ambiental (CVg/Cve) foram maiores que 1 foram para altura de plantas (1,03), diâmetro de caule (1,38) e ramificação primária (1,24), o que reforça a dominância da expressão do efeito genético sobre os ambientais para estes caracteres. Além disso, constatou-se forte correlação positiva entre os caracteres produção de óleo e inflorescência (0,57) e ramificações primária e secundária (0,73 e 0,32). Por outro lado, verificou-se correlação negativa entre produção de óleo (0,99) e diâmetro do caule (-0,89). De maneira geral, foi possível caracterizar os acessos e agrupá-los com base em suas divergências, o que possibilitará uma maior acurácia na produção de híbridos e populações-base de melhoramento genético, voltados para o norte de Minas Gerais.

Palavras-chave: Melhoramento genético. Biometria. Conteúdo de óleo. Híbridos. Caracteres morfoagronômicos.

LISTA DE ILUTRAÇÕES

- Figura 1 – Cultivo de cártamo aos 58 dias após a emergência (plantas apresentam no estágio de roseta)..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 2 – Plantas no estágio de florescimento e enchimento de grãos (78 dias após a emergência) 19
- Figura 3 – Plantas em fase senescência, apresentando ramificações primárias, secundárias e terciárias (102 após a emergência) **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 4 – Colheita e beneficiamento das sementes aos 119 dias após a emergência 19
- Figura 5 – Extrato de óleo **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 6 – Mufla..... **Erro! Indicador não definido.**
- Gráfico 1 – Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade obtido pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis (a) Dispersão gráfica dos escores; (b) Variáveis canônicas (VC1 e VC2) em genótipos de cártamo. UFMG, Montes Claros –MG, 2016 **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste Scott-Knott para o agrupamento de médias ao nível de 5% de significância e estimativas de parâmetros genéticos para 08 (oito) caracteres avaliados em genótipos de cártamo23

Tabela 2 - Estimativas de correlação fenotípica (acima da diagonal) e genotípica (abaixo da diagonal) entre 08 (oito) características avaliadas em genótipos de cártamo**Erro! Indicador não definido.**

Tabela 3 - Agrupamentos formados com base no método de Tocher e distância generalizada de Mahalanobis, considerando genótipos de cártamo. UFMG, Montes Claros –MG, 2016
Erro! Indicador não definido.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALT	–	Altura da planta
Cm	–	Centímetros
Cve	–	Coeficiente de variação experimental
Cvg	–	Coeficiente de variação genética
DIAM	–	Diâmetro de caule
FLOR	–	Inflorescência
ICA	–	Instituto de Ciências Agrárias da UFMG
IV (Cve/Cvg)	–	Índice de variação
MSP	–	Matéria seca da parte aérea
PROD	–	Produção de grãos
PROD. OLE	–	Produção de óleo
RAM1	–	Ramificação primária
RAM2	–	Ramificação secundária
UFMG	–	Universidade Federal de Minas Gerais
VC1	–	1ª variável canônica
VC2	–	2ª variável canônica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. Referencial TEÓRICO	15
3.1 CÁRTAMO (<i>CARTHAMUS TINCTORIUS</i> L.)	15
3.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA	15
3.3 ASPECTOS AGRONÔMICOS	16
3.4 MELHORAMENTOS DO CÁRTAMO	17
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 INTERAÇÕES DOS FATORES GENÉTICO E AMBIENTAIS (C _{VE} , C _{VG} , C _{VE} /C _{VG} E H ²).	22
5.2 HERDABILIDADE	23
5.3 CORRELAÇÕES	24
5.4 PADRÕES DE DISSIMILARIDADE	28
REFERÊNCIAS.....	31

INTRODUÇÃO

Para iniciar um programa de melhoramento genético vegetal, com espécie cártamo, vários aspectos e procedimentos relacionados à seleção dos genitores devem ser levados em consideração. Um delas é a remessas de materiais preferencialmente caracterizados, que pode ser adquirido dos seus centros de origens, que possivelmente contém maior variabilidade genética. De forma a aperfeiçoar a obtenção para a formação de grupos heteróticos, neste sentido existem algumas estratégias, tais como a quantificação da viabilidade genética, estudos de herança, interações intra-alélicas e intergênicas, ploidias, dentre outras que podem ocorre nessa espécie (BERED;

BARBOSA; NETO, 1997). Além disso, também se leva em conta a compreensão das dinâmicas e mecanismos de reprodução em populações autógamas e alógamas, às quais levam em conta preceitos como taxa de mutação, seleção natural e equilíbrio de Hardy-Weinberg, são fundamentais para se estimar a variabilidade genética e formação de populações-base (CHAPMEN, 2010).

A seleção através dos marcadores morfológicos possuem número e aplicabilidade limitados, pois condições ambientais como temperatura, luz, nutrição e hormônios podem ter efeitos diretos sob a expressão gênica e seus fenótipos, o que interfere nas observações e decisões quanto a melhoramento (RAMALHO, 2008). Quando um caráter é governado por vários genes (caráter quantitativo) ou quando há ocorrência de interações complexas entre oligogenes, considerando também as epistasia, as conclusões tiradas de análises morfofisiológicas ficam superestimadas (BERED; BARBOSA; NETO, 1997). Com o intuito de minimizar essa limitação, pesquisadores geralmente utilizam marcadores moleculares de diversas modalidades (ALZATE-MARIM *et al.*, 2015), apesar dessas limitações os marcadores tem alta correlação genética para as característica morfológicas, vários autores já comprovam a concordância dos métodos (Amini, Saeidi e Arzani, 2008; Peng Sa *et al.*, 2008; SAFAVI *et al.*, 2010). assim a pode se utiliza os marcadores morfológica para a seleção dos genotípicos para a formação do grupos heteróticos.

A produção de biocombustíveis no Brasil tem como principais fontes de matérias-primas, as gramíneas e oleaginosas: cana-de-açúcar, mamona, amendoim, gergelim e babaçu (Região Nordeste); dendê ou palma de óleo (Região Norte), soja, girassol, algodão e canola (Região Centroeste). Dependendo da cultura, tem-se

considerável fração da produção baseada na agricultura familiar, o que lhe geram complementos de renda (PERES *et al.*, 2005).

