

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE TRILHA DE PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS E SEUS COMPONENTES E CARACTERES DE PLANTA EM
CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) E MAMONA (*Ricinus communis* L.)**

TIAGO ZOZ

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

BOTUCATU-SP

Julho – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE TRILHA DE PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS E SEUS COMPONENTES E CARACTERES DE PLANTA EM
CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) E MAMONA (*Ricinus communis* L.)**

TIAGO ZOZ

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Dutra Zanotto

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

BOTUCATU-SP

Julho - 2012

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

Zoz, Tiago, 1988-
Z91c Correlação e análise de trilha de produtividade de grãos
e seus componentes e caracteres de planta em cártamo
(*Carthamus tinctorius* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.)/
Tiago Zoz.- Botucatu : [s.n.], 2012
vii, 54 f. : il., color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012
Orientador: Mauricio Dutra Zanotto
Inclui bibliografia

1. Cártamo - Variedades. 2. Mamona - Variedades. 3. Se-
leção de plantas - Melhoramento genético. I. Zanotto, Mau-
ricio Dutra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônomicas. III. Título.

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

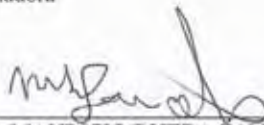
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE TRILHA DE PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS E SEUS COMPONENTES E CARACTERES DE PLANTA EM
CÂRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) E MAMONA (*Ricinus communis* L.)

ALUNO: TIAGO ZOZ

ORIENTADOR: PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO

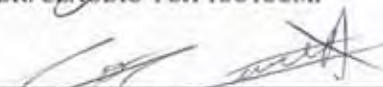
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO



PROF. DR. CLAUDIO YUJI TSUTSUMI



PROF. DR. LEO ZIMBACK

Data da Realização: 23 de julho de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho a Deus, pois sem Ele nada seria possível, e também a todas as pessoas que ajudaram e torceram para que eu pudesse chegar até aqui.

“De tudo ficaram três coisas:

A certeza de que estamos sempre começando...

A de que precisamos continuar...

A de que seremos interrompidos antes de terminar.....

Mas é possível, e aí está o ponto fundamental, fazer da interrupção um novo caminho, da queda um passo de dança, do medo uma escada e do sonho uma ponte”

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pois sem ele nada seria possível.

A toda minha família, de modo especial aos meus pais, Leonésio Zoz e Maria H. S. Zoz, aos quais sou eternamente agradecido pela vida, amor, educação, força, apoio incondicional e lição de vida. Muito obrigado

Ao meu irmão, Cássio Zoz, por todo apoio e amizade

A minha namorada Ana Claudia, pela compreensão, paciência, apoio e amor.

Ao meu orientador, Professor Dr. Maurício Dutra Zanotto, pelo apoio, dedicação, paciência, incentivo e amizade durante todo mestrado.

Aos meus colegas de república e também amigos, Diego, Laerte, João Vitor e Ismael pelo apoio, paciência e amizade que se formou pela convivência diária.

Aos meus grandes amigos, Carlos Jorge, Eder, Fábio, Deise e André por toda ajuda e apoio durante esse período.

Ao seu Milton pela amizade, apoio e ajuda durante a condução do presente trabalho.

Ao Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMA-MT por fornecer as sementes de cártamo e dar todo o apoio para que o presente trabalho pudesse ser concluído.

E por último a todos que direta ou indiretamente colaboraram para elaboração, condução e conclusão deste trabalho, muito obrigado.

Expressar em palavras toda a gratidão pela ajuda que recebi durante essa caminhada é impossível, porém, fica a lembrança a todos e de todos que contribuíram e as amizades feitas durante esse período.

Muito Obrigado

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
1. RESUMO	9
2. SUMMARY	11
3. INTRODUÇÃO	12
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1. Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	14
4.2. Mamona (<i>Ricinus communis</i> L.)	15
4.3. Correlações Genéticas	16
4.4. Análise de Trilha	18
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1. Localização experimental	20
5.2. Material experimental.....	20
5.2.1. Cártamo	20
5.2.2. Mamona	21
5.3. Instalação e condução.....	21
5.3.1. Cártamo	21
5.3.2. Mamona	22
5.4. Análise estatística e genética	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27

6.1. Cártamo	27
6.2. Mamona	38
7. CONCLUSÕES	48
7.1. Cártamo	48
7.2. Mamona	48
8. REFERÊNCIAS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Esquema da análise de variância entre os genótipos	24
Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de ramos por planta (NRP), número de capítulos por planta (NCP), diâmetro do capítulo (DCA), massa seca de planta (MSP), índice de colheita (IC), massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade de grãos (PROD) de 22 genótipos de cártamo	27
Tabela 3. Altura de planta (AP), diâmetro do caule (DM), número de ramos por planta (NRP), número de capítulos por planta (NCP), diâmetro do capítulo (DCA), massa seca de planta (MSP), índice de colheita (IC), massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade de grãos (PROD) de 22 genótipos de cártamo	28
Tabela 4. Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas (F), genotípicas (G) e ambiental (A), entre nove características avaliadas em 22 genótipos de cártamo	30
Tabela 5. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção e caracteres de planta sobre a produtividade de grãos de 22 genótipos de cártamo	33
Tabela 6. Resumo da análise de variância para dias para florescimento (DIAS), altura de planta (ALT), número de nós por planta (NNÓS), diâmetro do caule (DC) e número de racemos por planta (N°RAC) de cinco genótipos de mamona	38
Tabela 7. Resumo da análise de variância para número de frutos no racemo primário (NFRP), número de frutos do racemo secundário (NFRS), massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e produtividade de grãos (PROD) de cinco genótipos de mamona	38
Tabela 8. Dias para o florescimento, (DIAS), altura de planta (ALTP), número de nós por planta (NNÓS), diâmetro do caule (DC) e número de racemos por planta (NRAC) de cinco genótipos de mamona	39

Tabela 9. Número de frutos no racemo primário (NFRP), número de frutos do racemo secundário (NFRS), massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e produtividade de grãos (PROD) de cinco genótipos de mamona 40

Tabela 10. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (F), genotípica (G) e ambiental (A), entre 10 características avaliadas em cinco genótipos de mamona 41

Tabela 11. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção e caracteres de planta sobre a produtividade de grãos de cinco genótipos de mamona 42

1. RESUMO

O trabalho foi elaborado com objetivo de avaliar os componentes de produtividade e os caracteres de planta que estão relacionados com a produtividade de grãos nas culturas de cártamo e mamona, identificando características que possam ser utilizadas na seleção indireta de genótipos com maior produtividade de grãos. Para a cultura cártamo foi implantado o experimento com delineamento de blocos ao acaso com três repetições utilizando como tratamento 21 acessos de cártamo mais uma cultivar comercial proveniente do Paraguai. Para a cultura da mamona foi implantado o experimento com delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições utilizando como tratamento quatro híbridos e uma cultivar de mamona. Foram avaliadas a produtividade de grãos, os componentes de produtividade e caracteres de planta das duas culturas. Com os dados obtidos foram elaboradas matrizes de correlação genotípica e fenotípica. As correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos das variáveis independentes (componentes de produtividade e caracteres de planta) sobre a variável dependente (produtividade de grãos). Para a seleção de genótipos de cártamo com maior produtividade de grãos deve-se realizar a seleção simultânea e indireta de plantas com maior número de ramos e capítulos por planta, diâmetro de caule, massa seca de planta e índice de colheita. Para a seleção de genótipos de mamona com maior produtividade de grãos deve-se realizar a seleção indireta e simultânea de plantas precoces com maior altura, diâmetro de caule, número de racemos por planta, número de frutos do racemo primário e secundário e massa de 100 grãos do racemo primário e secundário.

Palavras-chave: seleção indireta, variabilidade, acessos, cultivares, híbridos.

2. SUMMARY

The present study was designed to evaluate the yield components and plant characters that are related to grain yield in crops of safflower and castor bean, identifying characteristics that can be used for indirect selection of genotypes with higher grain yield. For the safflower crop was implanted an experimental with randomized block design with three repetitions using 21 access of safflower as a treatment and one standard cultivar. For the castor bean crop was implanted an experimental with randomized block design with four repetitions using as treatment four hybrids and one castor bean cultivar. Were evaluated grain yield, productivity components and plant characters of the two crops. With the data obtained were elaborated correlation matrices genotypic and phenotypic. The correlations were deployed in direct and indirect effects of independent variables (productivity components and plant characters) on the dependent variable (yield). For the selection of safflower genotypes with higher grain yield should be do simultaneous and indirect selection of plants with more chapters and branches per plant, stem diameter, plant dry mass and harvest index. For the selection of castor beans genotypes with higher grain yield should be do simultaneous and indirect selection of early plants with greater height, stem diameter, number of racemes per plant, number of fruits of primary and secondary raceme, mass of 100 grains of primary and secondary raceme.

Key-words: indirect selection, variability, accessions, cultivars, hybrids.

3. INTRODUÇÃO

Atualmente, na produção de biodiesel, empresas e órgãos estaduais e federais vêm priorizando busca por matérias-primas alternativas, entretanto, sempre avaliando os atributos destas sob aspectos agronômicos e tecnológicos, como: teor de óleo, produtividade, sistema produtivo; ciclo da cultura, etc (JASPER et al., 2010).

O Brasil possui um expressivo potencial para produção de biodiesel, devido à grande quantidade de áreas agricultáveis e condições climáticas favoráveis. No que diz respeito à matéria prima, tem-se utilizado principalmente a soja. Porém, a soja é produzida no período de safra de verão e a produção de biodiesel vem a competir com a produção de alimentos. Existem espécies de plantas que possuem grande potencial para a produção de biodiesel como o cártamo e a mamona. Essas espécies são cultivadas na entre safra, não competindo por área com culturas utilizadas na alimentação humana, como a soja, além de possuírem maior adaptação a condições adversas de clima.

Apesar das vantagens, poucos são os trabalhos de melhoramento para essas culturas no país, e os programas de melhoramento existentes ainda são incipientes. Por serem recentes, há falta de informações, como quais características devem ser utilizadas para a seleção de genótipos com maior produtividade de grãos.

Através da identificação de características correlacionadas com a produtividade de determinada cultura, podem-se utilizar as mesmas em programas de melhoramento para a seleção de genótipos mais produtivos.

