



Revista
Técnico-Científica



CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE CAMINHAMENTO EM MAMONA E GIRASSOL

¹Ciro de Miranda Pinto, ²Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto, ³Maria Elanny Damasceno Silva

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia/Fitotecnia, Pós-Doutor em Zootecnia na área de forragicultura e Pastagens pela Universidade Federal do Ceará, Professor Adjunto III na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB); ²Engenheira Agrônoma, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutora em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará, Bolsista do Programa Nacional de Pós-doutorado (PNPD) da Capes no Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS) na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB); ³Mestrado acadêmico (em andamento) em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira (UNILAB), Especialista na área de Gestão Financeira, Controladoria e Auditoria pelo Centro Universitário Católica de Quixadá (UniCatólica), Tecnóloga em Agronegócio pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

RESUMO: Objetivou-se estudar as características agrônômicas que influenciam a produtividade de grãos da mamona e no girassol consorciados em diferentes arranjos de fileira. Para isso, utilizou-se a análise de trilha que particiona os valores de correlação em diretos e indiretos. O estudo foi conduzido nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, na Fazenda Experimental Lavoura Seca, Quixadá, Ceará. O delineamento utilizado no experimento foi blocos com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos analisados foram representados por fileiras de mamona (Ma) e de girassol (Gi) nesta ordem foram arranjados nas proporções: 1:1, 1:2, 1:3, 2:2, 2:3 e do monocultivo cada espécie. Observaram-se correlações significativas da produtividade de grãos da mamona e girassol, em todas as características agrônômicas estudadas. Efeitos diretos positivos sobre a produtividade de grãos da mamona foram constatados, no número de internódios, altura de planta, altura de inserção do racemo primário, comprimento de racemo. Efeitos diretos positivos foram verificados na altura de planta, altura de capítulo sobre a produtividade de grãos do girassol.

Palavras chave: *Helianthus annuus*, *Ricinus communis*, Características agrônômicas.

CORRELATION AND PATH ANALYSIS IN CASTOR BEAN AND SUNFLOWER

ABSTRACT: Objective was to study the agronomic characteristics that influence the grain yield of castor bean and sunflower in different row arrangements of intercropping. For this, we used path analysis that partitions the correlation values in direct and indirect. The study was conducted in the agricultural years of 2008, 2009 and 2010, at Fazenda Experimental Lavoura Seca, Quixadá, Ceará. The design used in the experiment was blocks with seven treatments and four replications. The analyzed treatments were represented by rows of castor bean (Ma) and sunflower (Gi) in this order were arranged in the proportions: 1: 1, 1: 2, 1: 3, 2: 2, 2: 3 and monoculture each species. Significant correlations of grain yield of castor bean and

sunflower were observed in all the agronomic characteristics studied. Positive direct effects on grain yield of castor bean were observed in the number of internodes, plant height, primary racemus insertion height, racemic length. Positive direct effects were verified at plant height, chapter height on grain yield of sunflower.

Palavras chave: *Helianthus annuus, Ricinus communis, Agronomic traits.*

INTRODUÇÃO

A associação da produtividade de grãos em espécies oleaginosas como a mamona e girassol com seus respectivos caracteres agronômicos, apresenta importância capital em estudos de melhoramento vegetal, como também no manejo cultural. Coimbra et al. (2005) argumentaram que os coeficientes de correlação, expressam somente uma medida de associação, portanto não permitindo conclusões sobre causa e efeito, não possibilitando inferências com relação ao tipo de associação que o par de caracteres Y/X. Wright (1921) desenvolveu o método de análise de trilha, para sanar o problema relativo à interpretação dos coeficientes de correlação, os quais não indicam a magnitude dos efeitos diretos e indiretos. O autor relatou que a análise de trilha, desdobra as correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável considerada principal.

A análise de trilha, trajetória ou caminamento foi utilizada em pesquisas com plantas cultivadas, como mamona (GOODARZI et al., 2015; TEWARI; MISHRA, 2013; TORRES et al., 2015) e em girassol (RAZZAQ et al., 2014; SINCIK; GOKSOY, 2014; VENKANN et al., 2014). Essa análise em casos que se considera um único modelo casual, é definida como uma análise de regressão parcial padronizado, sendo possível o desdobramento dos coeficientes de correlação em efeitos direto e indireto. A análise de trilha constitui-se como uma expansão da regressão múltipla, quando estão envolvidos inter-relacionamentos complexos e ou diagramas casuais, em estudos de melhoramento relacionando a produção de grãos ou frutos, os componentes primários da produção e caracteres secundários (CRUZ et al., 2004).