Apesar das plantas bioenergéticas vêm sendo muito estudadas nas quatro décadas, por seus potenciais para a indústria de biocombustíveis (PERES, 2005). Com o objetivo de fomentar essa indústria, em novembro de 1975 foi criado o programa Proálcool, que fortalece a produção de matéria-prima de origem vegetal, o que fortaleceu a produção de biocombustíveis. No caso das oleaginosas, foi lançado oficialmente o Programa Nacional de Produção de Biodiesel, regulamentado pela Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, estabelecendo que a partir do ano de 2008, haveria a obrigatoriedade do uso de 2% de biodiesel misturado ao petrodiesel. Em 2013, o conteúdo subiu para 5%, o que gerou subsídios para produção dessas matérias-primas que fossem provenientes de pequenos produtores no Norte-Nordeste. A percepção é que suba para 8% a partir de 2017, na forma da lei (BRASIL, 2005).

Dentre as espécies bioenergéticas, a cultura do cártamo destaca-se como uma alternativa promissora, pois apresenta características que possibilitam seu cultivo em regiões com estresses abióticos acentuados (SILVA, 2013), além do alto rendimento de óleo (SILVA, 2013; HANDAN *et al.*, 2009). O semiárido tem extensão de 895.931,3 km² (10,5% do território nacional), correspondendo a 86% da Região Nordeste, onde ocorrem as maiores irregularidades de chuvas, sendo uma região que mais demanda por estratégias de combates à seca, e que possibilitem a produção agrícola.

O cártamo destaca-se também na indústria farmacológica (“cosmético e bem estar”), devido às suas propriedades de reparação e regulação do metabolismo. TU *et al.* (2015) relatam os vários benefícios provenientes das plantas de cártamo, as quais já eram utilizadas pelos chineses há 2000 anos atrás. Atualmente, possui inúmeras aplicações em tratamentos de doenças cardiovasculares, cerebrais, anomalias de gestação, distúrbios do metabolismo hepático e infertilidade. Em testes *in vitro*, já foi comprovada a eficiência do cártamo como atenuante dos efeitos da isquemia do miocárdio, caráter anti-trombótico, anti-inflamatório e efeito antitumoral (Tu *et al.* 2015).

O desenvolvimento de cultivares que fomentem uma cadeia produtiva para o Norte de Minas Gerais, focará na produção de óleo em condições de estresse hídrico. Apesar do alto potencial produtivo e de sua capacidade de adaptação, o cártamo ainda tem baixa expressão econômica. Este efeito pode ser resultante da falta de

conhecimento sobre a cultura, técnicas de cultivo e informações quanto ao mercado consumidor, o que justifica a execução deste projeto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Identificar acessos de cártamo com potenciais de adaptações às condições edafoclimáticas da mesorregião Norte de Minas Gerais, visando fomentar um programa de melhoramento.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar 10 (dez) acessos de Cártamo quanto a caracteres morfoagronômicos, em ambiente protegido;
- Caracterizar 10 (dez) acessos de cártamo quanto ao potencial de produção de óleo;
- Aplicar metodologias biométricas visando a estimação da diversidade genética entre os acessos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

A espécie *Carthamus tinctorius* L. é uma planta oleaginosa, de estatura herbácea, ciclo anual, pertencente à família *Asteraceae*, assim como o girassol, com os centros de origens asiáticas, europeias, e norte da África (SEHGAL; RAINHA, 2005). Atualmente, os maiores produtores mundiais de Cártamo são o Cazaquistão (174.900 t), a Índia (109.000 t), os Estados Unidos (95.360 t), o México (91.788 t) e a Argentina (49.778 t). A produção brasileira é ainda incipiente (WORLDATLAS, 2017), sendo oriunda dos períodos de entre safra e ou em rotação de culturas e consórcios (EMONGOR, 2010; DANIELI *et al.*, 2011).

As sementes do Cártamo são utilizadas para extração de óleo. Seus teores atingem até 50 %, sendo constituídos por: ácido palmítico (6,07-6,32%), esteárico (2,24-2,06%), oléico (19,38-17,5%) e linoléico (71,56-73,32%). As sementes são ricas também em minerais (Zn, Cu, Mn e Fé); vitaminas (Tiamina e B-caroteno); e tocoferóis (α , β e γ) (EKIN, 2005; VELASCO *et al.*, 2005; COSGE *et al.*, 2007). As plantas de Cártamo também são utilizadas como matéria-prima para a produção de corantes, azeite, farinha, tintas, ornamentação e indústria automobilística (BERGLUND *et al.*, 1998; MUNDEL *et al.*, 2004).

A torta obtida a partir da extração de óleo contém 15 a 20% de proteína, a qual pode ser utilizada na fabricação de ração animal (EKIN, 2005; OELKE *et al.*, 1992; COSGE *et al.*, 2007). Os pigmentos amarelo e vermelho (Carthamidina) encontrados nas flores, são utilizados para pigmentação de alimentos, cosméticos e bebidas, (TU *et al.*, 2015).

3.2 Morfologia e fenologia

O ciclo da cultura do Cártamo varia de 110 a 150 dias, dependendo das condições climáticas, nutricionais e variedades. A germinação ocorre de 03 a 08 dias após a semeadura, com crescimento lento na fase inicial e emissão de diversas folhas próximas do nível do solo, período que varia de 21 a 42 dias (Estádio denominado de roseta) (OELKE *et al.*, 1992). Apresenta altura de até 150 centímetros, possuindo

diversos ramos primários, secundários e terciários, os quais sustentam as inflorescências, com flores globulares (capítulos). Cada planta tem a capacidade de produção de 100 capítulos com até 250 flores, sendo as mesmas compostas por um conjunto de brácteas que envolvem o conjunto da pétala (SINGH & NIMBKAR, 2007).