Diante deste cenário, o presente trabalho objetivou avaliar os componentes da produtividade de grãos e os caracteres de planta que estão relacionados com a produtividade de grãos nas culturas de cártamo e mamona, identificando por meio da análise de trilha características que possam ser utilizadas na seleção indireta de genótipos com maior produtividade de grãos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) pertence à família Asteraceae (SEHGAL; RAINA, 2005). É a única espécie cultivada do gênero *Carthamus* possuindo 24 cromossomos. Ashri e Knowles (1960) relatam como seu centro de origem a parte leste da região do Mediterrâneo.

Estudos realizados por Ravikumar et al. (2005) revelaram baixa variabilidade genética nas variedades cultivadas. No entanto, as espécies selvagens apresentam alto polimorfismo, sugerindo utilidade destas espécies em hibridação interespecífica para gerar maior variabilidade (KUMARI, 2009).

Em meados do século passado, seu cultivo foi ampliado para a Ásia, Europa, Austrália e nas Américas, devido ao seu reconhecimento como uma fonte de óleo de boa qualidade, valorizada para fins alimentares e industriais (SEHGAL; RAINA, 2005). Porém, o cártamo é uma das culturas oleaginosas que recebeu muito pouca atenção de geneticistas, biólogos moleculares e citogeneticistas (KUMAR, 1991), e somente nos últimos anos que a cultura vem ganhando importância em vários países do mundo (SABZALIAN et al., 2009).

4.2. Mamona (*Ricinus communis* L.)

A mamona (*Ricinus communis* L.) pertencente à família Euphorbiaceae, englobando um vasto número de tipos de plantas nativas da região tropical, possuindo hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e racemos (BARROS JÚNIOR et al., 2008).

A faixa ideal de precipitação para produção da mamona varia entre 750 e 1500mm, com um mínimo de 600 a 750mm durante todo o ciclo da cultura, ajustando-se o plantio de forma que a planta receba de 400 a 500mm até o início da floração (TÁVORA, 1982). Entretanto, mesmo tendo sua produtividade afetada, tem-se mostrado resistente às adversidades climáticas, quando se verificam perdas totais em outras culturas (AZEVEDO; LIMA, 2001).

Do ponto de vista industrial, os frutos da mamoneira são totalmente aproveitados na extração do óleo, gerando como subproduto a torta, que pode ser utilizada como fertilizante orgânico, além de possuir efeito nematicida no solo (SAVY FILHO, 2001). O óleo, extraído através de prensagem das sementes, contém 90% de ácido ricinoléico, o que lhe proporciona características singulares e versáteis, possibilitando uma ampla gama de utilização industrial com utilidade só comparável à do petróleo, com a vantagem de ser um produto renovável e barato, o que torna a cultura um importante potencial econômico e estratégico ao Brasil (FREIRE, 2001).

No Brasil a cultura está em evidência devido ao incentivo à produção de biodiesel (FANAN et al., 2009). O país encontra-se entre os três maiores produtores de mamona do mundo, alternando durante os anos com a China e a Índia, porém, nos últimos anos, a Índia tem liderado a produção de óleo de mamona, respondendo por mais de 50% da produção mundial (SANTOS et al., 2007).

4.3. Correlações Genéticas

Uma das formas de aumentar a eficiência da seleção de um caráter é a utilização da seleção indireta através do uso de caracteres correlacionados. A correlação é a medida da intensidade de associação entre duas variáveis, ou uma medida do grau de variação conjunta de duas variáveis, podendo ser positiva, quando ocorre aumento nas duas variáveis ou negativa, quando ocorre acréscimo de uma e decréscimo de outra (STEEL; TORRIE, 1980). De acordo com Hallauer e Miranda Filho (1981), a correlação medida através do coeficiente de correlação tem importância no melhoramento de plantas, porque mede o grau de associação genética ou não genética entre dois ou mais caracteres.

Cruz e Regazzi (1997) ressaltaram a importância das correlações, afirmando que elas quantificam a possibilidade de ganhos indiretos por seleção em caracteres correlacionados e que caracteres de baixa herdabilidade têm a seleção mais eficiente quando realizada sobre caracteres que lhe são correlacionados. Dessa forma, a seleção correlacionada com um caráter de alta herdabilidade e de fácil mensuração pode ser mais conveniente e conduzir a progressos mais rápidos no melhoramento (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Além dos casos de baixa herdabilidade a correlação também é estudada, principalmente, quando é difícil a seleção de uma característica desejável, em razão da herança complexa, manifestações em gerações avançadas ou de problemas de medição e identificação (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

A associação entre dois caracteres diretamente observados é a correlação fenotípica (CARVALHO et al., 2004). A correlação genotípica e a ambiental são os componentes da correlação fenotípica, mas apenas a genotípica é que encerra uma associação de características herdáveis e é utilizada na orientação dos programas de seleção (ROBINSON et al., 1951). Segundo Ramalho et al. (2008) a correlação genética procura explicar por meio de mecanismos genéticos, a variação conjunta de duas variáveis, sendo a pleiotropia e a ligação gênica os fenômenos genéticos que explicam a ocorrência da correlação genética.

A pleiotropia é definida como sendo o fenômeno pelo qual um gene controla dois ou mais caracteres (RAMALHO et al., 2008). Desta forma, se um gene estiver segregando

causará variação simultânea nos dois caracteres (BÁRBARO, 2006). O grau de correlação originado pelo pleiotropismo expressa o quanto duas características são influenciadas pelos mesmos genes (GALVANI, 2008).

Segundo Falconer (1987) é importante ressaltar que alguns genes podem atuar aumentando ou diminuindo ambas as características, causando correlações positivas e negativas, enquanto outros podem atuar em sentidos opostos. Portanto, o pleiotropismo não causa, necessariamente, uma correlação que se possa detectar.

O desequilíbrio de ligação gênica também é uma das causas de associação entre caracteres, porém é transitória, ocasionada principalmente em populações oriundas de cruzamentos divergentes (FALCONER; MACKAY, 1996). Essa correlação será maior quanto mais próximo estiverem os genes no cromossomo, aumentando a possibilidade de permanecerem juntos mesmo após a autofecundação, mantendo-se assim a correlação entre eles (FALCONER; MACKAY, 1996).

Cruz e Regazzi, (1994) destacam que o ambiente torna-se uma causa de correlação entre duas características quando estas são influenciadas pelas mesmas variações nas condições ambientais. Valores negativos desta correlação indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro, e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Geralmente as correlações genéticas e ambientais apresentam o mesmo sinal (positivo ou negativo), porém, nos casos em que isso não ocorre, há indicativo de que as causas de variação genética e ambiental influenciam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (FALCONER, 1981).

Cruz et al. (1988) ressaltam que o estudo de correlações possibilita a obtenção de diversas informações úteis para os programas de melhoramento, tais como: identificação das variações genética e ambiental contidas na variação fenotípica, quantificação de ganhos indiretos através de seleção em caracteres correlacionados, avaliação da complexidade dos caracteres envolvidos na seleção, e a possibilidade de seleção indireta através de caracteres correlacionados.

Falconer e Mackay (1996) ressaltam que se dois caracteres apresentam correlação genética positiva, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado. Em alguns casos, a seleção indireta, com base na resposta correlacionada, pode levar a progressos mais rápidos do que a seleção direta do caráter desejado, entretanto, se um caráter correlacionar-se negativamente com alguns e positivamente com outros, deve-se tomar o cuidado para, ao selecionar esse, não provocar mudanças indesejáveis em outros (FALCONER; MACKAY, 1996). O melhorista tem maior dificuldade quando as duas características são desejáveis, porém apresentam correlações negativas de alto valor, ou quando as duas características são positivamente correlacionadas com alto grau de associação e uma delas é indesejável (FALCONER, 1987).

Cruz e Regazzi (1997) ressaltam que algumas observações importantes devem ser feitas em relação ao coeficiente de correlação:

1. O coeficiente de correlação é adimensional, e seu valor absoluto não supera a unidade, ou seja, fica no intervalo entre -1 e 1;
2. Um coeficiente de correlação igual a zero não implica falta de relação entre duas variáveis, apenas reflete a ausência de relação linear entre essas variáveis;
3. Se X e Y são duas variáveis aleatórias independentes, então a covariância e a correlação entre elas serão nulas. Entretanto quando a covariância, e conseqüentemente, a correlação são nulas, não é possível concluir, em geral, que as variáveis são independentes, tal associação pode ser feita quando as variáveis apresentam distribuição normal bidimensional;
4. No contexto de análise de regressão simples, o coeficiente de correlação corresponde à raiz quadrada do coeficiente de determinação simples, ou ainda a média de média geométrica dos coeficientes angulares das regressões de X em função de Y e vice-versa. Se o coeficiente de regressão é negativo certamente a correlação é negativa;

4.4. Análise de Trilha

A produtividade de grãos é uma característica complexa, resultante da expressão e da associação de diferentes componentes, que são considerados pelo melhorista no processo

de seleção de novos genótipos (AMORIM et al., 2008). Apesar da utilidade da correlação genotípica no entendimento de um caráter complexo como a produção, ela não determina a importância dos efeitos diretos e indiretos das características que a compõem (FURTADO et al., 2002). Assim, não é possível inferir se a sua estimativa foi estabelecida por verdadeiras relações de causa e efeito (CARVALHO et al., 1999).

Dewey e Lu (1959) ressaltam que a interpretação da magnitude de uma correlação simples pode, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção quando uma correlação alta entre dois caracteres for consequência do efeito indireto de outros caracteres. Cruz e Carneiro (2003) também destacam que a quantificação e a interpretação da magnitude do coeficiente de correlação, entre dois caracteres, pode levar a equívocos de seleção, pois a elevada correlação pode ser resultante do efeito de um terceiro ou de um grupo de caracteres.

Neste contexto, a análise de trilha, proposta por Wright (1921), permite particionar o coeficiente de correlação em efeitos diretos e indiretos, denominados de coeficiente de trilha. Segundo Cruz e Carneiro (2003) esta análise pode ser definida como um coeficiente de regressão padronizado, sendo uma expansão da análise de regressão múltipla, quando estão envolvidos inter-relacionamentos complexos. Além do entendimento das relações de causa e efeito entre as variáveis, o desdobramento das correlações é dependente do conjunto de variáveis estudadas, normalmente estabelecido pelo conhecimento prévio do melhorista, de sua importância e de possíveis inter-relações definidas em diagramas de trilha (CRUZ et al., 2003).

A análise de trilha baseia-se na avaliação do efeito de uma variável independente (x) sobre uma variável dependente (y), após a remoção da influência de todas as outras variáveis independentes (xi) incluídas na análise (HARTWIG et al., 2007).

