



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



LARA ARAUJO DE SOUZA

**CORRELAÇÃO GENÉTICA E ANÁLISE DE TRILHA EM
GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO DE FIBRA COLORIDA**

Uberlândia-MG
Agosto de 2019

LARA ARAUJO DE SOUZA

CORRELAÇÃO GENÉTICA E ANÁLISE DE TRILHA EM GENÓTIPOS DE
ALGODOEIRO DE FIBRA COLORIDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, como
parte das exigências do Curso de graduação em
Agronomia para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Larissa Barbosa de Sousa

Uberlândia-MG
Agosto de 2019

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS	19

RESUMO

O algodão é uma cultura de grande importância socioeconômica, sendo as espécies *Gossypium hirsutum* e a *Gossypium barbadense* as mais exploradas por possuírem boa produtividade e alta qualidade de fibra. O algodão colorido tem ganhado relevância ao longo dos anos principalmente por possuir diversas vantagens, dentre elas: evita o tingimento de tecidos, é mais caro que o algodão de fibra branca, representa uma ótima alternativa para o agricultor familiar, dentre outros fatores. O objetivo deste trabalho, foi avaliar a correlação genética em genótipos de algodão de fibra colorida e realizar a análise de trilha complementar. O experimento foi conduzido na fazenda Capim Branco, cujo as coordenadas geográficas são latitude 18°52'54.2" S, longitude 48°20'32.8" W, com altitude de 805 metros, inserida em uma região de clima temperado com temperatura máxima de 28°C e mínima de 22°C em Uberlândia-MG. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições. Foram utilizados ao todo 7 genótipos, dentre eles 5 cultivares comerciais da Embrapa: BRS Topázio, BRS Rubi, BRS Verde, BRS Safira e BRS Jade e 2 genótipos provenientes do PROMALG, sendo eles: UFUJP-17 e UFUJP-16. Estimou-se os coeficientes de correlação fenotípica entre as características: altura, altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo, ramos vegetativos, ramos reprodutivos, área foliar, botões, flores, maçãs, peso da pluma, peso de 30 capulhos, peso do caroço, peso da pluma e peso do algodão em caroço (produtividade). Apenas o caroço apresentou uma correlação relevante (0,529) com a produtividade. O caroço foi o caractere que apresentou maior efeito direto sobre o total (algodão em caroço), os efeitos indiretos foram o positivo caroço x pluma (0,044) e indireto negativo caroço x maçã (0,005), ambos apresentam magnitude muito baixa. A pluma apresentou efeito direto negativo sobre a produtividade (0,090), mas a magnitude é muito baixa e não é considerável.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoramento genético, Correlação, *Gossypium*.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro possui grande importância econômica no Brasil atualmente, uma vez que é esperado um aumento de 10,2% na área plantada da cultura totalizando 1,51 milhão de hectares cultivados (CONAB, 2021). Segundo a CONAB (2021), a produção da pluma tende ser de 2,67 milhões de toneladas, volume próximo à safra 2018/19.

De acordo com a CONAB (2021), o algodão em pluma em relação ao mercado externo segue em cenário positivo, uma vez que o levantamento da Companhia manteve o volume previsto de 2,1 milhões de toneladas para a exportação da fibra de algodão na safra 2020/21. Além de ser a fibra natural mais utilizada pelo homem, a semente é rica em óleo e o bagaço pode ser aproveitado para a alimentação animal (CARVALHO, 1996).

O algodoeiro é uma planta dicotiledônea hirsuta ou glabra, anual ou perene, herbácea, arbustiva ou arbórea, pertencente à família Malvaceae, gênero *Gossypium* (TROPICOS, 2013). De todas as espécies desse gênero, apenas quatro são exploradas comercialmente, sendo mais de 90% da produção mundial de fibras oriunda da espécie *G. hirsutum* (BELTRÃO, 1999).