A formação das flores começa na haste central de forma simpodial. O estágio de floração tem duração de 14 a 21 dias, dependendo de fatores fisiológicos e ambientais, com emissão das flores por volta de 60 a 100 dias após a emergência. A maturidade fisiológica é alcançada de quarta a sexta semanas após emissão das inflorescências. A partir da oitava semana após a germinação, as plantas apresentam um acentuado alongamento e emissão de ramificações. Nessa fase, as boas condições de manejo são determinantes para a formação dos ramos e da produção de inflorescências, por ocorrer maior acúmulo de metabólicos absorção de nutrientes. O ponto ideal para a colheita ocorre da segunda a terceira semana após a maturidade fisiológica, momento em que as sementes apresentam 10% de umidade e as plantas encontram-se totalmente senescidas (EMONGOR, 2010; OELKE *et al.*, 1992).

3.3 Aspectos agronômicos

O Cártamo possui elevada tolerância ao déficit hídrico, altas temperaturas, ventos fortes e solos salinos, exibindo grande adaptação a regiões semiáridas. Desenvolve-se melhor em solos mais profundos e de boa drenagem (KIZIL *et al.*, 2008; BAGHERI; SAM-DAILIRI, 2011). Para as regiões brasileiras, o Cártamo pode adequar-se ao inverno seco ou no cultivo entressafra, sendo uma excelente alternativa para o cultivo em rotação de cultura, principalmente em áreas de pousio das regiões Sudeste e Centroeste (BORTOLHEIRO, 2015).

As principais doenças do Cártamo são causadas por fungos (Sclerotinia, Fusarium, Alternaria e Ferrugens), abrangendo 70% dos casos. Essas doenças são relevantes principalmente em épocas chuvosas, com esporos facilmente disseminados. As medidas de controle e prevenção são as clássicas, tais como a escolha de sementes sadias, de plantio e escolha de variedades com maiores níveis de tolerância aos efeitos ambientais. Com relação às pragas como os coleóptera e alguns hemiptera, destacam-se aquelas que atuam no solo, por se alimentarem das sementes recém germinadas (DAJUE; MÜNDEL, 1996; BERGMAN, 2009).

3.4 Melhoramentos do cártamo

O Cártamo é uma planta diplóide, possuindo ploidia $2n = 24$ cromossomos, embora existam variedades com números diferentes ($2n = 10$, $2n = 11$, $2n = 12$, $2n = 20$, $2n = 22$ e $2n = 64$). Essas diferenças têm implicações quanto ao local de origem dos genótipos, gerando divergência quanto aos caracteres altura de planta, produção de sementes, tamanho de inflorescência, peso de sementes, a coloração das inflorescências e do grão do pólen, taxa de autogamia e, teor de óleo (DAJUE; MUNDEL, 1996). A reprodução se dá quase que exclusivamente por autofecundação, com taxa superior a 90%, embora possam ser encontrados genótipos mistos (DAJUE; MUNDEL, 1996; EKIN, 2005).

Os Bancos de Germoplasma são de extrema importância para os Programas de Melhoramento de modo geral. A Índia mantém mais de 7.000 acessos de Cártamo, os quais estão disponíveis para remessa. A Estação de Introdução de Plantas Regional Oeste (WRPIS), localizada em Pullman, WA (EUA), mantém 2.288 acessos de cártamo coletados em mais de 50 países, de modo a conduzir um Programa de Melhoramento para a espécie (SINGH & NIMBKAR, 2007). No México, os principais programas de melhoramento pertencem ao Instituto Nacional de Investigações florestais Agrícolas e Pecuárias (INIFAP) (CORONADO, 2010). No Brasil, o Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT) é responsável por uma importante Coleção de Trabalho (SILVA, 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (latitude 16°40'57.84"S e longitude 43°50'25.17" O, com altitude média de 646,29 m), de maio a setembro de 2016, em ambiente protegido (casa de vegetação). Foram avaliados caracteres morfoagronômicos de acessos de *Carthamus tinctorius* L., provenientes Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT): NOVO343: PI 250203 (Chamado no Paquistão de BJ-2548), IMA133: PI 212979 (Origem Índia), IMA117: PI 209289 (Chamada no Unknown de BJ-776), IMA340: PI 250200 (Chamado no Paquistão de BJ-2545, IMA73: PI 199909 (Chamada na Índia de BJ-732), NOVO338: PI 250198 (Chamada no Paquistão de BJ-2544), IMA 118: PI 209290 (Chamada no Egito de BJ-777), IMA193: PI 248375 (Chamada na Índia de BJ-860), IMA195: PI 248378 (Chamada na Índia de BJ-862), IMA211: PI 248628 (Chamada no Paquistão de BJ-879).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com dez tratamentos com quatro repetições, e também foi utilizada três por vaso (FIGURA 1). A temperatura durante o experimento oscilou entre 11,2°C e 36,4°C, com umidade relativa média de 56,3% (INMET, 2016). Utilizou-se solo classificado como Latossolo-Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013). Os substratos foram preparados em proporções de 3:1 (solo: esterco curtido), alocados em vasos de polietileno com capacidade de 5 L. Durante o ciclo, foram aplicadas lâminas de água diariamente, até atingir-se a capacidade de campo do solo (as aplicações se deram sempre às 13:00h). O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, deixando-se três plantas por vaso.

Foram realizadas diversas mensurações da morfologia: (i) Altura de planta – medições da distância vertical entre a superfície do solo ao ápice das plantas, com auxílio de régua graduada (FIGURA 3); (ii) Diâmetro do caule – medições a uma altura de 2 cm da superfície do solo, utilizando um paquímetro digital; (iii) Número de ramificações primárias e secundárias – contagem direta; (iv) Número de capítulos – contagem direta após 112 dias do plantio (FIGURA 2).

Para medição das variáveis matéria seca, produção de sementes e teor de extrato etéreo, realizou-se um corte de modo a separar os capítulos, do restante da planta. Na sequência, os colmos mais e as partes aéreas, foram colocados em estufa de circulação de ar forçado por 72 horas a 65°C, para obtenção da matéria seca.

Posteriormente foram extraídas as sementes dos capítulos (FIGURA 4), com subsequente pesagem e quantificação do extrato etéreo que consistia que por meio de fluxo de arraste com o reagente éter, que em aparelho específico (FIGURA 5), após esse procedimento as amostras eram levadas a um mufla para ocorrer a evaporação do éter (DETMANN *et al.*, 2012) (FIGURAS 5 e 6).