Dessa forma, para utilização no melhoramento de plantas, é importante identificar entre as características de alta correlação com a variável básica (dependente), as de maior efeito direto no sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente (CRUZ; REGAZZI, 1997).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo (SP) (latitude 22°58'S, e longitude 48°23'W, com altitude aproximada de 765m), em Latossolo Vermelho eutroférico (LVef).

5.2. Material experimental

5.2.1. Cártamo

Foram avaliados 21 acessos de cártamo provenientes do Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT) e uma cultivar comercial proveniente do Paraguai denominada CC. Estes acessos foram importados dos Estados Unidos, e estão identificados por um número denominado “Plant Identifier” (PI).

Os números de PI dos acessos são apresentados a seguir: PI401480, PI537696, PI544016, PI544030, PI560202, PI568787, PI568844, PI572450, PI572470, PI576985, PI613394, PI613401, PI613404, PI613409, PI613415, PI613419, PI613503, PI638543, PI653146, PI653148, PI653151.

5.2.2. Mamona

Foram avaliados quatro híbridos de mamona (CRZ 3, CRZ 7, CRZ 12 e CRZ 13) pertencentes ao programa de melhoramento genético da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu (FCA), e a cultivar FCA, também do programa de melhoramento da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu (FCA).

5.3. Instalação e condução

5.3.1. Cártamo

O experimento foi implantado no dia 02 de abril de 2011, em área de preparo convencional.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram compostos por 21 acessos de cártamo e uma cultivar comercial proveniente do Paraguai. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas com espaçamentos entre linhas de 0,50m e cinco metros de comprimento. As avaliações foram realizadas nas duas linhas centrais deixando-se 1,0m de bordadura nas extremidades.

A semeadura e adubação foram realizadas de forma manual. A profundidade de semeadura foi em torno de três centímetros, colocando-se cinco sementes por metro. Para adubação foram aplicados 56 kg ha⁻¹ de fósforo, 32 kg ha⁻¹ de potássio e 16 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado de forma manual.

Ao final do ciclo da cultura os seguintes parâmetros foram avaliados:

- Altura de planta (cm) – sendo a medida do solo até o ápice da planta;
- Diâmetro do caule (cm) – sendo a medida realizada com um paquímetro digital na base do caule;
- Número de ramos por planta – obtido através de contagem;
- Número de capítulos por planta – obtido através de contagem;
- Diâmetro do capítulo (cm) – sendo medido com um paquímetro digital;
- Massa seca da parte aérea (g/planta) – as plantas foram cortadas rente ao solo, colocadas para secar e então realizou-se a pesagem das mesmas;
- Massa de 1000 grãos (g) – obtida através da contagem de quatro amostras de 100 grãos e posterior pesagem;
- Produtividade (kg ha^{-1}) – obtida através da colheita de todas as plantas da área útil da parcela, corrigida para 13% de umidade e posteriormente extrapolada para kg ha^{-1} ;
- Índice de colheita (g g^{-1}) – obtida através da divisão da massa de grãos pela massa total da planta (parte aérea + grãos);

5.3.2. Mamona

O experimento foi implantado no dia 16 de março de 2011, em área de plantio direto. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro híbridos (CRZ 3, CRZ 7, CRZ 12 e CRZ 13) e uma cultivar (FCA) de mamona. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas com espaçamentos entre linhas de 0,50 metros e 3,5 metros de comprimento. As avaliações foram realizadas nas duas linhas centrais deixando-se 0,5m de bordadura nas extremidades.

A abertura dos sulcos e a adubação foi realizada mecanicamente, posteriormente a semeadura foi realizada manualmente a uma profundidade em torno de cinco centímetros, colocando-se cinco sementes por metro. Para adubação de semeadura foram aplicados 16 kg ha^{-1} de nitrogênio, 56 kg ha^{-1} de fósforo e 32 kg ha^{-1} de potássio. Aos 25 dias após a semeadura foi realizada adubação de cobertura manualmente a lanço em área total, sendo

aplicados 60 kg ha⁻¹ de potássio e 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado de forma manual.

Foi avaliado o número de dias para o início do florescimento, e também ao final do ciclo da cultura os seguintes parâmetros foram avaliados:

- Altura de planta (cm) – sendo a medida do solo até o ápice da planta;
- Número de nós – obtida através de contagem;
- Diâmetro do caule (cm) – sendo medida com um paquímetro digital na base do caule,
- Número de racemos por planta – obtido através de contagem;
- Número de frutos do racemo primário – obtido através de contagem;
- Número de frutos do racemo secundário – obtido através de contagem;
- Peso de 100 grãos do racemo primário (g) – obtido através da contagem de quatro amostras de 100 grãos e posterior pesagem;
- Peso de 100 grãos do racemo secundário (g) – obtido através da contagem de quatro amostras de 100 grãos e posterior pesagem;
- Produtividade (kg ha⁻¹) – obtida através da colheita de todas as plantas da área útil da parcela, corrigida para 13% de umidade e posteriormente extrapolada para kg ha⁻¹;

5.4. Análise estatística e genética

Os dados foram submetidos à análise de variância, e a significância dos quadrados médios obtidos na análise de variância foi testada pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e a comparação entre as médias dos genótipos foi feita pelo teste de agrupamento proposto por Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

No caso da mamona, os dados provenientes de contagem foram transformados em $\sqrt{X + 1}$.

A análise de variância para as características avaliadas entre os genótipos foi realizada adotando-se o seguinte esquema da análise de variância (Tabela 1):

Tabela 1. Esquema da análise de variância entre os genótipos

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Blocos	r - 1	-	-
Genótipos	g - 1	QMG	QMG/QME
Erro	(r - 1) (c - 1)	QME	-
Total	rg - 1	-	-

As correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais para características avaliadas foram estimados pelas análises de variância e covariância. A partir dos valores observados para as características X e Y em um mesmo genótipo, foi realizada a análise de variância para cada característica separadamente e para a soma delas (X + Y), (CRUZ; REGAZZI, 1997). Com base no produto médio dos genótipos (PMG), produto médio do erro (PME), quadrado médio dos genótipos (QMG), quadrado médio do erro (QME) e número de repetições (r), foram estimados os coeficientes de correlação, utilizando as seguintes fórmulas:

- **Coefficiente de correlação fenotípica (r_f):**

$$r_f = \frac{\hat{\sigma}_{\frac{F}{F}}(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\frac{2}{F}}(X) \cdot \hat{\sigma}_{\frac{2}{F}}(Y)}}$$

$\hat{\sigma}_{\frac{F}{F}}(X, Y)$ = Covariância fenotípica, obtida do PMG(X,Y)/r

$\hat{\sigma}_{\frac{2}{F}}(X)$ = Variância fenotípica de X, obtida do QMG(X)/r

$\hat{\sigma}_{\frac{2}{F}}(Y)$ = Variância fenotípica de Y, obtida do QMG(Y)/r

- **Coefficiente de correlação genotípica (r_g):**

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_{\frac{g}{g}}(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\frac{2}{g}}(X) \cdot \hat{\sigma}_{\frac{2}{g}}(Y)}}$$

$\hat{\sigma}_g(X, Y)$ = Covariância genotípica, obtida por: $[PMG(X, Y) - PME(X, Y)]/r$;

$\hat{\sigma}_g^2(X)$ = Variância genotípica de X, obtida por: $[QMG(X) - QME(X)]/r$;

$\hat{\sigma}_g^2(Y)$ = Variância genotípica de Y, obtida por: $[QMG(Y) - QME(Y)]/r$.

- **Coefficiente de correlação ambiental (r_e):**

$$r_e = \frac{\hat{\sigma}_e(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2(X) \cdot \hat{\sigma}_e^2(Y)}}$$

$\hat{\sigma}_e(X, Y)$ = Covariância de ambiente, dada pelo valor do $PME(X, Y)$;

$\hat{\sigma}_e^2(X)$ = Variância de ambiente de X, obtida do $QME(X)$;

$\hat{\sigma}_e^2(Y)$ = Variância de ambiente de Y, obtida do $QME(Y)$.

Os coeficientes de correlação fenotípica e correlação genotípica foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos das características avaliadas (variáveis independentes) sobre a produtividade de grãos (variável dependente) por meio da análise de trilha (WRIGHT, 1921).

As matrizes de correlação fenotípica e de correlação genotípica foram submetidas ao teste de multicolinearidade (MONTGOMERY; PECK, 1981). Segundo Montgomery e Peck (1981) o grau de multicolinearidade da matriz $X'X$ é calculado com base no seu número de condição (NC), que é dado pela divisão entre o maior e o menor autovalor da matriz. Segundo Carvalho et al. (2002), se NC for menor que 100, a multicolinearidade é considerada fraca e não causa problema sério na análise, se NC ficar entre 100 e 1000, a multicolinearidade é considerada de moderada a forte, e NC maior que 1000 a multicolinearidade é considerada severa.

No caso em que foi constatada multicolinearidade moderada a forte ou severa foi adicionada uma constante k aos valores dos elementos da diagonal da matriz, como proposto por Hoerl e Kennard (1970). O valor da constante k foi determinado quando todos os valores de inflação da variância ficaram abaixo de 10. A ocorrência de no mínimo um fator de inflação da variância com valor maior que 10 é suficiente para que os coeficientes de regressão associados a estes valores tenham suas estimativas afetadas pela multicolinearidade (NETER et al., 1974).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Cártamo

Houve diferença significativa entre os genótipos de cártamo para todas as características avaliadas, indicando a existência de variabilidade genética (Tabela 2). Os coeficientes de variação experimental apresentaram variação entre 5,43% para a massa de 1000 grãos e 22,65% para a massa seca de planta. Com exceção do índice de colheita as demais características apresentaram coeficiente de variação genético (CVg) maior que o coeficiente de variação experimental (CVe) indicando que houve predominância da variância genética (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de ramos por planta (NRP), número de capítulos por planta (NCP), diâmetro do capítulo (DCA), massa seca de planta (MSP), índice de colheita (IC), massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade de grãos (PROD) de genótipos de cártamo

F.V.	QUADRADO MÉDIO									
	G.L	AP	DC	NRP	NCP	DCA	MSP	IC	M1000	PROD
Bloco	2	27,8	0,03	1,78	14,41	0,004	916301	0,0002	14,73	57603
Genótipo	21	1408,4**	0,09**	3,64**	54,95**	0,146**	10139929**	0,0061**	272,00**	496467,99**
Resíduo	42	130,8	0,01	0,48	8,38	0,015	1461079	0,0011	7,91	44207,13
CVe (%)		12,13	16,90	10,39	22,33	5,65	22,65	17,00	5,43	20,79
CVg (%)		21,88	24,09	15,46	30,40	9,76	31,87	16,85	18,11	38,40
CVg/CVe		1,80	1,43	1,49	1,36	1,73	1,41	0,99	3,34	1,85

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

A relação CVg/CVe foi maior ou muito próxima de 1,00 indicando a existência de variabilidade genética proporcionando desta forma uma situação favorável para o melhorista realizar seleção (Tabela 2).