Os objetivos deste estudo foram avaliar a produtividade e seus caracteres agronômicos nas culturas da mamona e girassol, empregando a correlação de Pearson e análise de trilha. A produtividade de grãos foi utilizada como característica principal na análise de trilha nas oleaginosas mamona e girassol para identificar os efeitos diretos e indiretos.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Fazenda Lavoura Seca da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada município de Quixadá-CE, em 2008, 2009 e 2010. Conforme Brasil (1973), as coordenadas geográficas são: 4°59'S latitude, 39°01'W longitude Greenwich e altitude de 190 m acima do nível do mar. O clima conforme Köppen é semiárido do tipo BsH, quente e seco. A precipitação pluvial média é 873,3 mm, temperatura média anual de 26,7°C e umidade relativa do ar de 70%.

A adubação foi conforme as recomendações da análise de fertilidade do solo tendo como base a cultura da mamona. Os fertilizantes empregados foram uréia, super-fosfato simples, cloreto de potássio na formulação química 60:80:60 (kg ha⁻¹) para 2008, 2009 e 2010. Na adubação de fundação usou-se 1/3 da dose recomendada para o nitrogênio, sendo realizada de forma integral para os nutrientes potássio e fósforo. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias, usou-se 2/3 da dose recomendada para nitrogênio com adição de 2 kg boro. ha⁻¹.

A precipitação pluvial ocorrida durante o experimento foi: 594,30; 1.034,80 e 287,80 mm, respectivamente nos anos de 2008, 2009 e 2010.

Na pesquisa utilizaram-se as cultivares de mamona BRS ENERGIA e de girassol EMBRAPA 122. Os tratamentos avaliados foram: T₁- uma fileira de mamona + uma fileira de girassol (1Ma:1Gi); T₂- 1Ma:2Gi; T₃- 1Ma:3Gi; T₄- 2Ma:2Gi; T₅-duas 2Ma:3Gi; T₆- Ma monocultivo e T₇- Gi monocultivo. As parcelas consorciadas em configuração de fileira serão descritas a seguir: no tratamento T₁- arranjo de 1:1 a mamoneira espaçada de 1m do girassol; no tratamento T₂- arranjo de 1:2 a mamona espaçada de 0,7m do girassol e as entrelinhas desse de 0,6m; no tratamento T₃- arranjo de 1:3 a mamona espaçada de 0,6m do girassol e as entrelinhas desse de 0,4m; no tratamento T₄- arranjo de 2:2 a mamona espaçada de 1m na fileira dupla e entre fileira dupla 2m, e entre as fileiras duplas foram intercaladas duas fileiras de girassol espaçadas 0,6 entre girassol e 0,7m para mamona e no tratamento T₅- arranjo de 2:3 a mamona espaçada de 1m na fileira dupla e entre fileira dupla 2m, entre as fileiras duplas foram intercaladas duas fileiras de girassol espaçadas 0,4m entre girassol e 0,6m para mamona.

O espaçamento da mamona nas configurações de fileiras 1Ma:1Gi; 1Ma:2Gi e 1Ma:3Gi foi espaçamento de 2m x 0,5m. Nas fileiras duplas 2Ma:2Gi e 2Ma:3Gi foi

de 2m x 1m x 1m. Ao passo que o espaçamento para girassol nas configurações 1Ma:1Gi foi 2m x 0,24m; 1Ma:2Gi espaçado de 0,6 x 0,4 x 2m; 2 Ma:2iG espaçado de 0,6 x 0,4 x 2m; 1Ma:3Gi espaçado de 0,4 x 0,6 x 2m e 2 Ma:3Gi espaçado de 0,4 x 0,6 x 2m. O monocultivo teve suas parcelas constituídas por seis fileiras de 8m no espaçamento: mamona –1m x1m, enquanto o girassol teve seis fileiras de 8m girassol no espaçamento de – 0,8m x 0,3m.

Os sistemas de consórcio em arranjo de fileira e monocultivos tiveram comprimento de linha de plantio de 8m. A coleta do material para o estudo da produção vegetal foi representada pelas duas fileiras centrais de cada parcela, de cada cultura, eliminando 1m de cada extremidade das fileiras. O solo foi preparado dois dias antes do plantio, através duas arações. A mamona e girassol foram plantadas em covas com 3 a 5 cm de profundidade, com 5 sementes cova⁻¹.

O manejo das plantas daninhas ocorrentes na área experimental foi realizado por meio de três capinas manuais com enxadas.

Para a mamona foram avaliadas: a) produtividade de grãos e racemos (kg.ha⁻¹); b) produtividade de racemos (kg.ha⁻¹); c) altura da planta em quatro plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso; d) altura de inserção do racemo primário em quatro plantas da área útil em cada parcela escolhida ao acaso; e) número médio de racemos foi determinado mediante a divisão do número total de racemos colhidos em cada parcela pela quantidade plantas úteis; f) número médio de internódios até a inserção do racemo primário pela contagem em quatro plantas da área útil em cada parcela; g) comprimento médio de internódios (cm) foi determinado mediante a divisão do número de internódios até a inserção do racemo primário pela altura de inserção do racemo primário e h) o comprimento efetivo de racemos (cm) foi determinado através da média de quatro racemos de cada parcela útil.