Para a aplicação do método de agrupamento de otimização de Tocher 5% citado por Rao (1952), foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis (V1 e V2) com medida de dissimilaridade. O dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade obtido pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) também foi utilizado no estudo da diversidade genética entre os genótipos. Permitindo avaliar melhor a divergência, confrontando os resultados obtidos por diferentes metodologias de análise multivariada.

As análises uni e multivariadas foram realizadas utilizando-se o aplicativo genético-estatístico Genes (Cruz, 2006).

Figura 1 – Cultivo de cártamo aos 58 dias após a emergência (plantas apresentam no estágio de roseta)



Fonte: Do autor, 2016.

Figura 2 – Plantas no estágio de florescimento e enchimento de grãos (78 dias após a emergência)



Fonte: Do autor, 2016

Figura 3 – Plantas em fase senescência, apresentando ramificações primárias, secundárias e terciárias (102 após a emergência)



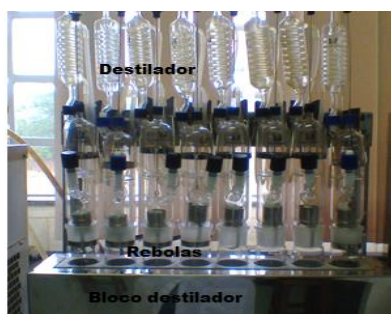
Fonte: Do autor, 2016.

Figura 4 – Colheita e beneficiamento das sementes aos 119 dias após a emergência



Fonte: Do autor, 2016

Figura 5 – Extrato de óleo



Fonte: Do autor, 2016.

Figura 6 – Mufla



Fonte: Do autor,

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis altura de planta, diâmetro do caule, ramificação primária, produção de grãos e teor de óleo, apresentaram diferenças significativas de acordo com as análises de variância. As variáveis matéria seca da parte aérea, ramificação secundária e unidade de inflorescência não apresentaram diferenças significativas (TABELA 01).

Com relação à altura, a variedade IMA193 (103,87 cm) foi a superior. As demais variedades não diferiram entre si, apresentando variação na altura de 71,13 a 87,80 cm. A altura é de grande importância para agricultura mecanizada, influenciando na regulação ideal dos equipamentos para a colheita, uma vez que plantas de porte elevado aumentam do risco de acamamento no campo, podendo acarretar perdas significativas na colheita (BARDHI *et al.*, 2013). Segundo o autor, a altura de planta, o período de florescimento, a susceptibilidade a doença e a coloração da inflorescência foram fortemente influenciados pelo local de origem dos genótipos.

As variedades NOVO343, IMA340, NOVO338 e IMA211 destacaram-se com maior diâmetro de caule (9,43, 9,53, 10,54 e 8,88mm respectivamente). O maior diâmetro do caule está relacionado a uma maior resistência ao acamamento e tombamento, além da maior capacidade de acúmulo de nutrientes (N, P, K, S e Mg) e maior eficiência na relação fonte dreno (VELASCO, 2005).

Tabela 1 – Teste Scott-Knott para o agrupamento de médias ao nível de 5% de significância e estimativas de parâmetros genéticos para 08 (oito) caracteres avaliados em genótipos de cártamo

Genótipos	ALT (cm)**	MSPA (g) ^{ns}	DIAM (mm)**	RAM1 (un.):**	RAM2 (un.)*	FLOR (un.) ^{ns}	Prod. grãos (Kg/ ha ⁻¹)**	P. óleo (kg/ há ⁻¹)**
NOVO 343	79.87 b	17.13	9.43 a	6.20 c	5.73 a	10.20	1474.47 b	353.73 b
IMA 133	78.20 b	17.17	7.70 b	9.27 b	6.60 a	11.20	2389.29 a	592.51 b
IMA 117	74.87 b	17.74	7.41 b	5.87 c	4.57 a	9.20	2477.81 a	654.13 a
IMA 340	80.87 b	16.77	9.53 a	6.27 c	6.40 a	10.93	2154.01 b	589.14 b
IMA 73	71.13 b	14.19	7.14 b	9.27 a	8.57 a	13.10	3084.70 a	895.83 a
NOVO 338	87.80 b	18.55	10.54 a	5.13 c	4.73 a	9.00	1345.04 b	315.03 b
IMA 118	77.80 b	15.55	6.90 b	7.60 b	5.30 a	10.87	2954.83 a	823.80 a
IMA 193	103.87 a	16.59	7.65 b	6.60 c	3.33 a	9.07	2577.88 a	695.57 a
IMA 195	73.07 b	13.77	6.90 b	7.20 b	5.73 a	10.53	3029.17 a	806.66 a
IMA 211	83.20 b	14.87	8.88 a	5.87c	5.34 a	9.67	1872.27 b	538.20 b
Cve	10.34	17.33	10.92	13.94	33.17	21.95	30.14	34.14
CVg	10.60	5.83	15.07	17.32	19.92	7.09	22.95	37.68
IV (CVg/Cve)	1.03	0.34	1.38	1.24	0.60	0.32	0.76	0.78
Herdabilidade	84.01	36.18	90.50	88.53	64.34	34.30	74.35	75.15

Legenda:

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Altura de plantas (ALT); matéria seca da parte aérea (MSPA); diâmetro do troco (DIAM); ramificação primária (RAM1); ramificação secundária (RAM2); inflorescência (FLOR) produção de grãos (Prod. grãos); produção de óleo (P. óleo).

Fonte: Do autor, 2016.

Nota: Local de realização ICA / UFMG, Montes Claros –MG.

Para ramificações primária, a variedade IMA73 apresentou maior média com 9,27 unidades por planta. Os menores valores foram observados nos genótipos IMA 211, IMA 193, NOVO 338, IMA 340, IMA 117 e NOVO 343 com número de inflorescência variando de 5,13 a 6,6 unidades.

As variedades que apresentaram maior desempenho com relação a produção de grãos foram IMA133, IMA117, IMA73, IMA118, IMA193 e IMA195 (3084,70 à 2477,8 kg há⁻¹). Já as variedades NOVO343, IMA 340, NOVO338 e IMA 211 (1345,04 à 215,01 Kg há⁻¹), apresentaram menor produção. Para Istanbuloglu *et al.* (2009) o

cultivo em sistema irrigado na estação fria (inverno), pode retardar ciclo da cultura em quase 30 dias, porém nesta estação pode ocorrer um maior rendimento de grãos, podendo alcançar valores variando de 4,9 à 60,3%. Visto que, conforme os autores os valores mais elevados foram 4,05 t há⁻¹ obtidos no cultivo de inverno e 3,74 t há⁻¹ para o cultivo de verão.