O línter e a fibra dos algodões tetraploides apresentam cores que vão do branco a várias tonalidades de verde e marrom (HARLAND, 1935; KOHEL, 1985; WARE, 1932). No passado, os algodões de fibra colorida foram considerados indesejáveis por serem considerados contaminantes da fibra branca (FREIRE, 2007). No entanto, atualmente surgem no mercado como uma opção de renda e diversificação para agricultura familiar, uma vez que são mais caros em relação aos algodões de fibra branca. Além disso, o fato de ser naturalmente colorido, evita a poluição ambiental, uma vez que o tingimento não é necessário (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Os trabalhos de melhoramento realizados no mundo, desde a metade do século 20, ao produzirem cultivares superiores e adaptadas ressaltaram a diferença entre caracteres de importância econômica dos dois tipos de algodão, assim foi observado que a qualidade de fibra do algodão colorido é inferior ao do branco (CARVALHO et al., 2011). Contudo, torna-se necessário o auxílio do melhoramento genético visto que é uma forma rápida e econômica de se obter cultivares superiores, possibilitando resultados que podem ser transmitidos para as próximas gerações (ENTRINGER et al., 2014).

No melhoramento, é importante avaliar vários caracteres ao mesmo tempo para potencializar o tempo e recursos. Assim, conhecer a relação entre os caracteres avaliados é um meio de selecionar uma entre várias características, principalmente, se esta for de difícil avaliação ou baixa herdabilidade (AZEVEDO et al., 2016).

A correlação fenotípica, genotípica e ambiental é muito útil, pois possibilita ao melhorista identificar e quantificar o grau de associação entre as características, no entanto as correlações genéticas são de maior interesse, uma vez que são herdáveis e podem ser manipuladas no melhoramento, diferentemente das fenotípicas que sofrem influência do ambiente (AZEVEDO et al., 2016).

Sobretudo, a correlação estimada pode não ser representativa, visto que uma alta correlação pode ser resultado da interferência indireta de uma outra característica. Desse modo, é necessário medir a influência de efeitos diretos e indiretos de outros caracteres, necessitando de uma análise complementar para determinar estas influências (TOEBE; CARGNELUTTI FILHO, 2013).

A determinação desses efeitos de outros caracteres sobre uma característica principal, são possíveis via análise de trilha (WRIGHT 1921). Para isso, é utilizado uma equação de regressão expressa em diagramas de trilha (CRUZ, REGAZZI, CARNEIRO, 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação genética em genótipos de algodão de fibra colorida e realizar a análise de trilha complementar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Algodão

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), é uma espécie do gênero *Gossypium*, da família Malvaceae que possui grande importância socioeconômica mundial. Existem 52 espécies pertencentes a esse gênero, sendo quatro de maior importância econômica: *G. hirsutum* L., *G. barbadense* L., *G. herbaceum* L. e *G. arboreum* L. (GADELHA, 2014).

As plantas desse gênero, apresentam como características gerais: porte subarborescente e de crescimento indeterminado, geralmente possuem gossypol, substância produzida por uma glândula denominada tóxica a insetos e animais não ruminantes. As sementes são cobertas por diferentes tipos de células diferenciadas que constituem não só fibras curtas ou línter, como também fibras longas e fiáveis, as quais proporcionam a essa cultura, elevado valor comercial. Quanto ao sistema reprodutivo, a planta é considerada do tipo intermediária, visto que na ausência de polinizadores pode realizar a autofecundação, e na presença pode atingir elevados índices de fecundação cruzada. O ciclo varia de 160 a 180 dias para as condições do Brasil, podendo ser influenciada pela precocidade da cultivar (PENNA, 1982).

As espécies *Gossypium hirsutum* e o *Gossypium barbadense* são as mais exploradas por possuírem boa produtividade e alta qualidade de fibra (GRID-PAPP, 1965; BELTRÃO, 1999).

