

CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA EM CULTIVARES DE SOJA CULTIVADAS EM DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS

Alan Mario Zuffo^{1*}, Augusto Belchior Marchetti Ribeiro², Adriano Teodoro Bruzi³,
Everton Vinicius Zambiazzi⁴, Wéverson Lima Fonseca⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Pós-doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração “Sustentabilidade na Agricultura”, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cassilândia (MS). *E-mail: alan_zuffo@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG).

³ Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG).

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração “Fitotecnia”, Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG).

⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração “Fitotecnia”, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE).

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar por meio da análise de trilha, a influência de alguns caracteres agrônômicos de cultivares de soja, em função de diferentes densidades de planta, e a contribuição dessas características no rendimento de grãos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso completos, dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram compostas por quatro densidades populacionais (300, 400, 500 e 600 mil plantas por hectare) e, as subparcelas foram compostas por seis cultivares (BMX Força RR, CD 250 RR, FMT 08 – 60.346/1, NA 5909 RR, TMG 7161 RR e V – TOP RR) cultivados em Lavras e Incofindentes, ambos em Minas Gerais. Por ocasião da colheita determinou-se a altura de plantas, a inserção do primeiro legume, o índice de colheita, o número de legumes por planta, o número de grãos, o número de grãos por vagem e a produtividade dos grãos. Com os dados obtidos foram elaboradas as matrizes de correlação fenotípica. As correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos das variáveis independentes (componentes de produtividade e caracteres agrônômicos) sobre a variável dependente (produtividade de grãos). Os caracteres número de legumes por planta e o número de grãos por legumes são os componentes que apresentam maiores efeitos diretos sobre a produtividade de grãos de soja, sendo assim, estes podem ser utilizados na seleção indireta visando o incremento da produtividade de grãos.

Palavras-chave: Associação entre caracteres. *Glycine max* (L.) Merrill. Seleção indireta. Variabilidade. Produtividade.

CORRELATIONS AND PATH ANALYSIS IN SOYBEAN CULTIVARS GROWN AT DIFFERENT PLANT DENSITIES

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the influence of some agronomic traits of soybean cultivars as a function of different plant densities and the contribution of these traits to grain yield. The experimental design was the complete randomized blocks, arranged in a subdivided plots scheme, with three replications. The plots consisted of four population densities (300, 400, 500 and 600 thousand plants per hectare), and the subplots were composed of six cultivars (BMX Força RR, CD 250 RR, FMT 08 - 60.346/1, NA 5909 RR, TMG 7161 RR and V - TOP RR) cultivated in Lavras and Inconfidentes, both in Minas Gerais. The height of plants, the insertion of the first legume, the harvest index, the number of pods per plant, the number of grains per pod and the yield of the grains were determined at the time of harvest. With the obtained data the matrices of phenotypic correlation were elaborated. The correlations were divided into direct and indirect effects of the independent variables (productivity components and agronomic characteristics) on the dependent variable (grain yield). The number of vegetables per plant and the number of grains per legume are the components that present the greatest direct effects on the yield of soybeans, so that they can be used in the indirect selection to increase the grain yield at the time of production soybean.

Key words: Association between characters. *Glycine max* (L.) Merrill. Indirect selection. Variability. Productivity.

INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] é a principal oleaginosa no cenário mundial. O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores, com área semeada de 33,7 milhões de hectares e produção de 114 milhões de toneladas na safra 2016/2017 (CONAB, 2017). Dentre as principais práticas utilizadas para a obtenção do incremento da produção, destacam-se o desenvolvimento de novos cultivares e a escolha da densidade de plantas.

A escolha do cultivar e a densidades de plantas são fatores preponderantes que influenciam tanto o rendimento da soja como seus componentes de produção (MAUAD et al., 2010). A densidade de semeadura pode afetar expressivamente a velocidade de fechamento das entre linhas, a produção de massa verde, a arquitetura das plantas, a severidade de doenças, o acamamento e a produtividade da cultura (BALBINOT JUNIOR et al., 2015). O genótipo influencia diretamente na resposta às diferentes densidades de plantas, ou seja, algumas cultivares apresentam melhor rendimento em altas populações, já outras tem melhor performance em menores densidades (DUTRA et al., 2007).