Para o girassol foram avaliados: a) produtividade de grãos (kg.ha⁻¹); b) altura da planta medida em 4 plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta; c) altura de capítulo em quatro plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta e d) diâmetro do capítulo medido com auxílio de uma trena graduada em centímetros em quatro plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso.

O delineamento experimental empregado foi blocos casualizados com sete tratamentos (arranjos de plantio) e quatro repetições para os anos de 2008, 2009 e 2010. Os dados foram organizados em esquema fatorial 3x7 (três anos 2008, 2009 e 2010, sete arranjos de plantio 1Ma:1Gi, 1Ma:2Gi, 1Ma:3Gi, 2Ma:2Gi, 2Ma:3Gi, Ma e Gi) com quatro repetições para rodar de correlação e análise de trilha. Os dados foram submetidos à análise dos coeficientes de correlação de Pearson e a análise de trilha, para tanto se empregou o Software computacional GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações de Pearson estimadas para os caracteres agrônômicos da mamona apresentam valores entre -0,3667 e 0,9891 (Tabela 1). As combinações entre pares, $Y_1 \times Y_2$ ($r = 0,5258$), $Y_1 \times Y_3$ ($r = 0,9891$), $Y_1 \times Y_4$ ($r = 0,5763$), $Y_1 \times Y_6$ ($r = 0,7311$), $Y_1 \times Y_8$ ($r = 0,2919$), foram positivos e significativos pelo teste t ($p < 0,01$), indicando uma base de relacionamento estreita entre as variáveis agrônômicas estudadas (Tabela 1), sugerindo ainda aumentos nos pares correlacionados.

Correlações de Pearson negativas para produtividade da mamona foram verificadas nos pares a seguir: $Y_1 \times Y_5$, $Y_1 \times Y_7$, $Y_1 \times Y_9$, indicando que aumentos na segunda variável resultam em diminuições na primeira (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz de correlação entre nove variáveis agrônômicas em seis tratamentos da mamona sob sistema de consorciação em arranjo espacial com girassol em regime de sequeiro, Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010.
Table 1. Matrix of correlation between nine agronomic variables in six treatments of castor bean under a intercropping system in a spatial arrangement with sunflower in dryland, Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010.

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉
Y ₁	1	0,5258**	0,9891**	0,5763**	-0,6380**	0,7311**	-0,4996**	0,2919**	-0,4657**
Y ₂		1	0,5186**	0,6267**	-0,6816**	0,7415**	-0,5683**	0,5039**	-0,5011**
Y ₃			1	-0,5826**	-0,6438**	0,7223**	-0,5069**	0,2903**	-0,4686**
Y ₄				1	-0,7244**	0,7830**	-0,5954**	0,4106**	-0,5309**
Y ₅					1	-0,9029**	0,6632**	0,4533**	0,5804**
Y ₆						1	-0,7522**	0,5179**	-0,6727**
Y ₇							1	-0,4036**	0,5731**
Y ₈								1	-0,3667**
Y ₉									1

Y₁: produtividade de grãos (kg.ha⁻¹), Y₂: produtividade de racemo (kg.ha⁻¹), Y₃: relação Y₁/Y₂, Y₄: número de racemos por planta, Y₅: número de internódios até a inserção do racemo primário, Y₆: altura da planta (cm), Y₇: altura de inserção do racemo primário (cm), Y₈: comprimento de internódio até a inserção do racemo primário (cm), Y₉: comprimento de racemo (cm). ** significativo ao nível de 5% pelo teste t.

Na tabela 1, constata-se que em outros pares de dados apresentaram correlações baixas ($r < 0,50$), $Y_1 \times Y_7$, $Y_1 \times Y_8$, $Y_1 \times Y_9$, $Y_3 \times Y_8$, $Y_3 \times Y_9$, $Y_4 \times Y_8$, $Y_5 \times Y_8$, $Y_7 \times Y_8$ e $Y_8 \times Y_9$. Montardo et al. (2003), sugerem que a baixa correlação entre variáveis seria a ocorrência de pouca variabilidade em uma das mesmas, uma vez que a

análise de trilha procura identificar uma eventual associação na variação das características em estudo.

Respostas significativas em análises de correlação de Pearson para características agronômicas em plantas de mamona foram constatadas para produtividade de grãos x número efetivos de racemos, produtividade de grãos x peso de 100 sementes (TEWARI; MISHRA, 2013), altura de inserção do racemo primário x produtividade de grãos (FURTADO et al., 2014), produtividade de grãos por planta x número de racemos por planta (VIJAY et al., 2015), altura de planta x teor de óleo, altura de planta x massa de frutos (TORRES et al., 2015), comprimento de racemo x produtividade, comprimento de racemo x número frutos por racemo e comprimento de racemo x altura de planta (SILVA et al., 2017).