As características tecnológicas das fibras são determinadas por fatores genéticos, porém são influenciadas por pragas, solo, doenças, dentre outros, dos quais o déficit hídrico, temperatura e luminosidade, são os fatores que mais interferem na constituição da fibra. Além disso, pragas como ácaros, lagartas, percevejos também depreciam a qualidade final da fibra (SANTANA et al., 1995; SANTANA, 2002; BORÉM; FREIRE, 2014).

2.2 Melhoramento genético no algodoeiro

O melhoramento genético do algodoeiro foi iniciado no Brasil em 1921, quando foi reativado o Serviço Federal do Algodão, no Ministério da Agricultura, com os objetivos de dar assistência técnica aos agricultores, incentivar melhoramento das variedades, além de realizar estudos referentes a pragas e doenças na cultura (VIDAL NETO et al., 2013).

O objetivo principal dos programas de melhoramento é selecionar características e estabelecer padrões que atendam as demandas do mercado e precisam estar bem definidos. No geral, alguns objetivos são comuns a todos os programas de melhoramento embora alguns possam mudar de acordo com a espécie e propósito, como: aumento na produtividade, adaptação ambiental, aumento da qualidade de fibra e do produto e resistência a pragas e

doenças (VIDAL NETO et al., 2013).

Segundo Freire et al. (2008), os programas de melhoramento do Brasil, assim como os de outros países, visam o aumento de produtividade e do rendimento de fibra, e a obtenção de fibras mais finas, resistentes e uniformes. No entanto, no Brasil ainda existem alguns padrões mínimos estabelecidos em relação a esses caracteres como: precocidade do ciclo entre 110 e 140 dias, rendimento de fibra superior a 40%, finura da fibra com índice micronaire entre 3,6 e 4,2, resistência maior que 28 gf tex^{-1} , e uniformidade de comprimento maior que 84%.

Nos programas de melhoramento de algodão, em sua maioria, utiliza-se o método bulk, utilizado para melhoramento de grandes populações objetivando a seleção natural; o método genealógico, para controle parental; ou retrocruzamento, para incorporação de genes específicos em pouca quantidade (BORÉM, 2005). Os outros métodos como: seleção massal, seleção genealógica, seleção pedigree-massal, seleção recorrente, hibridação, retrocruzamento e uso de vigor híbrido, também são muito utilizados (BORÉM, 2014).

2.2.1 Correlação genética

No melhoramento genético, o estudo da correlação entre característica consiste na possibilidade de avaliar o quanto a alteração em um caractere pode afetar os outros, bem como se a seleção é dificultada pela baixa herdabilidade ou por problemas de mensuração e identificação visto que esse tipo de conhecimento é importante em diversas etapas dos programas de melhoramento (CRUZ et al., 2004).

Esse tipo de informação é valioso, pois a maioria dos programas leva em consideração muitas características simultaneamente, assim o entendimento da associação genética entre elas contribui para a escolha dos métodos de seleção mais apropriados para potencializar o ganho genético por geração (SANTOS; VENCOVSKY, 1986).

Quando duas características possuem correlação positiva significa que é possível obter ganhos indiretamente em uma ao selecionar outra. As correlações possuem coeficientes adimensionais que variam de 1 à -1, sendo que o valor zero ressalta a falta de relação linear entre duas variáveis e não a ausência de correlação. Além do mais, valores negativos significam que as características são inversamente correlacionadas e, quando positivos correlacionam no mesmo sentido. O extremo seria 1 e -1, valores próximos a eles significam forte associação (CARDOSO, 2018).

2.2.2 Análise de trilha

Como abordado no tópico anterior, as análises de correlação entre características produtivas e componentes de produção são essenciais na determinação dos métodos de seleção, porém a magnitude e o valor das correlações não são suficientes para elucidar as interações entre as variáveis estudadas, uma vez que pode não haver relação real de causa e efeito. Assim, um valor de coeficiente de correlação pode ser resultado do efeito de outras variáveis, sem mostrar a real relevância dos efeitos diretos e indiretos desses fatores (CRUZ et al., 2004).