O genótipo PI572450 apresentou a maior altura de planta (Tabela 3). É importante obter genótipos de menor altura para evitar o acamamento de planta e facilitar a colheita mecanizada da cultura.

Tabela 3. Altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de ramos por planta (NRP), número de capítulos por planta (NCP), diâmetro do capítulo (DCA), massa seca de planta (MSP), índice de colheita (IC), massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade de grãos (PROD) de genótipos de cártamo

Genótipo	AP	DC	NRP	NCP	DCA	MSP	IC	M1000	PROD
	cm	cm	nº/planta	nº/planta	cm	kg/ha	g g ⁻¹	g	kg/ha
PI401480	101,6c	0,81a	5,6c	9,1c	2,10b	4000c	0,12c	49,4c	471,2c
PI537696	85,1d	0,65b	6,6c	11,6c	2,50a	6450b	0,26a	54,5b	1587,0a
PI544016	79,2d	0,67b	6,3c	13,1c	2,20b	5050c	0,18b	57,3b	916,7c
PI544030	81,0d	0,49c	7,7b	12,7c	2,00c	3866c	0,20b	42,5d	781,5c
PI560202	74,9d	0,70b	5,9c	9,5c	2,54a	4566c	0,14c	86,1a	618,9c
PI568787	96,3c	0,62b	6,8c	14,8c	2,14b	6900b	0,18b	59,8b	1207,2b
PI568844	90,9c	0,53c	6,0c	12,7c	1,93c	4883c	0,16b	45,8c	745,4c
PI572450	145,3a	0,99a	6,3c	15,6b	1,85c	5850b	0,10c	44,9d	578,6c
PI572470	88,5c	0,63b	6,3c	9,1c	2,14b	4116c	0,28a	53,8b	1148,2b
PI576985	131,1b	0,96a	5,8c	16,3b	1,86c	6723b	0,18b	48,7c	1194,2b
PI613394	100,0c	0,72a	9,2a	23,3a	1,88c	5750b	0,23a	50,0c	1287,8b
PI613401	125,4b	0,87a	8,4a	20,4a	2,09b	10366a	0,19b	47,2c	1974,2a
PI613404	65,6d	0,53c	6,7c	13,3c	2,24b	3133c	0,16b	56,2b	471,2c
PI613409	73,6d	0,44c	4,8c	7,0c	2,24b	2500c	0,26a	55,1b	661,8c
PI613415	82,6d	0,53c	6,3c	8,0c	2,00c	3883c	0,23a	37,8e	877,3c
PI613419	81,2d	0,86a	8,9a	21,1a	2,17b	8466a	0,20b	49,9c	1692,3a
PI613503	99,4c	0,59b	6,1c	10,0c	2,07b	4933c	0,16b	53,8b	790,8c
PI638543	68,3d	0,50c	5,7c	10,4c	2,23b	4666c	0,23a	58,0b	1061,6b
PI653146	96,6c	0,64b	7,3b	10,8c	2,50a	6266b	0,20b	46,7c	1177,7b
PI653148	71,8d	0,35c	6,3c	10,9c	1,88c	2900c	0,19b	53,7b	558,3c
PI653151	115,0b	0,91a	5,8c	11,0c	2,56a	6133b	0,18b	44,2d	1125,2b
CC	121,4b	0,76a	7,3b	14,4c	2,05b	6016b	0,22a	44,6d	1314,3b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de SCOTT e KNOTT (1974), a 5% de probabilidade.

Os genótipos PI401480, PI572450, PI576985, PI613394, PI613401, PI653151, PI653151 e a cultivar CC apresentaram diâmetro de caule semelhante e superior aos demais

genótipos (Tabela 3). Os genótipos PI613394, PI613401 e PI613419 apresentaram maior número de ramos por planta e conseqüentemente maior número de capítulos por planta (Tabela 3). O maior diâmetro de capítulo foi verificado para os genótipos PI537696, PI560202, PI653146 e PI653151 (Tabela 3).

Nos genótipos PI613401 e PI613419 foram verificadas as plantas com maior massa seca (Tabela 3). A massa seca de planta é interessante para proporcionar cobertura do solo em sistema de plantio direto. O genótipo PI613401 produziu 10366 kg ha⁻¹ de massa seca. É uma quantidade considerável se comparada com outras culturas que são utilizadas para cobertura do solo como, por exemplo, a *Brachiaria ruziziensis* (9219 kg ha⁻¹) (FIORENTIN et al., 2011), triticale (3600 kg ha⁻¹) (ESTEVEZ; ROSOLEN, 2011), milho (2500 kg ha⁻¹) (ESTEVEZ; ROSOLEN, 2011), sorgo (9560 kg ha⁻¹) (FERREIRA et al., 2011), crotalária (6000 kg ha⁻¹) (FERREIRA et al., 2011), nabo forrageiro (5586 kg ha⁻¹) (HEINZ et al., 2011), crambe (2688 kg ha⁻¹) (HEINZ et al., 2011) e aveia (7072 kg ha⁻¹) (STEINER et al., 2009).

O índice de colheita variou entre 0,10 g g⁻¹ para o genótipo PI572450 a 0,28 g g⁻¹ para o genótipo PI572470 (Tabela 3). O índice de colheita do cártamo é relativamente baixo se comparado a outras culturas produtoras de grãos, como por exemplo, a cultura do girassol que é da mesma família botânica que tem o índice de colheita entre 0,30 g g⁻¹ a 0,48 g g⁻¹ (SÁ BRAZ; ROSSETTO, 2009).

O genótipo PI560202 apresentou massa de 1000 grãos 71,5% superior à média dos demais genótipos e a cultivar CC (Tabela 3). A produtividade de grãos variou de 471,2 kg ha⁻¹ para os genótipos PI401480 e PI613404 até 1974,2 kg ha⁻¹ para o genótipo PI613401 (Tabela 3). Os genótipos PI537696, PI613401 e PI613419 obtiveram maior produtividade de grãos.

As correlações genotípicas apresentaram igual sinal e, na maior parte dos casos, valores maiores que suas correspondentes correlações fenotípicas (Tabela 4), indicando que a expressão fenotípica é reduzida devido às influências do ambiente. Desta forma, as correlações fenotípicas podem ser úteis na ausência das estimativas das correlações genotípicas.

As correlações ambientais entre os caracteres com diferenças em magnitude e sinal, em relação às respectivas correlações genotípicas, revelaram que o ambiente favoreceu um caráter em detrimento do outro (FALCONER, 1981), dificultando a seleção indireta

(Tabela 4). Diante disso podem-se citar as correlações entre altura de planta, diâmetro do caule, número de ramos por planta e número de capítulos por planta com o diâmetro do capítulo, também se pode citar as correlações entre número de ramos por planta, número de capítulos por planta, diâmetro do capítulo e massa seca de planta com o caráter índice de colheita e por último as correlações entre o número de ramos por planta com a massa de 1000 grãos (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas (F), genotípicas (G) e ambiental (A), entre nove características avaliadas em 22 genótipos de cártamo

Características		AP	DC	NRP	NCP	DCA	MSP	IC	M1000
DC	F	0,803**	-	-	-	-	-	-	-
	G	0,853**	-	-	-	-	-	-	-
	A	0,438**	-	-	-	-	-	-	-
NRP	F	0,137 ^{ns}	0,236 ^{ns}	-	-	-	-	-	-
	G	0,097 ^{ns}	0,183 ^{ns}	-	-	-	-	-	-
	A	0,462**	0,572**	-	-	-	-	-	-
NCP	F	0,404**	0,512**	0,823**	-	-	-	-	-
	G	0,392**	0,539**	0,862**	-	-	-	-	-
	A	0,507**	0,353**	0,591**	-	-	-	-	-
DCA	F	-0,315**	-0,004 ^{ns}	-0,182 ^{ns}	-0,372**	-	-	-	-
	G	-0,395**	-0,050 ^{ns}	-0,248*	-0,495**	-	-	-	-
	A	0,428**	0,336**	0,319**	0,485**	-	-	-	-
MSP	F	0,564**	0,681**	0,587**	0,704**	0,058 ^{ns}	-	-	-
	G	0,560**	0,732**	0,630**	0,739**	0,010 ^{ns}	-	-	-
	A	0,610**	0,376**	0,319**	0,498**	0,414**	-	-	-
IC	F	-0,356**	-0,392**	0,140 ^{ns}	-0,093 ^{ns}	0,159 ^{ns}	-0,055 ^{ns}	-	-
	G	-0,377**	-0,439**	0,184 ^{ns}	-0,128 ^{ns}	0,226 ^{ns}	0,062 ^{ns}	-	-
	A	-0,299*	-0,213 ^{ns}	-0,045 ^{ns}	0,043 ^{ns}	-0,164 ^{ns}	-0,549**	-	-
M1000	F	-0,421**	-0,159 ^{ns}	-0,235 ^{ns}	-0,186 ^{ns}	0,431**	0,155 ^{ns}	-0,131 ^{ns}	-
	G	-0,443**	-0,170 ^{ns}	-0,256*	-0,201 ^{ns}	0,461**	0,183 ^{ns}	-0,136 ^{ns}	-
	A	-0,114 ^{ns}	-0,061 ^{ns}	0,005 ^{ns}	-0,052 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,187 ^{ns}	-0,175 ^{ns}	-
PROD	F	0,290*	0,400**	0,619**	0,589**	0,145 ^{ns}	0,853**	0,463**	-0,195 ^{ns}
	G	0,278*	0,425**	0,657**	0,588**	0,123 ^{ns}	0,902**	0,487**	-0,207 ^{ns}
	A	0,407**	0,216 ^{ns}	0,321**	0,623**	0,350**	0,502**	0,405**	-0,016 ^{ns}

AP - Altura de planta, DC - diâmetro do caule, NRP - número de ramos por planta, NCP - número de capítulos por planta, DCA - diâmetro do capítulo, MSP - massa seca de planta, IC - índice de colheita (IC), M1000 - massa de 1000 grãos, PROD - produtividade de grãos. **, *. Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

Em alguns casos a correlação ambiental foi maior que suas respectivas correlações genotípicas e fenotípicas, indicando que a expressão dos caracteres nesses casos teve maior influência do ambiente do que do genótipo. É o caso das correlações de altura de planta e diâmetro do caule com o número de ramos por planta, da altura de planta com o número de capítulos por planta, da altura de planta, diâmetro do caule e número de ramos por planta com o diâmetro do capítulo, da altura de planta e diâmetro do capítulo com a massa seca de planta, da massa seca de planta com o índice de colheita, da massa seca de planta e índice de colheita com a massa de 1000 grãos e da altura de planta, número de capítulo e diâmetro do capítulo com a produtividade de grãos (Tabela 4).