Os efeitos, diretos e indiretos, entre a produtividade de grãos e os caracteres agronômicos estudados na cultura da mamona, foram estimados pela análise de trilha (Tabela 2). O coeficiente de determinação da análise de trilha foi 98,11%, comprovando que a produtividade de grãos da mamona, pode ser examinada com base no efeito das variáveis estudadas (Tabela 2). Torres et al. (2015), verificaram em pesquisa com genótipos de mamona, avaliados pela análise de trilha, coeficiente de determinação de 0,8998, assegurando 89,98% da variação dos dados são explicados pela variável dependente (teor de óleo) no modelo de regressão em cumeieira, é explicada pelas variáveis utilizadas no diagrama causal.

O valor do efeito residual da análise de trilha foi igual a 0,1371, na cultura da mamona (Tabela 2). Os pesquisadores Tewari e Mishra (2014) verificaram em estudo conduzido com mamona em uma área não tradicional Central de Uttar Pradesh, avaliado com uso análise de trilha, estimaram um efeito residual de 0,0666, demonstrando que variáveis escolhidas para explicar a produtividade da cultura foram adequadas. Em pesquisa conduzida com trevo vermelho por Montardo et al. (2003), os autores sugeriram que parte da variação ocorrida no rendimento de sementes pode não ser atribuída a nenhuma das variáveis consideradas no estudo, sendo, portanto, contabilizada como efeito residual.

Na tabela 2, constata-se, que mesmo ocorrendo uma correlação positiva entre produtividade de racemos e produtividade de grãos da mamoneira, o efeito direto da primeira variável em relação à segunda foi negativo. Resposta desta natureza indica

que, separando os efeitos indiretos das outras variáveis relacionadas, quanto maior a produtividade de racemos menor será a produtividade de grãos da mamona. A correlação positiva entre $Y_1 \times Y_2$ decorreu particularmente, em função do efeito indireto da relação produtividade de grãos e racemos e pelo número de internódios até a inserção do racemo primário da mamoneira (Tabela 2). Tal resposta aconteceu supostamente em consequência da partição de carbono para composição da produtividade grãos e produtividade de racemos, incrementar em termos relativos numa proporção maior para a segunda variável em comparação a primeira variável. Silva et al. (2017) constataram efeito direto positivo do peso de fruto por racemo (0,67), coincide com análise correlação de Pearson, sugerindo um alto valor de correlação entre peso de fruto por racemo x produtividade de grãos (0,85).

Tabela 2. Estimativas de efeitos diretos (na diagonal, sublinhado) e indiretos (fora da diagonal) de oito variáveis agrônomicas sobre a produtividade de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) em seis tratamentos no sistema de consorciação da mamona com girassol em arranjo espacial no regime de sequeiro, Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010.
 Table 2. Estimates of direct (diagonal, underlined) and indirect (off-diagonal) effects of eight agronomic variables on grain yield ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) in six treatments in the castor bean intercropping system with sunflower in spatial arrangement in dryland, Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010.

Variáveis	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Total
Y_2	<u>0,1470</u>	0,4971	-0,1633	-0,0532	0,1343	-0,0198	-0,0033	-0,0081	0,5158**
Y_3	-0,0076	<u>0,9586</u>	-0,0151	-0,0503	0,1308	-0,0177	-0,0019	-0,0076	0,9891**
Y_4	-0,0092	0,5584	<u>-0,0260</u>	-0,0566	0,1418	-0,0208	-0,0027	-0,0086	0,5763**
Y_5	0,0100	-0,6171	0,0188	<u>0,0781</u>	-0,1636	0,0231	0,0030	0,0094	-0,638**
Y_6	-0,0109	0,6924	-0,0204	-0,0705	<u>0,1812</u>	-0,0263	-0,0034	-0,0109	0,7311**
Y_7	0,0083	-0,4859	0,0155	0,0518	-0,1363	<u>0,0349</u>	0,0026	0,0093	-0,4996**
Y_8	-0,0074	0,2782	-0,0106	-0,0354	0,0938	-0,014	<u>-0,0066</u>	-0,0059	0,2929**
Y_9	0,0073	-0,4492	0,0138	0,0453	-0,1218	0,0200	0,0024	<u>0,0163</u>	-0,4657**
R^2	0,9811								
Efeito Residual	0,1371								

Y_2 : produtividade de racemo ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), Y_3 : relação Y_1/Y_2 , Y_4 : número de racemo por planta, Y_5 : número de internódios até a inserção do racemoprimário, Y_6 : altura da planta (cm), Y_7 : Altura de inserção do racemo primário (cm), Y_8 : comprimento de internódio até a inserção do racemo primário (cm), Y_9 : comprimento de racemo (cm). ** significativo ao nível de 5% pelo teste t.