As variedades IMA117, IMA73, IMA193, IMA118 e IMA195 apresentaram maior produção de óleo (895,83 a 654,13 kg há⁻¹), os menores valores de produção foram obtidos nas variedades NOVO343, IMA133, IMA340, NOVO338 e IMA211 (315,03 à 592,51 Kg há⁻¹). Yeilaghi *et al.* (2012) estudando a produção de em condições de estresse salino, infere que, dependendo do genótipo a produção de óleo pode variar entre 23,4% a 35,5% sob condições de cultivo normais, com produção de óleo de 487,8 a 1166,3 Kg há⁻¹. Enquanto a produção sob condições de campo salino, varia de 19,9 a 32,8% com produção entre 266,9-847,5 kg há⁻¹ sob condições de campo salino, tendo uma redução de 7,7% na produção de óleo em ambiente de estresse.

O uso de menores espaçamentos e de variedades com maior potencial de ramificação favorece a cobertura e fechamento precoce do terreno, diminuindo os custos com controle de plantas daninhas. Entretanto, o adensamento de plantas pode inibir o crescimento das ramificações laterais, acarretando apenas no crescimento no sentido vertical (IROLIVEA *et al.* 1998);

5.1 Interações dos fatores genético e ambientais (Cve, Cvg, Cve/Cvg e H²)

A variação fenotípica de uma variedade ou cultivar pode ser atribuída a fatores genéticos e as variações decorrente da influência do meio ambiente e a interações genético-ambiental (BESPALHOK *et al.*, 2012). O Cve é a proporção em que as características ambientais influenciam na expressão do fenotípico, uma análise mais profunda das características possibilita uma melhor visão a respeito do comportamento das plantas em determinados ambientes. Quando estabelecemos esse índice, nos permitimos determinar o manejo mais eficiente que potencializará as características desejadas dentro de determinados ambientes, podendo destacar a nutrição, disponibilidade de água, quantidade de horas de sol, ataque de pragas e doenças e de efeitos que não podem ser atribuídos a nenhum fator específico (RAMALHO, 2008).

Obteve-se Cve acima de 20% (TABELA 1) para os caracteres ramificação secundária, número de inflorescência, produção de grãos e de óleo. Esta alta magnitude desse índice é aceitável devido a elevada influência do ambiente sobre estas variáveis. O Cve ao longo de um determinado período sofre alteração devido às variações ambientais de diversas magnitudes, a produção de grãos apresenta aumento no Cve, o que indicado que essa variável é muito sensível ao ambiente, (ROSSMAN, 2001).

As variáveis altura de planta, diâmetro de caule, matéria seca da parte aérea, ramificação primária e inflorescência apresentaram esse índice abaixo de 20%, indicando que para esses caracteres a expressão fenotípica é devido a uma menor influência ambiental, o seja para um indivíduo muito similares, as diferenças na expressão do fenótipo é devido a especificidade do ambiente os quais são submetidos que na prática é devido a condições climática e de manejo agrônomicos.

As características morfológicas que apresentavam a razão coeficiente de variação genético e coeficiente de variação ambiental (CV_g/Cve) maiores que 1, foram altura de plantas (1,03), diâmetro de caule (1,38) e ramificação primária (1,24). Isso reforça a predominância da expressão do efeito genético sobre os efeitos ambientais para estes caracteres, o que não ocorre para matéria seca da parte aérea (0,34), ramificação secundária (0,60), inflorescências (0,32), produção de óleo e de grãos (0,76 e 0,78 respectivamente). Para características que apresentam alto (igual ou acima de um) valor para essa razão infere-se que uma maior proporção do fenótipo está ligada à genética e para esse índice que apresenta valor menor que um infere-se uma menor participação advinda de um caráter genético mas sim devido a fatores ambientais, há determinados casos em que não se pode definir claramente a causa da expressão, que se dá pelo modo de herança genética (BORÉM; MIRANDA, 2013; PIERCE 2013).

5.2 Herdabilidade

Para a herdabilidade (H^2) (TABELA 1), observou-se maiores estimativas para as características de altura de planta (84,01%), diâmetro do caule (90,50%), ramificação primária (88,53%), produção de grãos (74,35%) e produção de óleo (75,15%). Esse índice indica que para estas características há maior proporção da expressão fenotípica, que está ligada à herança genética aditiva, as previsões dos

caracteres das gerações futuras podem ser inferidas, para esses caracteres com alto valor de herdabilidade, apenas observando os genótipos das progênies, o que facilita os trabalhos de melhoramento genético. Os caracteres com elevados valores de herdabilidade pode ser facilmente empregados na seleção em programas de melhoramento genético, para potencialização de componentes de produtividade (AMINI; SAEIDI; ARZANI, 2008).

Os coeficientes de herdabilidade para matéria seca da parte aérea, inflorescências foram baixos, este fato pode está relacionado a efeitos ambientais, como umidade relativa e ataque de pragas (AMINI; SAEIDI; ARZANI, 2008).

Na expressão de características quantitativas torna-se fundamental o conhecimento do tipo de ação genica. Esta pode ser aditiva, dominante e epistática, sendo que a ação genica aditiva apresenta-se com maior importância para ao melhoramento genético, visto que, possibilita o aprimoramento das características desejadas através da seleção (BESPALHOK, 2011). As variedades de cártamo apresentam reprodução predominantemente por autofecundação (50 a 90%), ainda, populações de cártamo possuem alta taxa de endogamia (similaridade) o que a torna de grande potencial genético para o melhoramento (DAJUE; MUNDEL *et al.*, 1996; KHAN *et al.*, 2009).

O coeficiente de variação genética (CVg.) (TABELA 1) acompanhou os valores de coeficientes de herdabilidade, com maior índice para a produção de óleo (37,68%), e produção de grãos (22,95%), os demais caracteres apresentaram índice abaixo de 20%, As características de produção de grãos, duração do florescimento e dias para a maturação foram indicados com ocorrência de ação genica epistática, devendo haver mais estudos considerando a interação genica para seleção dos progenitores (ARAÚJO, 2006).