Dessa maneira, com o propósito de reduzir tais problemas foi proposto por Wright (1921), a análise de trilha. Essa metodologia consiste no desdobramento das correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável. Desse modo, o sucesso desse método pode ser associado não só a formulação do relacionamento causa-efeito (SCHUSTER, 1996), como também a experiência do pesquisador em desdobrar as correlações para caracteres de maior importância agrônômica (CRUZ et al., 2004).

Juntamente com a análise de trilha, é recomendado realizar o diagnóstico da multicolinearidade, com o objetivo de eliminar possíveis erros quanto a representatividade dos resultados e realidade das correlações (SALLA et al., 2015). Para isso, existe dois métodos, o primeiro consiste em classificar e ranquear as características que mais contribuem para a colinearidade, estas podem ser do tipo fraca, moderada a forte ou severa (MONTGOMERY E PECK, 1981). Já o segundo, utiliza-se a regressão em crista em situações onde não se deseja eliminar uma variável importante, assim utiliza-se um valor mínimo da constante k com o objetivo de estabilizar as variáveis inseridas na trilha e conservar o fator de inflação da variância (VIF) menor que 10 (SALLA et al., 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi executado em condições de campo, na Fazenda Capim Branco, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, cujo as coordenadas geográficas são latitude 18°52'54.2" S, longitude 48°20'32.8" W, com altitude de 805 metros.

Previamente à instalação do experimento, foi requerida uma análise de solo da área pra o laboratório de análises químicas e físicas do solo, para fins de recomendação de calagem e adubação. Além disso, foi feito o preparo de solo convencional utilizando grade niveladora e aração.

O tratamento de sementes foi realizado com o fungicida de nome comercial Vitavax® na dose de 500ml para 100kg de sementes e inseticida Sombrero® na dose de 600ml para 100kg de sementes.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) com três repetições, sendo as parcelas experimentais compostas 3 por fileiras de 3 metros de comprimento, com 4 metros de largura e espaçadas em 1 metro, assim a área útil é representada por uma fileira central de cada parcela com 2 metros de comprimento ao excluir as plantas na extremidade das fileiras, cerca de 0,5 m de cada extremidade.

Foram utilizados ao todo 7 genótipos, dentre eles, 5 cultivares comerciais da EMBRAPA: BRS Topázio, BRS Rubi, BRS Verde, BRS Safira e BRS Jade e 2 genótipos provenientes do PROMALG, sendo eles: UFUJP-17 E UFUJP-16.

O manejo de plantas daninhas foi realizado com a utilização de herbicidas na pré e pós emergência além da capina manual. Ao longo do ciclo da cultura foi feito monitoramento de pragas e doenças aliados a aplicações de inseticidas e acaricidas recomendados para a cultura. Nesse experimento, os principais problemas enfrentados foi a infestação de ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) e algumas espécies de lagarta. Além disso, foi feito o uso de regulador de crescimento de nome comercial Pix (Cloreto de mepiquat) na dose de 0,1 litros por hectare.

Outras avaliações também foram realizadas, como: Altura total e altura até o 1º ramo reprodutivo; área foliar; ramos vegetativos e ramos reprodutivos; e número de flores, frutos e maçãs.

No final, colheu-se a área útil de cada parcela e posteriormente pesou para calcular a produtividade de algodão em caroço, caroço e pluma. Também foi colhido 30 capulhos da área útil para calcular a média de peso dos 30 capulhos. As amostras foram acondicionadas

em sacos identificados e o material foi beneficiado no laboratório da Fazenda Capim Branco.