Na Tabela 2, identifica-se a análise de trilha e constata-se que a variável relação entre produtividade grãos e racemos apresentou alta correlação com a produtividade de grãos (0,9891), foi estatisticamente significativa ($p \leq 0,01$), e efeito direto alto (0,9586). Isso denota que tal valor de correlação foi originado pelo fator de causa direta, participando com 96,91% desse número, podendo o restante ser atribuído aos efeitos indiretos. Silva et al. (2016) recomendaram que resultados com esta natureza, realiza-se a seleção truncada, facilitando a obtenção de plantas mais produtivas.

A correlação da produtividade de grãos x número de racemos por planta foi 0,5763, indicando uma forte associação entre tais variáveis (Tabela 2). O efeito direto do número de racemos por planta foi negativo (-0,0260), sugerindo que a correlação foi oriunda dos efeitos de causa indireta, sendo a relação entre produtividade de grãos e racemos como também número de internódios até inserção do racemo primário (Tabela 2). Este resultado indica que o aumento na quantidade de racemos não contribui para formação de uma grande produção de grãos. Entretanto, tal resultado sugere que as plantas que apresentarem melhor partição na matéria seca empregada para composição das variáveis como a produção de grãos e racemos, sendo preferido que ocorra uma relação de aumento relativo maior para a primeira variável em relação à segunda. Resultados diferenciados aos constatados na cultura da mamona, foram verificados por Salih e Khidir (1975), e Tewari e Mishra (2013), onde os autores constataram efeito positivo do número de racemos em relação à produtividade.

O número de internódios correlacionou negativamente com a produtividade de grãos da mamoneira (-0,6380), o efeito direto, foi positivo e de baixa magnitude (0,0781) (Tabela 2). Os efeitos indiretos da análise de trilha a relação entre produtividade de grãos e racemos (-0,6171) e a altura de planta (-0,1636) foram os principais componentes da formação da correlação, sendo, que a primeira variável teve participação de 96,72 % do efeito direto do número de internódios sobre a produtividade de grãos (Tabela 2). Respostas desta magnitude sugerem, que plantas com maior relação entre a produtividade de grãos e racemos e de baixa estatura, provavelmente apresentaram incrementos na produtividade de grãos. Silva et al. (2017) verificaram valor negativo para efeito direto número de internódios (-0,22) e efeito indireto para comprimento de racemo (-0,51), floração da planta (-0,12) e rendimento de sementes por fruto (-0,12). Os autores sugerem que as linhagens com menor número de internódios são mais produtivas. Patel e Nakarani (2016), estudando 43 genótipos de mamona, verificaram efeito direto negativo do número de internódios e o comprimento racemo primário em relação a produtividade de grãos.

A altura da planta de mamona apresentou efeito direto positivo e de baixa magnitude (0,1812), efeito indireto positivo via relação entre a produtividade de grãos e racemos (0,6924) e correlação alta (0,7311). Isso denota que a correlação,

foi oriunda essencialmente por efeitos de causa indireta, sendo que razão entre produtividade de grãos e racemos apresentou colaboração de 94,70 % do valor total (Tabela 2). Com relação ao efeito direto da altura de planta sobre a produtividade de grãos em mamona, tendo valor negativo foram citados por Sarwar e Chardhry (2008), enquanto valores positivos em tal característica, foram reportados por Silva et al. (2017).

Os efeitos indiretos (Tabela 2) da produtividade de racemos (-0,0109), número de racemos (-0,0204), número de internódios (-0,0705), altura de inserção do racemo primário (-0,0263), comprimento de internódios (-0,0034) e comprimento de racemos (0,0109) sobre a produtividade de grãos da mamona, evidenciado uma partição de assimilados, maior para a produtividade de grãos em relação à altura da planta. Sarwar e Chardhry (2008) afirmam que plantas de mamona anãs, podem proporcionar incrementos na produtividade de grãos.

A altura de inserção do racemo primário, quando correlacionada com a produtividade de grãos, apresentou valor negativo (-0,4996), o efeito direto foi positivo (0,0349) (Tabela 2). Os resultados da análise de trilha revelaram que a altura de inserção do racemo primário teve efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos da mamona. Respostas deste tipo indicam que plantas com baixa altura de inserção do racemo primário, teoricamente apresentaram melhor partição de carbono para formação do primeiro cacho, como também para os demais cachos, tendo incrementos na produtividade de grãos.

Para comprimento de internódio, estimou-se correlação positiva e de baixa magnitude (0,2919), quando associado com a produtividade de grãos e efeito direto negativo (-0,0066) (Tabela 2). Esses resultados, possivelmente indicam que plantas com menor comprimento de internódio, apresentaram menor altura de inserção do racemo primário, refletindo assim em incrementos na produtividade de grãos. Ilahi et al. (2009) reportaram efeito direto negativo para altura de planta e efeito positivo para comprimento de internódio, tomando como variável base o peso de aquênios por capítulo na cultura do girassol. Esse tipo de resposta reforça a interpretação que comprimento de internódios menores, resultará em plantas de mamona com estatura reduzida, com isso existe a possibilidade de ter ocorrido maior de partição de

fotoassimilados para formação da produção de sementes de mamona em relação ao crescimento e desenvolvimento da planta no caractere agrônomo altura.