5.3 Correlações

De acordo com a Tabela 2, na estimativa de correlação fenotípica e genotípica, houve uma correlação positiva entre os caracteres produção de óleo com inflorescência (0,57), ramificações primária e secundária (0,73 e 0,32, respectivamente), porém o diâmetro do caule apresentou correlação negativa com (-0,89), o que indica que com a seleção dos caracteres número de inflorescência, ramificação primária e secundária, pode-se esperar maior produção de grãos.

A produção de grãos apresentou correlação positiva com os caracteres inflorescência (0,53), ramificação primária (0,74) e secundária (0,28) e correlação negativa com diâmetro do caule (-0,93). O caracter inflorescência teve correlação forte com ramificações primária (0,88) e secundária (0,93), produção de óleo (0,53) e de grãos e (0,56) e correlação negativa para os caracteres altura (-0,62), matéria seca da parte aérea (-0,55) e diâmetro de caule (-0,39). Práticas de manejo que potencializem esses caracteres de forma positiva podem promover o aumento da produtividade.

Tabelas 2 - Estimativas de correlação fenotípica (acima da diagonal) e genotípica (abaixo da diagonal) entre 08 (oito) características avaliadas em genótipos de cártamo

	ALT	MSP	FLOR	RAM1	RAM2	DIAM	PROD	PROD. Óleo
ALT	1	0.376	-0.6182	-0.4303	-0.7156	0.3216	-0.3262	-0.3219
MSP	0.376	1	-0.5544	-0.5681	-0.4415	0.5962	-0.6641	-0.7218
FLOR	-0.6182	-0.5544	1	0.8797	0.9345	-0.3882	0.5344	0.5655
RAM1	-0.4303	-0.5681	0.8797	1	0.7074	-0.6867	0.7415	0.7326
RAM2	-0.7156	-0.4415	0.9345	0.7074	1	-0.1448	0.2825	0.3201
DIAM	0.3216	0.5962	-0.3882	-0.6867	-0.1448	1	-0.9334	-0.8978
PROD	-0.3262	-0.6641	0.5344	0.7415	0.2825	-0.9334	1	0.9865
PROD_Ole	-0.3219	-0.7218	0.5655	0.7326	0.3201	-0.8978	0.9865	1

Fonte: Do autor.

Nota: Local ICA / UFMG, Montes Claros-MG.

Altura de plantas (ALT); matéria seca da parte aérea (MSPA); diâmetro do troco (DIAM); ramificação primária (RAM1); ramificação secundária (RAM2); inflorescência (FLOR) produção de grãos (Prod. grãos); produção de óleo (P. óleo).

A produção de óleo apresenta correlação positiva com os caracteres inflorescência (0,56), ramificação primária (0,73) e secundária (0,32) e correlação negativa com diâmetro do caule (-0,89), indicado que para o conteúdo de matéria seca e diâmetro ambos contribuem de maneiras inversas para produção de óleo e para p caráter altura não se pode inferir com muito precisão sua relação com a produção de óleo pois sua correlação foi e baixa magnitude.

O caractere inflorescência apresenta correlação forte com ramificações primária (0,88) e secundária (0,93), produção de óleo (0,57) e de grãos (0,53) e correlação negativa para os caracteres de altura (-0,62), matéria seca da parte aérea (-0,55) e diâmetro do caule (-0,39). Indicando que plantas com maiores números de

ramificações primárias e secundárias tende a uma maior produção de inflorescências, esse índice indica com magnitude média que plantas de menores portes produz mais inflorescência.

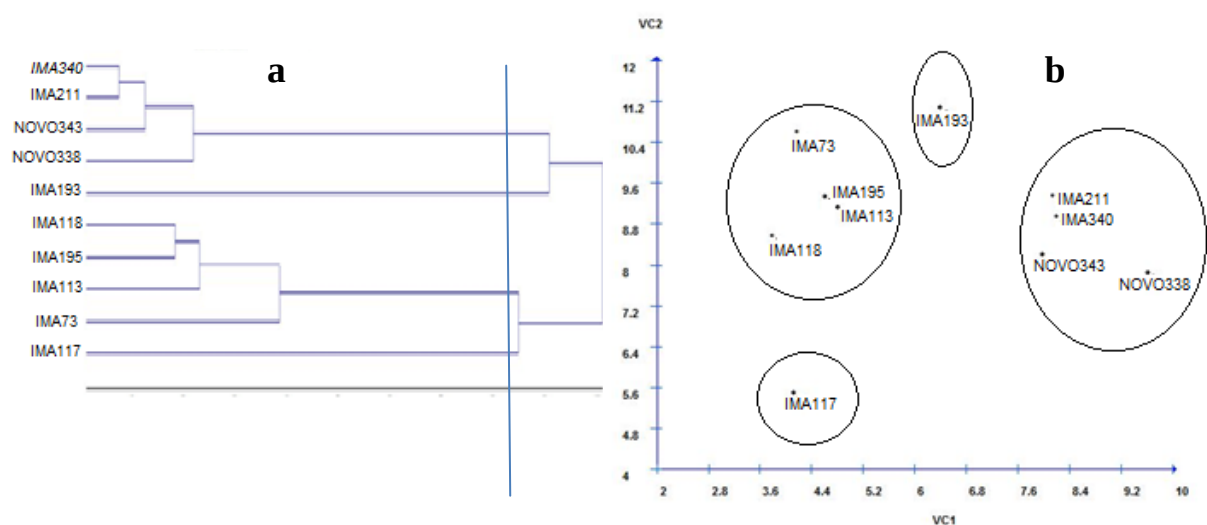
A altura das plantas apresenta correlação positiva com matéria seca (0,38) e diâmetro (0,32) e correlação negativa para inflorescência (-0,62), ramificações primárias (-0,43) e secundárias (-0,72) e produção de óleo (-0,32) e de grãos (-0,33), implicando que a seleção de plantas mais pela altura não irá refletir em maior produção de grãos e de óleo, além do mais para, plantas de maior porte podemos inferir com baixa magnitude que essas conter menor ramificações.