Realizou-se a análise de variância (Teste F) e teste de Scott Knott (5% de significância). As estimativas de correlações fenotípicas (r_f) entre os caracteres foi realizada a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t com $n-2$ graus de liberdade, em que n corresponde ao número de genótipos avaliados. Foram estimadas as correlações fenotípicas e genotípicas para as características pelas seguintes expressões:

$$r_f = \frac{PMT_{xy}}{\sqrt{QMR_x QMR_y}}$$

Em que:

R_f = Correlação fenotípica

PMT= Produtos médios associados aos tratamentos

QMR= Quadrado médio do resíduo

Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo Programa Genes (CRUZ, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância, não foi significativo para nenhuma das características avaliadas das cinco variedades do algodoeiro de fibra colorida comercial e duas variedades do Programa de Melhoramento Genético do Algodoeiro (PROMALG), a tabela abaixo ilustra a ausência de variabilidade genética para as seguintes características: Altura, altura de inserção do 1º ramo reprodutivo, ramo vegetativo, ramo reprodutivo e área foliar (Tabela 1).

Tabela 1- Resumo da análise de variância; em blocos ao acaso; de características avaliadas em 2020; em experimento conduzido na safra 2019/20.

FV	GL	Quadrados Médios				
		Altura	Altura 1º	R. Veg	R. Rep	Área F
Blocos	2	108,62	20,75	46,44	7,93	0,84
Tratamentos	6	80,73 ns	34,74 ns	2,56 ns	5,31 ns	3,56 ns
Resíduo	12	150,58	33,66	2,98	3,22	2,59
Média		102,95	29,26	4,73	9,07	13,30
CV (%)		11,92	19,83	36,45	19,79	12,11

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade; respectivamente; pelo teste F; NS= Não significativo; FV= Fontes de variação; GL= Grau de liberdade; Altura = Altura da planta; Altura 1º= Altura de inserção do 1º ramo reprodutivo; R. Veg= Número de ramos vegetativos; R. Rep= Números de ramos reprodutivos; Área F= Área foliar; CV= Coeficiente de variação.

Na tabela 2, o resultado da análise de variância, não foi significativo para nenhuma das características avaliadas das cinco variedades do algodoeiro de fibra colorida comercial e duas variedades do Programa de Melhoramento Genético do Algodoeiro (PROMALG) exceto na avaliação de 30 capulhos no qual mostrou-se significativo a 5%. A tabela abaixo ilustra a ausência de variabilidade genética para as seguintes características: Botões, Flores e Maçãs.

Tabela 2- Resumo da análise de variância; em blocos ao acaso; de características avaliadas em 2020; em experimento conduzido na safra 2019/20.

FV	GL	Quadrados Médios			
		Botões	Flores	Maçãs	30c
Blocos	2	4,10	0,23	1,78	0,00
Tratamentos	6	22,38 ns	0,09ns	0,53 ns	0,0011*
Resíduo	12	23,23	0,27	1,48	0,0003
Média		18,54	1,57	3,53	0,18
CV (%)		26,00	32,97	34,49	9,63

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade; respectivamente; pelo teste F; NS= Não significativo; FV= Fontes de variação; GL= Grau de liberdade; Botões = Número de botões; Flores= Número de flores; Maçãs= Números de maçãs; 30c= 30 capulhos; CV= Coeficiente de variação.

Na tabela 3, o resultado da análise de variância não foi significativo para nenhuma das características avaliadas das cinco variedades do algodoeiro de fibra colorida comercial e duas variedades do Programa de Melhoramento Genético do Algodoeiro (PROMALG), a tabela abaixo ilustra a ausência de variabilidade genética para Produtividade total (pluma e caroço), Caroço e Pluma.

Tabela 3- Resumo da análise de variância; em blocos ao acaso; de características avaliadas em 2020; em experimento conduzido na safra 2019/20.