No comprimento de racemos x produtividade de grãos, constatou-se correlação negativa (-0,4657), tendo efeito direto positivo (0,0163) (Tabela 2). Vale ressaltar, que essa correlação ocorreu, indiretamente pelo efeito da produtividade de racemos (Tabela 2). Thatikunta e Prasad (2001) observaram correlação positiva para o par comprimento de racemo x produtividade de grãos, além disso, também constataram efeito direto positivo. Esses autores ainda comentam que a altura da planta (-0,52) e número de internódios até o racemo primário (-1,50) para efeitos indiretos, demonstrando a importância de plantas de porte anão, floração precoce e apresentando uma maior relação flores femininas / flores masculinas.

Sarwar e Chardhry (2008) detectaram valor negativo (-0,052) para efeito direto do comprimento do racemo primário na produtividade, porém apresentou correlação positiva (0,1127) com a produtividade de grãos. Neste de tipo de situação com coeficiente de correlação positivo, mas, com efeito, direto negativo, a correlação que ocorre é originada dos efeitos indiretos. Desta forma todos os efeitos causais diretos poderiam ser considerados simultaneamente para a produtividade de grãos.

A correlação da produtividade de grãos do girassol e suas características agrônomicas encontram-se na Tabela 3. As combinações entre $Y_1 \times Y_2$ e $Y_1 \times Y_3$, apresentaram resultados significativos e positivos (Tabela 3), sugerindo incrementos nos pares correlacionados. Vale destacar que a correlação entre $Y_1 \times Y_2$ foi significativa, mas de baixa magnitude. Relacionamento de magnitude fraca para o par $Y_1 \times Y_2$ corroboram com os resultados constatados por Memon et al. (2014). Respostas diferenciadas foram verificadas por Dalchiavon et al. (2016), em estudos desenvolvidos com híbridos de girassol, plantas com maior produtividade de grãos tendem a ter maior altura de planta ($r = 0,61$).

A correlação $Y_1 \times Y_3$, foi positiva e teve alta magnitude (0,7199), sugerindo que a segunda variável apresentou algum de inter-relacionamento primeira variável (Tabela 3). Resultados diferenciados foram constatados por Amorim et al. (2008), que não detectaram correlação entre produtividade de grãos x altura de inserção do capítulo e produtividade de grãos x curvatura do caule na cultura do girassol.

Tabela 3. Matriz de correlação entre quatro variáveis agrônômicas em 6 tratamentos do girassol sob sistema de consorciação em arranjo espacial com mamona em regime de sequeiro, Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010.

Table 3. Correlation matrix among four agronomic variables in 6 sunflower treatments under intercropping system in spatial arrangements with castor bean, Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010.

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
Y ₁	1	0,2595 **	0,7199**	-0,2872**
Y ₂		1	0,2886**	-0,0011 ^{ns}
Y ₃			1	-0,3796**
Y ₄				1

Y₁: produtividade de grãos (kg ha⁻¹), Y₂: altura de planta (m), Y₃: altura de capítulo, Y₄: diâmetro do capítulo, significativo ao nível de 5% (*) e significativo ao nível de 1% (**) pelo teste t.

O par Y₁ x Y₄ apresentou correlação negativa e significativa (p ≤ 0,01), e efeito direto negativo (-0,0237) (Tabela 3). Esse tipo resultado constatado nessa correlação foram estimados por autores como Iqbal et al. (2009). Supriya et al. (2017), estudando a cultura do girassol, constataram correlação fraca e positiva para produtividade de grãos x diâmetro do capítulo. Outros resultados de correlação forte para produtividade de grãos x diâmetro do capítulo do girassol, sendo reportado por Memon et al. (2014) e Tyagi e Khan (2013).

Os efeitos, diretos e indiretos, entre a produtividade de grãos e os caracteres agrônômicos estudados no girassol, foram estimados pela análise de trilha (Tabela 5). O coeficiente de determinação da análise de trilha foi 52,21%, tendo efeito residual 0,6916 (Tabela 4). Rigon et al. (2013) observaram que 94% do rendimento do girassol é explicado pelos efeitos das variáveis analisadas, conforme o coeficiente de determinação e efeito residual de 0,23.

Constata-se que a variável altura de planta apresentou baixa correlação com a produtividade de grãos (0,2595), significativa estatisticamente (p ≤ 0,01) e efeito direto baixo (0,0592), o qual contribui com apenas 22,82% do valor para formação da correlação (Tabela 4). Tyagi e Khan (2013), verificaram efeito direto negativo da altura de planta na produção de sementes por planta, mas sua correlação positiva significativa com o rendimento da semente, foram oriundas dos seus efeitos indiretos do diâmetro do caule em altura média da planta.