A massa seca de planta apresentou alta correlação fenotípica positiva e significativa com a produtividade de grãos (0,853), podendo-se inferir que a seleção de plantas com maior massa seca resultaria em plantas mais produtivas (Tabela 4).

Foi verificada alta correlação fenotípica positiva e significativa entre a altura de planta e o diâmetro do caule (0,803), e entre número de ramos por planta e o número de capítulos por planta (0,823) (Tabela 4), indicando que a seleção de plantas mais altas resulta em plantas com maior diâmetro de caule e que a seleção de plantas com maior número de ramos resulta em plantas com maior número de capítulos.

As características de altura de planta, diâmetro de caule, número de ramos por planta, número de capítulos por planta, diâmetro do capítulo, massa seca de planta e índice de colheita apresentaram correlações fenotípicas e genotípicas positivas e na maioria das vezes significativas com a produtividade de grãos (Tabela 4). Lopes et al. (2002) ressalta que há uma tendência entre os melhoristas de plantas de se valorizar mais o sinal (positivo ou negativo) e a magnitude dos valores na interpretação aplicada das correlações do que a significância das mesmas, analisando desta forma estimativas de correlações abaixo de -0,5 e acima de 0,5. Desta forma, o número de ramos por planta e o número de capítulos por planta estão altamente correlacionados com a produtividade de grãos, ou seja, a seleção de plantas com maior número de ramos e maior número de capítulos pode resultar em plantas com maior produtividade. Também é importante ressaltar que existe correlação satisfatória entre o diâmetro do caule e o número de capítulos (Tabela 4), sendo que a seleção de plantas com maior diâmetro de caule

pode resultar em plantas com maior número de capítulos. Também houve alta correlação positiva da altura de planta, diâmetro do caule, número de ramos por planta e número de capítulos por planta com a produtividade de grãos de cártamo.

A ocorrência de correlações positivas evidencia possivelmente a ocorrência de pleiotropismo ou desequilíbrio de ligação gênica entre os pares de características e dessa forma facilita a seleção simultânea de dois ou mais caracteres, pela seleção de apenas um destes (FALCONER, 1987). Entretanto, a seleção de uma característica pode acarretar a seleção de outra, ou, outras características que são indesejáveis.

Hajghani et al. (2009) também verificaram correlação positiva do número de capítulos por planta e número de ramos secundários por planta com a produtividade de grãos em cinco cultivares de cártamo.

Houve correlação negativa tanto fenotípica quanto genotípica entre a massa de 1000 grãos e a produtividade de grãos (Tabela 5).

Arslan (2007) em um trabalho de correlação em 15 genótipos de cártamo também verificou correlação positiva significativa entre produtividade de grãos e altura de planta ($r = 0,389^{**}$), diâmetro do caule ($r = 0,355^{**}$) e diâmetro de capítulo ($r = 0,819^{**}$). O mesmo autor também verificou correlação negativa entre produtividade de grãos e a massa de 1000 grãos ($r = -0,220^{*}$). Tunçtürk et al. (2005) também verificaram correlação negativa entre a massa de 1000 grãos e a produtividade de grãos (-0,129) trabalhando com a cultivar de cártamo Yenice.

Os coeficientes de trilha genotípicos (Tabela 5) explicaram bem as variações na produtividade de grãos de cártamo, podendo isso ser confirmado pelo alto valor de determinação do modelo ($r^2 = 0,867$) e pelo pequeno efeito residual (0,365), o que reflete a excelente contribuição das características do modelo para a produtividade de grãos de cártamo. Melhor ainda foi o modelo fenotípico, que apresentou coeficiente de determinação alto ($r^2 = 1,059$), e teve efeito residual igual a zero, ou seja, esse modelo explicou 100% da variação na produtividade de grãos de cártamo (Tabela 5).

As características de altura de planta, diâmetro do caule, número de ramos por planta e índice de colheita apresentaram efeitos diretos genotípicos com mesmo sinal das

correlações e magnitudes elevadas se comparadas com o efeito residual. Tal fato evidencia que essas características são os principais determinantes da produtividade de grãos de cártamo, e conseqüentemente pode-se dizer que a seleção indireta simultânea baseada nessas características será eficaz na obtenção de plantas com maior produtividade de grãos. Cruz e Regazzi (1997) ressaltam que para fins de melhoramento é importante verificar entre as características que possuem alta correlação com a variável principal (produtividade de grãos neste caso), aqueles de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente.

Tabela 5. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção e caracteres de planta sobre a produtividade de grãos de genótipos de cártamo, (R_g – correlação genotípica e R_f – correlação fenotípica)

Caracteres		Estimativas	
Altura de planta		R_g	R_f
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,533	-0,558
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,400	-0,033
Efeito indireto via	Número de ramos	0,055	-0,042
Efeito indireto via	Número de capítulos	0,098	0,031
Efeito indireto via	Diâmetro do capítulo	-0,105	-0,036
Efeito indireto via	Massa seca de planta	-0,224	0,758
Efeito indireto via	Índice de colheita	-0,316	-0,090
Efeito indireto via	Massa de 1000 grãos	-0,163	0,288
	Total	0,278	0,290
Diâmetro do caule			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,469	-0,042
Efeito indireto via	Altura de planta	0,454	-0,448
Efeito indireto via	Número de ramos	0,103	-0,072
Efeito indireto via	Número de capítulos	0,135	0,039
Efeito indireto via	Diâmetro do capítulo	-0,013	-0,0001
Efeito indireto via	Massa seca de planta	-0,293	0,916
Efeito indireto via	Índice de colheita	-0,368	-0,099
Efeito indireto via	Massa de 1000 grãos	-0,062	0,109
	Total	0,425	0,400
Número de ramos por planta			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,562	-0,306
Efeito indireto via	Altura de planta	0,052	-0,076
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,086	-0,010

Efeito indireto via	Número de capítulos	0,216	0,062
Efeito indireto via	Diâmetro do capítulo	-0,066	-0,021
Efeito indireto via	Massa seca de planta	-0,252	0,789
Efeito indireto via	Índice de colheita	0,154	0,035
Efeito indireto via	Massa de 1000 grãos	-0,095	0,161
Total		0,657	0,619
Número de capítulos por planta			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,250	0,075
Efeito indireto via	Altura de planta	0,209	-0,255
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,253	-0,021
Efeito indireto via	Número de ramos	0,484	-0,252
Efeito indireto via	Diâmetro do capítulo	-0,131	-0,042
Efeito indireto via	Massa seca de planta	-0,296	0,946
Efeito indireto via	Índice de colheita	-0,107	-0,023
Efeito indireto via	Massa de 1000 grãos	-0,074	0,127
Total		0,588	0,589
Diâmetro do capítulo			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,265	0,113
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,210	0,176
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	-0,023	0,0002
Efeito indireto via	Número de ramos	-0,139	0,056
Efeito indireto via	Número de capítulo	-0,124	-0,028
Efeito indireto via	Massa seca de planta	-0,004	0,078
Efeito indireto via	Índice de colheita	0,189	0,040
Efeito indireto via	Massa de 1000 grãos	0,169	-0,294
Total		0,123	0,145
Massa seca de planta			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	-0,400	1,344
Efeito indireto via	Altura de planta	0,298	-0,315
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,343	-0,028
Efeito indireto via	Número de ramos	0,354	-0,179
Efeito indireto via	Número de capítulo	0,185	0,053
Efeito indireto via	Diâmetro do capítulo	0,003	0,007
Efeito indireto via	Índice de colheita	0,052	-0,014
Efeito indireto via	Massa de 1000 grãos	0,067	-0,105
Total		0,902	0,830
Índice de colheita			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,837	0,251
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,201	0,199

Efeito indireto via	Diâmetro do caule	-0,206	0,016
Efeito indireto via	Número de ramos	0,103	-0,043
Efeito indireto via	Número de capítulo	-0,032	-0,007
Efeito indireto via	Diâmetro do capítulo	0,060	0,018
Efeito indireto via	Massa seca de planta	-0,024	-0,074
Efeito indireto via	Massa de 1000 grãos	-0,050	0,090
Total		0,487	0,463
Massa de 1000 grãos			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,367	-0,684
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,236	0,235
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	-0,080	0,007
Efeito indireto via	Número de ramos	-0,143	0,072
Efeito indireto via	Número de capítulo	-0,050	-0,014
Efeito indireto via	Diâmetro do capítulo	0,122	0,049
Efeito indireto via	Massa seca de planta	-0,073	0,208
Efeito indireto via	Índice de colheita	-0,114	-0,033
Total		-0,207	-0,195
Coefficiente de Determinação (r^2)		0,867	1,059
Efeito da variável residual (EVR)		0,365	0,000
Valor de k usado na análise		-	0,050

O índice de colheita apresentou baixa correlação genotípica com a produtividade de grãos (0,487), porém apresentou efeito direto genotípico de alta magnitude (0,837), sendo a característica que apresentou maior associação com a produtividade de grãos, apresentando mesmo sinal da correlação genotípica e sua magnitude supera 2,3 vezes o efeito residual (Tabela 5). Portanto a mesma não deve ser descartada na seleção indireta. Sua utilização na seleção simultânea em que mais algumas características são levadas em consideração poderá proporcionar bons resultados.

O número de capítulos por planta apresentou alta correlação com a produtividade de grãos (0,588), entretanto, seu efeito direto genotípico é baixo (0,250), ou seja, abaixo da variável residual (0,365) (Tabela 5). Portanto pode-se constatar que a associação entre o número de capítulos por planta e a produtividade de grãos se deve ao efeito indireto genotípico do número de ramos por planta (0,484) (Tabela 5). Assim, a seleção baseada apenas no número de capítulos por planta não será eficaz, sendo interessante fazer seleção simultânea

para número de capítulos por planta e número de ramos por planta. Cruz e Regazzi (1997) relatam que características que possuem alta correlação favorável, mas com baixo efeito direto sobre a característica principal indicam que a seleção voltada apenas para a característica em questão pode não proporcionar ganhos satisfatórios na variável principal, portanto, é melhor adotar a seleção simultânea de caracteres, com ênfase também nos caracteres cujos efeitos indiretos são significativos.