Para aumentar a eficiência da seleção de um caráter pode-se utilizar a seleção indireta por meio do uso de caracteres correlacionados. As análises de correlações entre o rendimento de grãos e seus componentes principais têm sido empregadas no entendimento de um caráter complexo como o rendimento de grãos (ALCANTARA NETO et al., 2011). Todavia, elas indicam apenas a presença ou não de uma associação, seja essa positiva ou negativa, entre duas características, a intensidade, e a relação linear ou não linear entre elas

(CHARNET et al., 2008). Sendo assim, as análises de correlações entre as características não possibilitam aventar sobre as causas e efeitos dessas relações, o que impossibilita o conhecimento de qual tipo de associação existe entre os caracteres analisados (GONÇALVES et al., 2003).

A análise de trilha, proposta por Wright (1921), permite a desintegração ou partição do coeficiente de correlação entre os efeitos diretos e indiretos. Além disso, essa análise permite de maneira mais fácil, a seleção de plantas por meio do efeito indireto de outros caracteres que interferem positivamente sobre a produtividade (NOGUEIRA et al., 2013).

O conhecimento da densidade de plantas no cultivo de soja é uma prática de manejo relevante para maximização da produtividade de grãos, reduzindo assim os custos de produção. Sabe-se também que a identificação de caracteres correlacionados com a produtividade dos grãos é uma ferramenta importante para a seleção de genótipos mais responsivos.

Portanto, objetivou-se avaliar por meio da análise de trilha, a influência de caracteres agronômicos, em função de diferentes densidades de planta, como também a contribuição dessas características no rendimento de grãos na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em dois locais distintos do estado de Minas Gerais no ano agrícola de 2014/2015: a) na área experimental situada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária – Fazenda Muquém da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na cidade de Lavras a uma latitude de 21°14' S, longitude 45° 00' W e altitude de 918 m; b) na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Sul de Minas em Inconfidentes, localizado a uma latitude de 22° 19'S, longitude 46° 19'W e altitude de 864 m. Os resultados das análises de solo de cada ambiente são apresentados na Tabela 1 e os dados climáticos são apresentados na Figura 1.

Adotou-se o sistema de plantio direto. A semeadura foi realizada manualmente em novembro, sendo a adubação constituída de 350 kg ha⁻¹ do formulado de N-P₂O₅-K₂O (02-30-20) conforme as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). As bactérias *Bradyrhizobium japonicum* foram inoculadas via sulco, após a semeadura da soja e a dose de *Bradyrhizobium japonicum* foi 18 mL p. c. kg⁻¹ de semente - contendo as estirpes SEMIA 5079 e 5080, com 10.8 x 10⁶ UFC/sementes do inoculante Nitragin Cell Tech HC[®] (3x10⁹ UFC/mL). A aplicação dos microorganismos foi realizada utilizando-se um pulverizador costal motorizado, acoplado a barra com quatro pontas de pulverização XR 110.02, aplicando-se volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹.