Tabela 4. Estimativas de efeitos diretos (na diagonal, negritado) e indiretos (fora da diagonal) de três variáveis agrônomicas sobre a produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em seis tratamentos no sistema de consorciação do girassol com mamona em arranjo espacial com girassol em regime de sequeiro, Quixadá - CE, 2008,2009 e 2010.

Table 4. Direct (diagonal, negritated) and indirect (off-diagonal) effects of three agronomic variables on grain yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in six treatments in the sunflower intercropping system with castor bean spatial arrangement in sunflower in dryland, Quixadá - CE, 2008,2009 e 2010.

Variáveis	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Total
Y ₂	0,0592	0,2002	0,00002	0,2595**
Y ₃	-0,0076	0,6937	0,0090	0,7199**
Y ₄	-0,00006	-0,2633	-0,0237	-0,2872**
R ²	0,5221			
Efeito Residual	0,6916			

Y₂: altura de planta (m), Y₃: altura de capítulo, Y₄: diâmetro do capítulo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A altura de capítulo quando correlacionada com a produtividade de grãos apresentou valor positivo de alta magnitude (0,7199), o efeito direto positivo (0,6937) na Tabela 4. Os resultados da análise de trilha revelaram que a altura de capítulo proporcionou efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos do girassol. O efeito direto da análise de trilha respondeu por percentual de 96,36% do valor da correlação entre a produtividade de grãos x altura capítulo. Venkanna et al. (2014), estudando 71 genótipos de girassol constataram correlação positiva e significativa para produtividade de grãos x altura capítulo ($r=0,399$; $p<0,01$) e efeito direto positivo (0,066) na análise de trilha. Essa correlação gerada neste estudo teve maior contribuição do efeito indireto do número de sementes não chocha por capítulo.

Na tabela 4 constatou-se que o diâmetro do capítulo correlacionou-se com a produtividade de grãos (-0,2872), o efeito direto na análise de trilha foi negativo (-0,0237). A correlação gerada entre diâmetro do capítulo e produtividade de grãos ocorreu principalmente em função dos efeitos indiretos altura de planta e altura de capítulo, os quais responderam por percentual de 91,69% do valor da correlação originada. O efeito direto negativo para diâmetro do capítulo sobre a produtividade pode ter ocorrido em por causas ambientais ou por diferenças entre arranjos espacial de cultivo no sistema de consorciação da mamona + girassol. Ramzan et al. (2015), estudando progênies de girassol, estimaram efeito direto alto (0,76), entretanto a correlação da produtividade de grãos e com diâmetro de caule teve baixa magnitude (0,22), a maior contribuição nessa correlação, sendo oriunda da percentagem de enchimento do capítulo.

CONCLUSÕES

O uso da análise de caminhamento demonstra efeitos positivos diretos entre a produtividade de grãos e racemos, número de internódios, altura de planta, altura de inserção do racemo primário e comprimento de racemo na cultura da mamona.

A altura de planta e altura de capítulo sobre a produtividade de grãos de girassol expõem efeitos positivos diretos com o emprego da análise de caminhamento.

As características agronômicas estudadas na mamona e no girassol permite esclarecer correlações significativas sobre a produtividade de grãos dessas oleaginosas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIH, T. A. M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 307-316, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório** – reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Vol. 1. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE, 1973. p. 301 (Boletim Técnico, 28).

COIMBRA, J. L. M.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. C. DE; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A. F.; SOARES, A. P. Consequências da multicolienaridade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 347-352, 2005.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2004,v.1 480p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: biometria**. 1 ed.Viçosa: Editora UFV, 2006, v.1 382 p.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, C. G. P. ; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. P. C.; RAMOS, N. P.; ANSELMO, J. L. Características agronômicas e suas correlações em híbridos de girassol adaptados à segunda safra. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.51, n.11, p.1806-1812, 2016.

FURTADO, G. F.; SOUZA, A. S.; JOSÉ R. DE SOUSA JÚNIOR; SOUSA, J. R. M.; LACERDA, R. R. A.; SILVA, S. S. Rendimento e correlações da mamoneira consorciada com feijão-caupi e gergelim no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.9, p.892–898, 2014.

GOODARZI, F.; HASSANI, A.; DARVISHZADEH, R.; MALEKI, H. H. Genetic variability and traits association in castor bean (*Ricinus communis* L.). **Genetika**, v. 47, n1, p.265-274, 2015.

ILAH, F.; TAHIR, M. H. N.; SADAQAT, H. A. Correlation and path coefficient analysis for achene yield and yield components in sunflower. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 46, n. 1, p. 20-24, 2009.