Tabela 3 - Agrupamentos formados com base no método de Tocher e distância generalizada de Mahalanobis, considerando genótipos de cârtamo. UFMG, Montes Claros - MG, 2016.

Grupos	Genótipos
1	IMA340, IMA211, NOVO343 e NOVO338.
2	IMA118, IMA 185, IMA133 e IMA73.
3	IMA117.
4	IMA193.

Fonte: Do autor, 2016.

Gráfico 1 – Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade obtido pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis (a) Dispersão gráfica dos escores; (b) Variáveis canônicas (VC1 e VC2) em genótipos de cârtamo. UFMG, Montes Claros – MG, 2016



Fonte: Do autor, 2016.

Fonte: Do autor, 2016.

5.4 Padrões de dissimilaridade

Ao analisar a dispersão gráfica dos escores e agrupamento do vizinho próximo (FIGURA 1, a e b), foi possível separar os genótipos em quatro grupos de maior similaridade genética, corroborando os resultados obtidos pelo método de Tocher (TABELA 1), concluindo que os métodos de Otimização de Tocher e Dispersão Gráfica das Variáveis Canônicas são concordantes entre si, podendo ser usada para formar os agrupamentos para a obtenção de linhagens e híbridos.

Peng Sa *et al.* (2008) realizou estudo com engenharia genética utilizando marcadores morfológicos e moleculares, concluindo que os métodos utilizados apresentam alta correlação entre si. Mahasi *et al.* (2009) e Vilatersana *et al.* (2005) também utilizando a engenharia genética encontraram divergência entre as variedades estudadas, fato atribuído ao distanciamento geográfico, na qual as variedades foram cultivadas ao longo das gerações, e as possíveis pressões de seleção levaram a formação de população com mecanismo específico de reprodução e de expressão gênica. Mesmo que os marcadores morfológicos apresentem boa correlação para o acompanhamento dos genes, análises mais específicas são necessárias como o uso de marcadores moleculares para identificação dos genes e de suas possíveis interações (alélicas ou genéticas), como casos de interação genética mais específicas como a epistasia, pleiotropia, dentre outras (SAFAVI *et al.*, 2010).

Através do método de Tocher foi possível o agrupamento dos 10 genótipos em quatro grupos de maior similaridade genética, (TABELA 3) e (FIGURA 1). Os grupos um e dois foram formados por quatro variedades e os grupos três e quatro são formados por apenas um genótipo cada, a formação dos grupos se dá pela similaridade existente entre eles. A definição desses grupos é um dos primeiros passos para estabelecer um programa de melhoramento genético. Através da Tabela 1, foi possível identificar as características de cada indivíduo e caracterizar os grupos. As características de matéria seca da parte aérea, ramificação secundária e inflorescência, apresentaram menor contribuição para a formação e distinção dos grupos, pois são caracteres semelhantes para todos os grupos, que apresentaram semelhança entre os genótipos não contribuíram na distinção dos grupos.

O grupo um foi formado pelas variedades, IMA340, IMA211, NOVO343 e NOVO338, caracterizadas pela semelhança em altura, diâmetro, ramificação primária,

produção de grão e de óleo. Estas apresentam superioridades no diâmetro do caule, parâmetro favorável ao melhoramento, tendo correlação positiva para altura de planta e massa seca da parte aérea, apesar desses caracteres não correlacionarem diretamente com o aumento da produtividade.

Já o grupo dois, foi formado pelos genótipos IMA 118, IMA 195, IMA 133 e IMA 73, caracterizando-se pela semelhança em altura, diâmetro e produção de grãos e de óleo, para esse último caráter a variedade IMA133 divergiu das demais dentro do grupo, apresentando superioridade para produção de grão e de óleo, enquanto a variedade IMA73 destacou-se quanto à altura.

O grupo três, formado pelo genótipo IMA117, se destaca quanto a produção de óleo e de grãos. O grupo quatro formado pelo genótipo IMA 193 se caracterizam por divergirem dos outros grupos para os caracteres estudados, destacando-se para as características altura de planta, produção de óleo e de grãos, esses dois últimos grupos divergem estatisticamente apenas para o caractere altura. Amini, Saeidi e Arzani (2008) comparando marcadores moleculares agromorfológicos e RAPD, encontraram estrita relação entre genótipos, atribuindo a possibilidade da existência de alto grau de parentesco entre as variedades estudadas

CONCLUSÃO

Foi possível avaliar o potencial de produção das variedades cártamo, e realiza a seleção das variedades de maior potencial produtivo, esse e possível tem uma produção com uma variação 35,1 % apenas por selecionar a cultiva de maior potencial, em detrimento a outras.

As variedades em destaque para produção de óleo e de grãos foram IMA 133, IMA 117, IMA73, IMA 118, IMA193, IMA 195, com uma produção variando de 2154,01 a 3084,70 kg há⁻¹, e para produção de óleo foram às variedades IMA117, IMA 73, IMA 118, IMA 193, IMA 195 como produção variando de 654,13 a 895,83 kg há⁻¹.

Através das estimativas de herdabilidade foi possível seleciona os caracteres com maior potencial ao melhoramento genético, ou seja, os caracteres que sofreram maior expressão genética aditiva foram diâmetro do caule e ramificação primaria

Através das análises multivariadas foi possível avalia a distância de similaridade, possibilitando o agrupamento das variedades em Quatro grupos de maior proximidade genética o seja dentro desses grupos a maior homozigose para os caracteres em destaque.

Os caracteres que estão diretamente ligados a maior produção de grãos e de óleo são inflorescência, ramificação primaria e secundaria, a alteração na expressão desses caracteres ira interferi diretamente no potencial de produção dessa variedade, por possuem correlação positiva com a produção de grão e de óleo, as característica ramificação primaria e secundaria de fácil aplicação para o melhoramento devido ao seu alto coeficiente de herdabilidade.