Hajghani et al. (2009) também verificaram efeito direto positivo do número de capítulos por planta e do número de ramos secundários por planta sobre a produtividade de grãos em seis cultivares de cártamo. Arslan (2007) verificou efeito direto positivo do número de capítulos por planta sobre a produtividade de grãos em 15 genótipos de cártamo. Resultados semelhantes também foram obtidos por Behnam et al. (2011), que constataram efeito direto positivo do número de capítulos por planta sobre a produtividade de grãos em seis genótipos de cártamo.

A massa seca de planta apresentou correlação fenotípica alta com a produtividade de grãos (0,830), sendo a característica que apresentou maior efeito direto fenotípico (1,344) sobre a produtividade de grãos, sendo 3,7 vezes superior ao efeito residual (Tabela 5). O número de capítulos apresentou alta correlação fenotípica com a produtividade de grãos (0,589) porém, seu efeito direto foi baixo (0,075). A alta correlação fenotípica entre o número de capítulos e a produtividade de grãos se deve ao efeito indireto fenotípico da massa seca de planta (0,946) (Tabela 5).

Houve baixa correlação fenotípica de altura de plantas (0,290) e do diâmetro do caule (0,400) com a produtividade de grãos de cártamo, entretanto os mesmos apresentaram efeito indireto de alta magnitude via massa seca de planta sobre a produtividade de grãos (0,758 e 0,916, respectivamente) (Tabela 5).

Para o número de ramos houve alta correlação fenotípica com a produtividade de grãos (0,619), porém, o mesmo apresentou baixo efeito direto em sentido contrário (-0,306) sobre a produtividade de grãos (Tabela 5). A alta correlação fenotípica constatada entre número de ramos e a produtividade de grãos se deve ao efeito indireto fenotípico de alta magnitude via massa seca de planta (0,789), 2,1 vezes superior ao efeito residual (Tabela 5).

O índice de colheita apresentou baixa correlação fenotípica (0,463) e efeitos diretos e indiretos fenotípicos de baixa magnitude, evidenciando pouca influência sobre a produtividade de grãos (Tabela 5).

A massa de 1000 grãos apresentou baixa correlação fenotípica negativa com a produtividade de grãos (-0,195) e efeito direto negativo de alta magnitude (-0,684) (Tabela 5).

O diâmetro de capítulo apresentou efeito direto e indireto genotípico e fenotípico baixo, portanto tem pouca influência sobre a característica de produtividade de grãos (Tabela 5). Arslan (2007), ao contrário do presente trabalho, verificou efeito direto positivo do diâmetro de capítulo e número de grãos por capítulo sobre a produtividade de grãos em 15 genótipos de cártamo.

De acordo com os resultados da análise de trilha para a obtenção de genótipos de cártamo com maior produtividade de grãos deve-se realizar a seleção simultânea e indireta de plantas com maior número de ramos e capítulos por planta, diâmetro de caule, massa seca de planta e índice de colheita.

6.2. Mamona

Houve diferença entre os genótipos de mamona para todas as características avaliadas, indicando a existência de variabilidade genética para as características avaliadas (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para dias para florescimento (DIAS), altura de planta (ALT), número de nós por planta (NNÓS), diâmetro do caule (DC) e número de racemos por planta (NºRAC) de cinco genótipos de mamona

F.V.	QUADRADO MÉDIO					
	G.L	DIAS	ALT	NNÓS	DC	NºRAC
Bloco	5	69,584	26,059	0,006	1,338	0,018
Cultivar	5	55,618**	200,287**	0,024**	5,498**	0,098**
Resíduo	25	7,918	35,951	0,003	1,280	0,020
CVe (%)	-	6,00	7,43	1,78	5,75	7,83
CVg (%)	-	6,59	7,26	2,02	5,44	6,85
CVg/CVe	-	1,10	0,98	1,13	0,95	0,87

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Os coeficientes de variação apresentaram variação entre 1,78% para o número de nós (Tabela 6) e 24,05% para o número de frutos no racemo secundário (Tabela 7). Em algumas características o coeficiente de variação genético (CVg) foi maior que o coeficiente de variação experimental (CVe) indicando predominância da variância genética (Tabela 6 e 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para número de frutos no racemo primário (NFRP), número de frutos do racemo secundário (NFRS), massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e produtividade de grãos (PROD) de cinco genótipos de mamona

F.V.	QUADRADO MÉDIO					
	G.L	NFRP	NFRS	M100RP	M100RS	PROD
Bloco	5	0,097	0,496	9,783	0,763	807220,697
Cultivar	5	2,165**	1,385*	28,072*	12,030*	1457500,836**
Resíduo	25	0,076	0,358	6,243	4,103	158221,886
CVe(%)	-	5,53	24,05	6,82	5,98	23,04
CVg (%)	-	12,92	18,11	5,59	3,99	29,53
CVg/CVe	-	2,34	0,75	0,82	0,67	1,28

** e *Significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Nos casos em que a relação CVg/CVe foi maior ou muito próxima de 1,00 este resultado indicam a existência de variabilidade genética, e desta forma proporciona uma situação favorável para o melhorista realizar seleção (Tabelas 6 e 7).

Os híbridos CRZ 12, CRZ 13 e a cultivar FCA floresceram em torno de seis dias antes que os híbridos CRZ 3 e CRZ 7 (Tabela 8).

Os híbridos CRZ 3, CRZ 12 e CRZ 13 apresentaram altura semelhante e em torno 9,77 cm superior aos demais genótipos (Tabela 8).

Verificou-se número de nós semelhante entre os híbridos CRZ 7 e CRZ 13, sendo em torno de 9,0% superior aos demais genótipos (Tabela 8). É importante ressaltar que existe uma relação entre o número de nós e o ciclo do genótipo, quanto maior o número de nós, maior o ciclo do genótipo.

O híbrido CRZ 13 apresentou maior espessura de caule, sendo o diâmetro em torno de 2 mm maior que a média dos demais genótipos (Tabela 8). Não houve diferença de diâmetro de caule entre os demais genótipos.

O número de racemos dos híbridos CRZ 12 e CRZ 13 foi aproximadamente 42% superior em relação aos demais genótipos. Não houve diferença entre os demais genótipos quanto ao número de racemos (Tabela 8).

Tabela 8. Dias para o florescimento, (DIAS), altura de planta (ALTP), número de nós por planta (NNÓS), diâmetro do caule (DC) e número de racemos por planta (NRAC) de cinco genótipos de mamona

Cultivar	DIAS	ALT	NNÓS	DC	NRAC
	nº	cm	nº/planta	mm	nº/planta
CRZ 3	50,60a	81,64a	9,07b	17,11b	2,26b
CRZ 7	50,33a	76,33b	9,79a	16,97b	1,87b
CRZ 12	43,80b	89,24a	8,87b	18,12b	2,59a
CRZ 13	47,00b	81,69a	9,71a	19,60a	3,00a
FCA	43,80b	72,50b	8,91b	18,04b	1,77b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de SCOTT e KNOTT (1974), a 5% de probabilidade.

Os híbridos CRZ 7, CRZ 12 e CRZ 13, apresentaram número de frutos do racemo primário semelhante e superior aos demais genótipos (Tabela 9). A cultivar FCA por sua vez apresentou número de frutos no racemo primário superior ao híbrido CRZ 3.

Foi verificado maior número de frutos no racemo secundário nos híbridos CRZ 3, CRZ 12 e CRZ 13, sendo em torno de 168% superior aos demais genótipos (Tabela 9).

O híbrido CRZ 7 apresentou massa de 100 grãos do racemo primário inferior aos demais genótipos (Tabela 9). Não houve diferença entre os demais genótipos para a massa de 100 grãos do racemo primário.

Para a massa de 100 grãos do racemo secundário a análise de variância apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, porém, o teste de agrupamento agrupou todos os genótipos em um único grupo (Tabela 9).

Os híbridos CRZ 12 e CRZ 13 apresentaram produtividade de grãos semelhante e em torno de 69% superior aos demais genótipos (Tabela 9).

Tabela 9. Número de frutos no racemo primário (NFRP), número de frutos do racemo secundário (NFRS), massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e produtividade de grãos (PROD) de cinco genótipos de mamona

Cultivar	NFRP	NFRS	M100RP	M100RS	PROD
	nº/racemo	nº/racemo	g	g	kg/ha
CRZ 3	15,32c	7,40a	36,83a	31,64a	1111,37b
CRZ 7	28,09a	2,99b	33,62b	34,98a	1460,40b
CRZ 12	31,11a	7,38a	38,18a	33,00a	2179,09a
CRZ 13	27,09a	8,30a	39,81a	35,51a	2399,04a
FCA	20,50b	2,74b	38,61a	33,90a	1482,24b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de SCOTT e KNOTT (1974), a 5% de probabilidade.

As correlações genóticas apresentaram igual sinal e, na maior parte dos casos, valores maiores que suas correspondentes correlações fenotípicas (Tabela 10). Esses resultados indicam que a expressão fenotípica é diminuída devido às influências provenientes do ambiente. Desta forma, as correlações fenotípicas podem ser úteis na ausência das estimativas das correlações genóticas.