IQBAL, M. ; ALI, M. A.; ABBAS, A. ; ZULKIFFAL, M. ; ZEESHAN, M.; SADAQAT, H. A. Genetic behavior and impact of various quantitative traits on oil contents in sunflower under waters stress conditions at productive phase. **Plant Omics Journal**, Melbourne, v. 2, n. 2, p. 70-77, 2009.

MEMON,S.; BALOCH, M. J.; BALOCH, G. M.; KEERIO, M. I. HERITABILITY AND CORRELATION STUDIES FOR PHENOLOGICAL, SEED YIELD AND OIL TRAITS IN SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.). **Pakistan Journal of Agriculture Agricultural Engineering Veterinary Sciences**, v. 30, n.2, p.159-171, 2014.

MONTARDO, D. P.; AGNOL, M. D.; CRUSIUS, A. F.; PAIM. Análise de trilha para rendimento de sementes em trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1076-1082, 2003.

PATEL, J. K.; NAKARANI, D. B. Character association and path analysis in castor (*Ricinuscommunis* L.). **International Journal of Agricultural Sciences**, v.12, n.1, p. 22-27, 2016.

RAMZAN, I.; , HAFEEZ AHMAD SADAQAT, H. A.; SHAH, A. M.; ALI, Q. Correlation and path coefficient analyses of yield components in S₃ progenies of *Helianthus annuus*. **Life Science Journal**, v.12, n.4, p.109-112, 2015.

RAZZAQ, H.; TAHIR, M. H. N.; SADAQAT, H. A. Genetic variability in sunflower (*Helianthus annuus* L.) for achene yield and morphological characters. **Internacional Jornal of Science and Nature**, v.5, n.4, p. 669-676, 2014.

RIGON, C. A. G.; RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S. Parâmetros genéticos entre caracteres quantitativos no girassol como critério de seleção para produtividade de aquênios. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1120-1125, 2013.

SALIH, S. H.; KHIDIR, M. O. Correlation, path analysis and selection indices for castorbean (*Ricinus communis* L.). **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 41, n. 2, p. 145-154, 1975.

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

SILVA, C. A.; SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R. S.; CATTANEO, L. F.; FERREIRA, J. P.; NASCIMENTO, A. L. Correlações fenotípicas e análise de trilha

em caracteres morfoagronômicos de mamoeiro. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 3, p. 217-227, 2016.

SILVA, A.R.; SILVA, S.A.; ALMEIDA, V.O.; ARAÚJO, G.M.; LEDO, C.A.S. Correlations and track analysis for morphoagronomic descriptors in pedigree and parental lines of castor bean. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47, n.4, p.1-7, 2017.

SINCIK, M.; GOKSOY, A. T. Investigation of Correlation between Traits and Path Analysis of Confectionary Sunflower Genotypes. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v.42, n.1, p.227-231, 2014.

SUPRIYA, S. M.; KULKARNI, V. V.; RANGANATHA, C. N.; SURESHA, P.G. Quantitative Analysis of Oil Yield and Its Components in Newly Developed Hybrids of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v6, n. 8, p. 3088-3098, 2017.

VENKANNA, V.; REDDY, D. L.; RAO, V. T.; CHANDRA, B. S.; LINGAIAH, N. CHARACTER ASSOCIATION AND PATH ANALYSIS FOR YIELD AND YIELD ATTRIBUTES IN SUNFLOWER (*HELIANTHUS annuus* L.) **International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology**, v.5, n.4, p.27-30, 2014.

VIJAY KUMAR G, M.; VANAJA, BABU ABRAHUM, Y.; ANITHA, N.; JYOTHI LAKSHMI; M. MAHESWARI. Variability and correlation studies for seed yield and yield contributing components of Castor (*Ricinus communis* L.) germplasm under rainfed conditions. **International Journal of Current Science**, v. 15, p.59-65, 2015.

THATIKUNTA, R.; PRASAD, D. Path analysis in castor (*Ricinus communis* L.). Research Notes, **The Madras Agricultural Journal**, Tamil Nadu, v. 88, n. 10-12, p. 705-707. 2001.

TEWARI, N; MISHRA, AKHILESH. Correlation and Path Coefficient Analysis of Castor (*Ricinus communis* L.) in non-traditional area of central Uttar Pradesh. **International Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, v.4, n.1, p.1-9, 2013.

TORRES, F.E.; TEORODO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; CORREA, C. C. G.; HERNANDES, F. B.; FERNANDES, R. F.; GOMES, A. C.; LOPES, K.V. Correlations and path analysis on oil content of castor genotypes correlações e análise de trilha sobre o teor de óleo de genótipos de mamona. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 5, p. 1363-1369, 2015.

TYAGI, S.D.; KHAN, M.H. Correlation and path coefficient analysis for seed yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **International Journal of Agricultural Research, Sustainability, and Food Sufficiency**, v.1, n. 2, p. 07-13, 2013.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 20, n. 7, p. 557-587, 1921.