FV	GL	Quadrados Médios		
		Total	Caroço	Pluma
Blocos	2	0,0062	0,0052	0,0085
Tratamentos	6	0,0097 ns	0,0066 ns	0,0073 ns
Resíduo	12	0,0108	0,0087	0,0107
Média		0,39	0,26	0,14
CV (%)		26,72	35,36	75,82

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade; respectivamente; pelo teste F; NS= Não significativo; FV= Fontes de variação; GL= Grau de liberdade; Total = Peso pluma e caroço; Caroço= Peso caroço; Pluma= Peso pluma; CV= Coeficiente de variação.

Na Tabela 4, verifica-se as estimativas das correlações fenotípicas (rf). A correlação fenotípica é utilizada para análise de trilha, devido ao fato de se expressar no campo permite a tomada de decisão pelo melhorista.

Tabela 4. Correlação fenotípica entre caracteres avaliados em 7 genótipos de algodoeiro colorido.

Caracteres	Correlação	Altura 1°	R. Veg.	R. Rep.	Área F.	Botões	Flores	Maçãs	30c	Total	Caroço	Pluma
Altura	rf	-0,16 ^{ns}	0,83*	0,57 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
N° nós	rf		-0,46 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
R. Veg.	rf			0,67 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,08 ^{ns}
R. Rep.	rf				0,52 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,26 ^{ns}
Área F.	rf					0,18 ^{ns}	0,73 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Botões	rf						0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
Flores	rf							-0,03 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Maçãs	rf								-0,26 ^{ns}	-0,73 ^{ns}	-0,76*	-0,63 ^{ns}
30c	rf									0,60 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Total	rf										0,99**	0,94**
Caroço	rf											0,90**

** *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t. Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípica (rf) entre os caracteres: Altura = Altura da planta; Altura 1° = Altura de inserção do 1° ramo reprodutivo; R. Veg. = Número de ramos vegetativos; R. Rep. = Números de ramos reprodutivos; Área F. = Área foliar; Botões = Número de botões; Flores = Número de flores; Maçãs = Números de maçãs; 30c = 30 capulhos; Total = Peso pluma e caroço; Caroço = Peso caroço; e Pluma = Peso pluma.

De acordo com os resultados apresentados na tabela, foi significativo para as seguintes correlações: Altura x Ramo vegetativo (0,83); Maçã x Caroço (- 0,76); Produtividade (total) x pluma (0,94); Produtividade x Caroço (0,99); e Caroço x Pluma (0,90). Os valores negativos indicam que o ambiente favorece uma característica em relação a outra (CRUZ, REGAZZI e CARNEIRO, 2014).

Assim, as correlações positivas mostram ser possível obter ganhos ao selecionar uma determinada característica. Dessa forma, é possível notar que se pode obter ganhos na produtividade ao selecionar caroço e pluma que possuem correlação positiva direta com total, assim como existe a correlação positiva indireta entre eles.

Segundo Cruz & Carneiro (2003), deve haver um certo cuidado quando um caráter se correlaciona positivamente com alguns e negativamente com outros, pois ao selecionar por exemplo um que possui efeito direto positivo sobre uma determinada característica, o mesmo pode provocar mudanças indesejáveis em outros devido a correlação indireta negativa.

Segundo Kang et al (1983), apesar das correlações indicarem as associações entre as características não possibilita verificar as causas e efeitos, assim torna necessário a análise de trilha porque é possível conhecer as influências dos caracteres morfológicos avaliados sobre a produtividade. Desse modo, isso é possível utilizando-se as correlações fenotípicas, pois possuem a vantagem da possibilidade de manipulação pelo melhorista. A análise de trilha e seus resultados podem ser observados na tabela 5.

Tabela 5. Estimativas dos efeitos direto e indireto que envolveram o caractere principal dependente produtividade algodão em caroço (total) e as independentes, apenas que foram significativas: peso do caroço e peso da pluma em 7 genótipos de algodão colorido da safra 2019/2020.