Tabela 10. Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas (F), genotípicas (G) e ambiental (A), entre 10 características avaliadas em cinco genótipos de mamona

Características		DIAS	ALT	NNÓS	DC	NRAC	NFRP	NFRS	M100RP	M100RS
ALT	F	-0,143 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	-	-
	G	-0,188 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	-	-
	A	0,094 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	-	-
NNÓS	F	0,581**	-0,218 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	-
	G	0,654**	-0,281 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	-
	A	0,126 ^{ns}	0,122 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	-
DC	F	-0,508**	0,221 ^{ns}	0,152 ^{ns}	-	-	-	-	-	-
	G	-0,583**	-0,101 ^{ns}	0,190 ^{ns}	-	-	-	-	-	-
	A	-0,192 ^{ns}	0,693**	-0,017 ^{ns}	-	-	-	-	-	-
NRAC	F	-0,125 ^{ns}	0,735**	0,175 ^{ns}	0,746**	-	-	-	-	-
	G	-0,086 ^{ns}	0,828**	0,237 ^{ns}	0,830**	-	-	-	-	-
	A	-0,317 ^{ns}	0,344 ^{ns}	-0,132 ^{ns}	0,449*	-	-	-	-	-
NFRP	F	-0,352 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,331 ^{ns}	0,350 ^{ns}	0,343 ^{ns}	-	-	-	-
	G	-0,395 ^{ns}	0,416*	0,381 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,371 ^{ns}	-	-	-	-
	A	0,105 ^{ns}	0,121 ^{ns}	-0,245 ^{ns}	0,248 ^{ns}	0,209 ^{ns}	-	-	-	-
NFRS	F	0,011 ^{ns}	0,826**	-0,051 ^{ns}	0,496*	0,919**	0,060 ^{ns}	-	-	-
	G	0,072 ^{ns}	0,966**	-0,093 ^{ns}	0,562**	0,961**	0,077 ^{ns}	-	-	-
	A	-0,241 ^{ns}	0,338 ^{ns}	0,128 ^{ns}	0,293 ^{ns}	0,788**	-0,056 ^{ns}	-	-	-
M100RP	F	-0,664**	0,252 ^{ns}	-0,363 ^{ns}	0,842**	0,603**	-0,029 ^{ns}	0,525**	-	-
	G	-0,871**	0,144 ^{ns}	-0,477*	0,940**	0,635**	-0,063 ^{ns}	0,546**	-	-
	A	0,263 ^{ns}	0,684**	0,168 ^{ns}	0,510**	0,484*	0,282 ^{ns}	0,459*	-	-
M100RS	F	-0,078 ^{ns}	-0,335 ^{ns}	0,751**	0,512**	0,143 ^{ns}	0,602**	-0,245 ^{ns}	0,026 ^{ns}	-
	G	0,011 ^{ns}	-0,472*	0,957**	0,669**	0,147 ^{ns}	0,713**	-0,343 ^{ns}	0,044 ^{ns}	-
	A	-0,392 ^{ns}	0,046 ^{ns}	0,128 ^{ns}	0,128 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,306 ^{ns}	-0,018 ^{ns}	-0,021 ^{ns}	-
PROD	F	-0,523**	0,521**	0,195 ^{ns}	0,855**	0,791**	0,751**	0,521**	0,593**	0,530**
	G	-0,569**	0,561**	0,175 ^{ns}	0,958**	0,919**	0,805**	0,602**	0,629**	0,582**
	A	-0,206 ^{ns}	0,296 ^{ns}	0,342 ^{ns}	0,396*	0,113 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,188 ^{ns}	0,444*	0,433*

ALT - altura de planta, NNÓS - número de nós por planta, DC - diâmetro do caule, NRAC - número de racemos por planta, NFRP - número de frutos no racemo primário, NFRS - número de frutos do racemo secundário, M100RP - massa de 100 grãos do racemo primário, M100RS - massa de 100 grãos do racemo secundário e PROD - produtividade de grãos de genótipos de mamona**, *: Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

As variáveis de altura de planta, diâmetro de caule, número de racemo, número de frutos no racemo primário e secundário e massa de 100 grãos do racemo primário e secundário apresentaram correlações fenotípicas e genotípicas positivas e significativas com a produtividade de grãos (Tabela 10).

Resultado semelhante foi verificado por Pinto et al. (2011), que verificaram alta correlação positiva significativa da altura de planta com a produtividade de grãos da cultivar

de mamona BRS Energia. Do ponto de vista de colheita mecanizada, este resultado se apresenta como um aspecto negativo para o cultivo de mamona, pois a colheita realizada com máquinas é dificultada quando as plantas são muito altas.

Em trabalho com correlações genéticas realizado por Salih e Khidir (1975) verificou-se que o número de ramos primários e a massa de 100 grãos tiveram alta correlação positiva com a produtividade de grãos por planta. Pinto et al. (2011) também observaram correlação positiva do número de racemos com a produtividade de grãos da cultivar BRS Energia. Milani et al. (2010), também verificaram correlação fenotípica alta positiva da altura de planta e diâmetro do caule com a produtividade de grãos em 10 linhagens e duas cultivares de mamona. Lima e Santos (1998) avaliando 15 genótipos de mamona de porte médio verificaram que a produtividade de plantas de mamona apresentou correlação tanto fenotípica quanto genotípica positiva com altura de planta e número de frutos por planta.

Os coeficientes de trilha explicaram bem as variações na produtividade de grãos de mamona, sendo isso confirmado pelo alto valor de determinação tanto do modelo genotípico ($r^2 = 1,020$) quanto do modelo fenotípico ($r^2 = 0,969$) e pelo pequeno efeito residual em ambos (0,000 e 0,177 respectivamente), o que reflete a excelente contribuição das características do modelo para a produtividade de grãos (Tabela 11).

Tabela 11. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção e caracteres de planta sobre a produtividade de grãos de cinco genótipos de mamona, (R_g – correlação genotípica e R_f – correlação fenotípica)

Caracteres		Estimativas	
	Dias para o florescimento	R_g	R_f
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	-0,253	-0,190
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,014	-0,022
Efeito indireto via	Nº de nós	-0,064	0,035
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	-0,079	-0,107
Efeito indireto via	Nº de racemos	-0,027	-0,023
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	-0,073	-0,111
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	0,014	0,001
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 1º	0,051	-0,072
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	0,004	-0,015
Total		-0,569	-0,523
	Altura de plantas		
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,077	0,155

Efeito indireto via	Dias para o florescimento	0,048	0,027
Efeito indireto via	Nº de nós	0,028	-0,013
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,014	0,047
Efeito indireto via	Nº de racemos	0,262	0,136
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	0,077	0,120
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	0,188	0,072
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 1º	-0,009	0,027
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	-0,162	-0,066
Total		0,561	0,521
Número de nós por planta			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	-0,098	0,061
Efeito indireto via	Dias para o florescimento	-0,166	-0,110
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,022	-0,034
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,026	0,032
Efeito indireto via	Nº de racemos	0,075	0,032
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	0,071	0,105
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	-0,018	-0,004
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 1º	0,028	-0,039
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	0,328	0,147
Total		0,176	0,195
Diâmetro do caule			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,136	0,211
Efeito indireto via	Dias para o florescimento	0,148	0,096
Efeito indireto via	Altura de planta	0,008	0,034
Efeito indireto via	Nº de nós	-0,019	0,009
Efeito indireto via	Nº de racemos	0,263	0,138
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	0,070	0,111
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	0,109	0,043
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 1º	-0,055	0,091
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	0,230	0,100
Total		0,958	0,855
Número de racemos			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,317	0,185
Efeito indireto via	Dias para o florescimento	0,022	0,024
Efeito indireto via	Altura de planta	0,063	0,114
Efeito indireto via	Nº de nós	-0,023	0,011
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,113	0,158
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	0,069	0,108
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	0,187	0,080
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 1º	-0,037	0,065
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	0,050	0,028
Total		0,919	0,791
Número de frutos do racemo primário			

Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,185	0,316
Efeito indireto via	Dias para o florescimento	0,100	0,067
Efeito indireto via	Altura de planta	0,032	0,059
Efeito indireto via	Nº de nós	-0,037	0,020
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,052	0,074
Efeito indireto via	Nº de racemos	0,118	0,064
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	0,015	0,005
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 1º	0,004	-0,003
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	0,245	0,118
Total		0,805	0,751
Número de frutos do racemo secundário			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,195	0,087
Efeito indireto via	Dias para o florescimento	-0,018	-0,002
Efeito indireto via	Altura de planta	0,074	0,128
Efeito indireto via	Nº de nós	0,009	-0,003
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,077	0,105
Efeito indireto via	Nº de racemos	0,304	0,170
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	0,014	0,019
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 1º	-0,032	0,057
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	-0,118	-0,048
Total		0,602	0,521
Massa de 100 grãos do racemo primário			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	-0,059	0,108
Efeito indireto via	Dias para o florescimento	0,220	0,126
Efeito indireto via	Altura de planta	0,011	0,039
Efeito indireto via	Nº de nós	0,047	-0,022
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,128	0,178
Efeito indireto via	Nº de racemos	0,201	0,112
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	-0,012	-0,009
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	0,106	0,046
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos do racemo 2º	0,015	0,005
Total		0,629	0,593
Massa de 100 grãos do racemo secundário			
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,343	0,196
Efeito indireto via	Dias para o florescimento	-0,003	0,015
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,036	-0,052
Efeito indireto via	Nº de nós	-0,094	0,046
Efeito indireto via	Diâmetro do caule	0,091	0,108
Efeito indireto via	Nº de racemos	0,047	0,027
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 1º	0,132	0,190
Efeito indireto via	Nº de frutos do racemo 2º	-0,067	-0,021
Efeito indireto via	Peso de 100 grãos do racemo 1º	-0,003	0,003
Total		0,582	0,530

Coefficiente de determinação (r^2)	1,020	0,969
Efeito da variável residual (EVR)	0,000	0,177
Valor de k usado na análise	0,500	0,100

O número de dias para o florescimento apresentou alto efeito direto negativo sobre a produtividade de grãos tanto no modelo genotípico quanto fenotípico (Tabela 11), sugerindo a seleção indireta de genótipos mais precoces para se obter maiores produtividades de grãos de mamona.

Houve efeito direto positivo de alta magnitude tanto do modelo genotípico quanto do modelo fenotípico do diâmetro do caule, número de racemos por planta, número de frutos do racemo primário e da massa de 100 grãos do racemo secundário sobre a produtividade de grãos de mamona (Tabela 11). Também foi verificado efeito direto positivo no modelo genotípico do número de frutos do racemo secundário sobre a produtividade de grãos de mamona (Tabela 11). Cruz e Regazzi (1997) ressaltam que para fins de melhoramento é importante verificar entre as características que possuem alta correlação com a variável principal (produtividade de grãos de mamona neste caso), aqueles de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente. Portanto a seleção indireta com base nos caracteres citados será eficaz para obtenção de plantas de mamona com maior produtividade de grãos.

Bhatt e Reddy (1981) também identificaram por meio de análise de trilha que o número de frutos do racemo primário teve maior efeito positivo sobre a produtividade de grãos, sugerindo sua utilização para na seleção indireta de plantas mais produtivas.