REFERÊNCIAS

- BARDHI, N.; SUDAJ, E.; DODONA, E.; KALLÇO, I.; MERO.G.; SUSAJ. L. Productivity indicators of five safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) Grown under lushanja, Albania, Climatic conditions. **Online International Interdisciplinary Research Journal**, {Bi-Monthly}, v. 3, n. 6, 2013. ISSN 2249-9598.
- BERGLUND, D. R.; RIVELAND, N.; BERGMAN, J. **Safflower production**. North Dakota State: University Extension Service, 1998.
- BESPALHOK F., J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Introdução ao Melhoramento de Plantas. In: BESPALHOK F., J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas**. 2011. p. 1-9. Disponível em: <<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%201.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2017.
- BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. cap. 9. p. 523.
- BORTOLHEIRO, F. P. A. P. **Caracterização de linhagens de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em condições de deficiência hídrica e reidratação**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2015.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**. [2005?]. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/pnpb.html>>. Acesso em: 19 maio 2017.
- BRASIL. Portal Brasil. **Economia e emprego**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/03/percentual-obrigatorio-de-biodiesel-no-oleo-diesel-passa-para-8%>>. Acesso em: 19 maio 2017.
- CHAPMEN, M.A; HVALA, J; STREVER, J; BURKE J, M, Population genetc analysis of safflower (*Carthamus tinctirius* ; Asteraceae) Reveals a near Eastern origen and five centers of diversity, **American Journal of Botany**, v. 97, n. 5, p.831–840, 2010.
- COSGE, B.; GURBUZ, B.; KIRALAN, M. Oil content and fatty composition of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in Spreind and Winter. **International Journal of Natural and Engineering Sciences**, v. 1, n 3, p.11-15, 2007.
- CORONADO, L. M. **El Cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México**. Obregon, MEX: SGI, 2010. 96 p.
- CRUZ CD. 2006. Programa GENES: Aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows. Viçosa: UFV. 382 p.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M.

M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

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. Saf. 6, p. 299-306, flower (*Carthamus Tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop. **A review Asian Journal of Plant Science**, v. 9, n2010.

GEO-Conceição. **Classificação climática de Köppen**. Disponível em: <<http://geoconceicao.blogspot.com.br/2012/05/classificacao-climatica-de-koppen.html>>. Acesso em: 4 maio 2016.

HANDAN Y.; PÉREZ-VICH, B.; VELASCO L.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J. M. Inheritance of high oleic acid content in safflower. **Euphytica**, v. 168, p. 1-69, 2009.

IROLIVEA, E. A. M.; CAMARA, G. M. S.; NOGUEIRA, M. C. S.; CINTRA, H. S. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. **Sci. agric.** [online]. 1998, v. 55, n. 2, p. 269-275, 1998. ISSN 0103-9016.

ISTANBULLUOGLU, A.; GOCMEN, E.; GEZER, E.; PASA, C.; KONUKCU, F. Effects of water stress at diferente development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 1429-1434, 2009.

KHAN, M. A.; WITZKE-EHBRECHT, S. C.; MAASS, B. L.; BESKER, H. C. Relationships among different geographical groups, agro-morphology, fatty acid compstion and RAPD marker diversity in safflower (*Carthamus tinctorius*), Department of Crops Sciences: Plant Breeding, Georg-August-Universita't Go'ttingen, von Sieboldstr. 837075 Go'ttingen, Germany, May 2008.KIZIL et al. Comprehensive study on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in semi-arid conditions. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 4, n. 1, p. 947-953, 2008.

MAHASI, M. J.; WACHIRA, F.; PATHAK, R. S.; RIUNGU, T. C. Genetic polymorphism in exotic safflower (*Carthamus tinctorious* L.) using RAPD markers, **Journal of Plant Breeding and Crop Science**. v. 1, n. 1, p. 8-12, Mar. 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. [Madison]: University of Wisconsin-Exension, Cooperative Extension, 1992. 8 p.

PENG, SA.; FENG, NA.; GUO, MEILI.; CHEN, YUEHUA.; GUO, QIAHHUA. Genetic variation of *carthamus tinctorius* L. and related species revealed by SRAP analysis. **Biochemical Systematis and Ecology**, v. 36, p. 531-538, 2008.

PERES, J. N. R. R.; JUNIOR, E. F.; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, ano 14, n. 1, 2005.

PIERCE, B. A., **Genética, um enfoque conceitual**, 3 rd. ed. Rio de Janeiro, editora Guanabara Koogan, ed. 3rd, 2013, cap. 24, p. 774.

RAMALHO. M. A. P.; SANTOS. J. B.; PINTO. C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 4. ed. Lavras: editora UFLA, 2008. cap. 10. p. 463.

ROSSMAN, H; **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**, Piracicaba, 2001, 91p.Tese, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Universidade de São Paulo

SAFAVI, S. A.; POURDAD, S. S.; TAEB, M.; KHOSROSHAHLI, M. Assessment of genetic variation among safflower (*carthamus tinctorius* L.) accessions using agr-morphological traits and molecular markers. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 8, n. ¾, p. 616-625, 2010

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

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

SILVA, R. M. A, Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semiárido. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 18, n. 1/2, p. 339-360, jan./dez. 2003,b.

TU, Y.; XUE, Y.; GUO, D.; SUN, L.; GUO, M. Cartami flos: a review of its ethnopharmacology, pharmacology and clinical applications. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, n. 2015, p. 553-566, Jun. 2015.

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

VILATERSANA, R.; GARNATJE, T.; SUSANNA, A.; GARCIA-JACAS, N. Taxonomix problemas in *Carthamus* (Asteraceae): RAPD markers and sectional classification. **Journal of the Linnean Society**, v. 147, n. 3, p. 375-383, Mar. 2005.

YEILAGHI, H.; ARZANI, A.; FOTOVAT, R.; FEIZI, M.; POURDAD, S. S. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. **Food chemistry**, v. 130, p. 618-625, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Ciências Agrárias. Grupo de estudo em manejo e irrigação no semi-árido. **Dados meteorológicos**. 2016. Disponível em:

<http://www.ica.ufmg.br/gemisa/index.php?option=com_content&view=article&id=22&Itemid=29>. Acesso em: 4 maio 2016.

WORLDATLAS. **World's top Safflower Producing Countries**. In: Economics.

Disponível em: <<http://www.worldatlas.com/articles/world-s-top-safflower-producing-countries.html>>. Acesso em: 19 maio 2017.