Efeito de associação		
Caráter	Caroço	
	Efeito Direto Sobre Produtividade	0,529
	Efeito indireto – Altura	0,030
	Efeito indireto – Altura 1º ramo reprodutivo	-0,179
	Efeito indireto – Ramos vegetativos	0,041
	Efeito indireto – Ramos reprodutivos	0,239
	Efeito indireto – Botões	0,126

	Efeito indireto – Flores	0,008
	Efeito indireto – Maçãs	0,005
	Efeito indireto – 30c	-0,014
	Efeito indireto – Área foliar	0,262
	Efeito indireto – Pluma	0,044
	Total	0,933
Caráter	Pluma	
	Efeito Direto Sobre Produtividade	-0,090
	Efeito indireto – Altura	-0,053
	Efeito indireto – Altura 1º ramo reprodutivo	-0,038
	Efeito indireto – Ramos vegetativos	-0,071
	Efeito indireto – Ramos reprodutivos	-0,202
	Efeito indireto – Botões	-0,068
	Efeito indireto – Flores	0,014
	Efeito indireto – Maçãs	0,001
	Efeito indireto – 30c	0,016
	Efeito indireto – Caroço	-0,257
	Efeito indireto – Área foliar	-0,053
	Total	-0,640
	Efeito Residual	0,017
	Coefficiente de determinação	0,999

Segundo Cruz et al. (2014), estimativas para coeficiente igual ou superior a 0,70 representam bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias genéticas entre os genótipos e sua matriz original.

Conforme a tabela 4, apenas o caroço apresentou uma correlação relevante (0,529) com a produtividade, levando em consideração a influência ambiental e magnitude considerável para maioria das características agrônômicas (0,7). Santos et al. (2018), considerou efeitos indiretos (0,455) e efeitos diretos de (0,560) em relação aos caracteres avaliados no trabalho sobre produtividade, mesmo que a magnitude considerada para a maioria das culturas seja acima de 0,7.

O caroço foi o caractere que apresentou maior efeito direto sobre o total (algodão em caroço), assim pode ser selecionado para obter ganhos. Os efeitos indiretos significativos foram o efeito indireto positivo caroço x pluma (0,044) e indireto negativo caroço x maçã (0,005),

ambos não devem ser levados em consideração pois apresentam magnitude muito baixa e não influenciarão negativamente ou positivamente de maneira relevante ao selecionar o caroço.

A pluma apresentou efeito significativo direto negativo sobre a produtividade (0,090), no entanto a magnitude é muito baixa, então não é considerado.

Segundo Falconer (1987), as causas de uma correlação genética positiva de alta magnitude é determinada pelo pleiotropismo ou desequilíbrio de ligação gênica entre os pares de caracteres porque assim favorecem a seleção simultânea de duas ou mais características pela seleção de apenas um. No entanto, a seleção de uma característica pode levar consigo outra indesejável e é importante salientar que as correlações dependem de herdabilidade e fatores ambientais (FALCONER, 1987).

5. CONCLUSÃO

A seleção direta do caroço pode proporcionar ganhos na produtividade (algodão em caroço).