Em trabalho realizado por Thatikunta et al. (2001) com 64 híbridos de mamona, a análise de trilha revelou que a altura de inserção do racemo teve efeito direto sobre a produtividade de grãos. Por outro lado, Sarwar e Chaudhry (2008) realizaram um trabalho com análise de trilha em 19 mutantes de mamona, e concluíram que a seleção de plantas de mamona deve ser realizada principalmente com base no número de racemos por planta e no peso de sementes por planta e com menos importância em tamanho de racemo e massa de 100 sementes. Salih e Khidir (1975) também trabalhando com análise de trilha em mamona

verificaram que o número de racemos por planta, número de ramos por planta, altura de planta e produtividade do primeiro racemo tiveram efeito direto sobre a produtividade de grãos.

Sampaio Filho (2009) avaliando quatro cultivares de mamona, em dois anos consecutivos na região do recôncavo baiano concluiu que a seleção de plantas de mamona com alta produtividade de grãos deve ser realizada com base no peso de sementes por racemo e na estatura de planta. O mesmo autor ainda relata que as características agronômicas avaliadas têm influencia diferenciada sobre a produtividade de grãos, dependendo do ano. Dhedhi et al. (2010) avaliando 29 genótipos de mamona sugeriu através da análise de trilha que deve se utilizar seleção simultânea, com base no comprimento do racemo primário e comprimento de folha para se obter maiores ganhos na produtividade de grãos.

Tanto no modelo genotípico quanto no modelo fenotípico houve alto efeito indireto positivo do número de frutos do racemo secundário via número de racemos por planta e da massa de 100 grãos do racemo secundário via número de frutos do racemo primário sobre a produtividade de grãos.

No modelo genotípico também foi verificado alto efeito indireto positivo do número de nós por planta via massa de 100 grãos do racemo secundário (0,328) sobre a produtividade de grãos. Ainda no modelo genotípico verificou-se alto efeito indireto positivo do diâmetro do caule via dias para florescimento (0,148), número de racemos por planta (0,263) e massa de 100 grãos do racemo secundário (0,230) sobre a produtividade de grãos de mamona.

No modelo genotípico houve ainda efeito indireto positivo do número de racemos por planta via número de frutos do racemo secundário (0,187) e do numero de frutos do racemo primário via massa de 100 grãos do racemo secundário (0,245) sobre a produtividade de grãos de mamona.

A altura de planta teve alta correlação genotípica (0,561) e fenotípica (0,521) com a produtividade de grãos da mamona, porém seu efeito direto foi baixo tanto no modelo genotípico (0,077) quanto no modelo fenotípico (0,155) (Tabela 11). A alta correlação no modelo genotípico da altura de planta com a produtividade de grãos se deve ao efeito indireto positivo da altura de planta via número de racemos por planta (0,262) e número de frutos do

racemo secundário (0,188) sobre a produtividade de grãos (Tabela 11). No modelo fenotípico não foi verificado alto efeito indireto da altura de planta sobre a produtividade de grãos.

A massa de 100 grãos do racemo primário também apresentou alta correlação com a produtividade de grãos, porém com baixo efeito direto tanto no modelo genotípico (0,629) quanto no modelo fenotípico (0,593) (Tabela 11). Esta alta correlação é atribuída no modelo genotípico ao efeito indireto positivo da massa de 100 grãos do racemo primário via dias para florescimento (0,220) e número de racemos por planta (0,201), e no modelo fenotípico ao efeito indireto via diâmetro do caule (0,178) sobre a produtividade de grãos.

Cruz e Regazzi (1997) relatam que características que possuem alta correlação favorável, mas com baixo efeito direto sobre a característica principal indicam que a seleção voltada apenas para a característica em questão pode não proporcionar ganhos satisfatórios na variável principal, portanto, é melhor adotar a seleção simultânea de caracteres, com ênfase também nos caracteres cujos efeitos indiretos são significativos. Neste caso é interessante fazer seleção simultânea de plantas de mamona com base nas características de altura de planta, número de racemos por planta e número de frutos do racemo secundário.

Todas as demais características no modelo genotípico e fenotípico apresentaram efeitos diretos e indiretos de baixa magnitude se comparadas ao efeito da variável residual (Tabela 11).

Diante dos resultados evidenciados na análise de trilha para a obtenção de genótipos de mamona com maior produtividade de grãos deve-se realizar a seleção indireta e simultânea de plantas precoces com maior altura, diâmetro de caule, número de racemos por planta, número de frutos do racemo primário e secundário e massa de 100 grãos do racemo primário e secundário.

7. CONCLUSÕES

7.1. Cártamo

Para a seleção de genótipos de cártamo com maior produtividade de grãos deve-se realizar a seleção simultânea e indireta de plantas com maior número de ramos e capítulos por planta, diâmetro de caule, massa seca de planta e índice de colheita.

7.2. Mamona

Para a seleção de genótipos de mamona com maior produtividade de grãos deve-se realizar a seleção indireta e simultânea de plantas precoces com maior altura, diâmetro de caule, número de racemos por planta, número de frutos do racemo primário e secundário e massa de 100 grãos do racemo primário e secundário.

8. REFERÊNCIAS

AMORIM, E. P. et al. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 307-316, 2008.

ARSLAN, B. The path analysis of yield and its components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 7, n. 4, p. 668-672, 2007.

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

AZEVÊDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. 350 p.

BÁRBARO, I. M. **Análises genéticas em populações de soja com precocidade e resistência ao cancro da haste**. 2006. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

BARROS JUNIOR, G. et al. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 350-355, 2008.

BEHNAM, T. et al. Path analysis of seed and oil yield in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, Dhaka, v. 3, n. 4, p. 114-122, 2011.

BHATT, D.; REDDY, T. P. Correlations and path analysis in Castor (*Ricinus communis*). **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Birmingham, v. 23, n. 3, p. 525-531, 1981.

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2004. 142 p.

CARVALHO, C. G. P. et al. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 603-613, 1999.

CARVALHO, C. G. P. et al. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. UFV - Imprensa Universitária, 1994, 390 p.

CRUZ, C. D.; MIRANDA, J. E. C.; COSTA, C. P. Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônômicos sobre a produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, p. 921-928, 1988.

DEWEY, D. R.; LU, K. H. A correlation and path coefficient analysis of component of crested wheat grass seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 9, p. 515-518, 1959.

DHEDHI K.K. et al. Correlation and path co-efficient analysis in castor (*Ricinus communis* L.) over environments. **Agricultural Science Digest**, Karnal, v. 30, n. 4, p. 286-289, 2010.

ESTEVES, J. A. F.; ROSOLEM, C. A. Triticale, milho e adubação fosfatada para formação de palhada em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 981-990, 2011.

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

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Edinburgh: Longman, 1996. 464 p.

FANAN, S. et al. Descrição de características agronômicas e avaliação de épocas de colheita na produtividade da mamoneira cultivar IAC 2028. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 415-422, 2009.

FERREIRA, E. P. B. et al. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 695-701, 2011.

FERREIRA, F. M. et al. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.

FIORENTIN, C. F. et al. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 13, p. 295-335.

FURTADO, M. R. et al. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 217-220, 2002.

GALVANI, R. **Variabilidade para florescimento prematuro em cenoura ‘Brasília’ no cultivo de outono-inverno**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

HAIJGHANI, M.; SAFFARI, M.; MAGHSOUDI MOUD, A. A. Path coefficient analysis for the yield components of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) in Iran under different nitrogen levels. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Dubai, v. 6, n. 6, p. 737-740, 2009.

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

HARTWIG, I. et al. Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 203-218, 2007.

HEINZ, R. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1549-1555, 2011.

HOERL, A. E.; KENNARD, R. W. Ridge regression: applications to nonorthogonal problems. **Technometrics**, Washington, DC, v. 12, n. 1, p. 69-82, 1970.

JASPER, S. P. et al. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* H.) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.

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

KUMARI, L. **Evaluation of early generations of interspecific crosses of carthamus species for productive recombinants**. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-College of Agriculture, Dharwad University of Agricultural Sciences, Dharwad, 2009.

LIMA, E. F.; SANTOS, J. W. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre características agronômicas da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 147-150, 1998.

LOPES, A. C. A. et al. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.

MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. M.; ANDRADE, F. P. Correlação entre características de interesse econômico em mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley, 1981. 504 p.

NETER, J. **Applied linear statistical models**. Homewood: Richard D. Irwin, 1974. 842 p.

PINTO, C. M. et al. Mamona consorciada com girassol em plantios defasados: análise de trilha da produtividade e seus componentes. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 4, p. 219-229, 2011.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. Lavras: Ed. Universidade Federal de Lavras, 2008. 464 p.

RAVIKUMAR, R. L. et al. DNA profiling and fingerprinting of selected mutants for marker analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In: INTERNATIONAL SAFFLOWER CONFERENCE, 6., 2005, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: Esendal, 2005.

ROBINSON, H. F.; COMSTOCK, R. E.; HARVEY, P. H. Genotypic correlations in corn and their implications in selection. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, n. 6, p. 282-284, 1951.

SÁ BRAZ, M. R.; ROSSETTO, C. A. V. Crescimento de plantas de girassol em função do vigor de aquênios e da densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 1989-1996, 2009.

SABZALIAN, M. R. et al. Genetic variation among populations of wild safflower, *Carthamus oxyacanthus* analyzed by agro-morphological traits and ISSR markers. **Genetic Resource Crop Evolution**, Witzzenhausen, v. 56, n. 8, p. 1057-1064, 2009.

SALIH, S. H.; KHIDIR, M. O. Correlations, path analyses and selection indices for castorbean (*Ricinus communis* L.). **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 11, n. 2, p. 145-154, 1975.

SAMPAIO FILHO, O. M. **Análise descritiva, agrupamento e análise de trilha de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo em Cruz das Almas - BA**. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

SANTOS, R. F. et al. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 22-41.

SARWAR, G.; CHAUDHRY, M. B. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 6, n. 4, p. 629-634, 2008.

SAVY FILHO, A. Mamoneira: técnicas de cultivo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 1, 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, DC, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

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

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

STEINER, F. et al. Produção de biomassa e relação c/n da aveia preta submetida a fontes e doses de nitrogênio. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 2, n. 3, p. 29-37, 2009.

TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamona**. Fortaleza: Epape, 1982. 111 p.

THATIKUNTA, R.; VENKATESWARLU, O.; PRASAD, M. M. K. D. Path coefficient analysis in castor (*Ricinus communis* L.). **Agricultural Science Digest**, Karnal, v. 21, n. 1, p. 59-60, 2001.

TUNÇTÜRK, M.; ARSLAN, B.; ÇİFTÇİ, V. Relationships among traits using correlation and path coefficient analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In: INTERNATIONAL SAFFLOWER CONFERENCE, 6., 2005, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: Esendal, 2005.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, DC, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.