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Alcinei Místico et al. Correlações genotípicas e análise de trilha em famílias de meios-irmãos de couve de folhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 1, p. 35-44, 2016.
- BELTRÃO, N.E.M; SOUZA, J.G. Fitologia do algodoeiro herbáceo (Sistemática, organografia e anatomia). In: Beltrão, N.E.M. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. v.1, p. 55-86, 1999.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2005. 525p.
- BORÉM, A.; FREIRE, E. C. **Algodão: do plantio a colheita**. Minas Gerais: UFV, 2014.
- CARDOSO, Daniel Bonifácio Oliveira et al. Melhoramento genético de algodoeiro colorido: Redes Neurais Artificiais versus métodos convencionais. 2018.
- CARVALHO, P. P. Manual do Algodoeiro. Lisboa, Instituto de Investigação Científica Tropical, 1996. 282p.
- CONAB. **Estimativa indica aumento na produção de grãos na safra 2021/22, com previsão em 288,61 milhões de toneladas**. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4316-estimativa-indica-aumento-na-producao-de-graos-na-safra-2021-22-com-previsao-em-288-61-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** Viçosa: UFV, 2003. 585p.
- CRUZ, C. D. **Programa genes: diversidade genética**. Viçosa: UFV, 2006. 278 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- DE CARVALHO, LUIZ PAULO; DE ANDRADE, FRANCISCO PEREIRA; DA SILVA FILHO, JOÃO LUIS. Cultivares de algodão colorido no Brasil. **Embrapa Algodão-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)**, 2011.
- ENTRINGER, G. C.; SANTOS, P. H. A. D.; VETTORAZZI, J. C. F.; CUNHA, K. S. D.; PEREIRA, M. G. Correlation and path analysis for yield components of supersweet corn. **Revista Ceres**, Viçosa, Brasil, v. 61, n. 3, p. 356-361, 2014.
- FALCONER, D. S. Introdução à genética quantitativa. Tradução de Silva MA. & Silva JC. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.
- FREIRE, E.C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 1 ed. Brasília: ABRAPA, 2007. 918p.
- FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; VIDAL NETO, F. das C.; PEDROSA, M. B.; SUINAGA, F. A.; COSTA, J. N. da; ANDRADE, F. P. de. Objetivos

e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 299-323.

GADELHA, I. C. N.; FONSECA, N. B. S.; OLORIS, S. C. S.; MELO, M. M.; SOTOBLANCO, B. Gossypol toxicity from cottonseed products. **The Scientific World Journal**, London, 2014.

GUARATINI, Cláudia CI; ZANONI, Maria Valnice Boldrin. Corantes têxteis. **Química nova**, p. 71-78, 2000.

GRID-PAPP, I. L. Botânica e genética. In: Instituto Brasileiro de Potassa Experimentações e Pesquisas (Ed.). **Cultura e adubação do algodoeiro**, 1965. p. 117-160.

HARLAND, S. C. The genetics of cotton. XIV. The inheritance of brown lint in New World cottona. **Journal genetics**, Bangalore, v. 31, p. 27-37, 1935.

KANG, M. S.; MILLER, J. D.; TAI, P. Y. P. Genetic and phenotypic path analysis and heritability in sugarcane. *Crop Science*, Madison, USA, v. 23, p. 643-647, 1983. <https://doi.org/10.2135/cropsci1983.0011183X002300040010x>

KOHEL, R. J. Genetic analysis of fiber color variants in cotton. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 5, p. 793-797, 1985.

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

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodoeiro anual. **Informe 21 Agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, n.92, p.10-13, 1982.

SALLA, V. P.; DANNER, M. A.; CITADIN, I.; SASSO, S. A. Z.; DONAZZOLO, J.; GIL, B. V. Análise de trilha em caracteres de frutos de jabuticabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 3, p. 218-223, mar. 2015.

SANTOS, J.; VENCOVSKY, R. Correlação fenotípica e genética entre alguns caracteres agrônômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v.10, p.265-272, 1986.

SANTOS, Weder Ferreira dos *et al.* Análise de trilha em genótipos de milho no Sul do Tocantins. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 12, p. 49-52, set. 2018.

SCHUSTER, I. **Correlações, coeficientes de trilha, composição de gluteninas e qualidade do trigo para panificação**. Viçosa: UFV, 1996. 98p.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 48, n. 5, p. 466-477, maio. 2013.

TROPICOS. 2013. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/19600941>> Acesso em: 22 out. 2019.

VIDAL NETO, F. das C.; FREIRE, Eleusio Curvelo. Melhoramento genético do

algodoeiro. **Embrapa Agroindústria Tropical-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2013.

WARE, J. O. Inheritance of lint colors in upland cotton. **Journal of the America Society of Agronomy**, Madison, v. 24, p. 550-562, 1932.

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