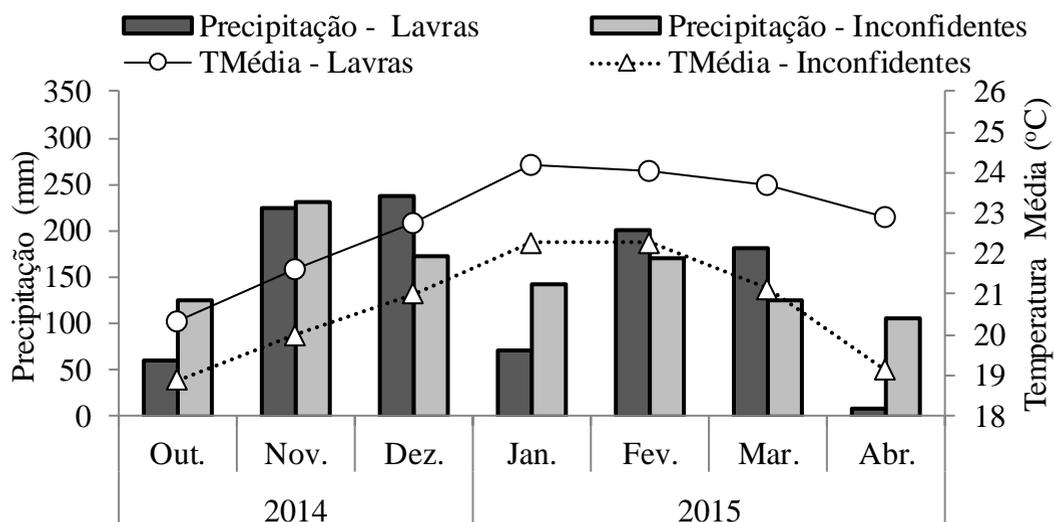


Figura 1. Médias mensais de precipitação pluvial e temperatura do ar, ocorridas nos locais estudados durante a realização dos experimentos no ano agrícola 2014/2015.

Fonte: INMET (2015).

Tabela 1. Composição química e física do solo tipo Latossolo Vermelho Distroférico típico (0-0,20 m) nos locais estudados antes da instalação do experimento, durante o ano agrícola 2014/2015.

Atributos		Locais	
		Lavras	Inconfidentes
Químicos			
pH	H ₂ O	5,7	5,9
Ca ²⁺		3,3	2,9
Mg ²⁺		0,6	0,6
Al ³⁺	cmol _c /dm ³	0,2	0
H ⁺ +Al ³⁺		4,0	2,8
SB		4,2	3,9
P		24,6	41,8
K		116,0	121,6
Zn ²⁺		2,6	5,6
Mn ²⁺	mg/dm ³	20,6	8,4
Cu ²⁺		0,08	0,01
B		0,2	0
Fe ²⁺		54,3	25,6
S		9,0	-
MO	dag/kg	2,2	3,4
V	(%)	83,5	58,0
Físicos			
Argila		64	64
Silte	dag/kg	20	12
Areia		16	24
Classe de textura	-	Argiloso	Argiloso

H + Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados completos, dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram compostas por quatro densidades populacionais (300, 400, 500 e 600 mil plantas por hectare) e, as subparcelas foram compostas por seis cultivares (BMX Força RR, CD 250 RR, FMT 08 – 60.346/1, NA 5909 RR, TMG 7161 RR e V – TOP RR) fornecidas por várias empresas. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de semeadura de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, tendo a área de cada parcela 10m² (5 m x 2 m) e como área útil foi considerada as duas fileiras centrais com a eliminação de 0,50 m nas extremidades das mesmas.

Durante o desenvolvimento das plantas, para o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças foram utilizados os produtos: Glyphosate, Piraclostrobina + Epoxiconazol, azoxistrobina + ciproconazole, Teflubenzurom, Clorpirifós e Cipermetrina.

Na época da colheita, foram avaliados os seguintes caracteres: a) inserção do primeiro legume - mensurada por meio da distância do solo até o primeiro legume da planta (cm), avaliando-se cinco plantas aleatórias por parcela; b) altura de plantas - obtida por meio da distância do solo até o ápice da planta (cm), avaliando-se cinco plantas aleatórias por parcela; c) índice de colheita (IC) - determinado pela expressão $ICG = \text{produtividade de grãos} / \text{produtividade de grãos} + \text{palha}$; e) número de legumes e f) número de grãos por vagem – contagem manual de cinco plantas por parcela; g) produtividade de grãos - padronizada para umidade dos grãos de 13% em Kg ha⁻¹.

Foi realizada uma análise de correlação de Pearson pelo teste t ao nível de 5 e 1% de significância para relacionar o grau de dependência entre as variáveis. Em seguida, procedeu-se a análise de trilha, verificando os efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de acordo com o método proposto por Wright (1921). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2013). Antes da análise de trilha, foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade, conforme pormenorizado em Cruz e Regazzi (1997).

O grau de multicolinearidade da matriz de correlações, entre as variáveis independentes do modelo de regressão, foi estabelecido com base em seu número de condições, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação fenotípica. Assim, quando o número de condições é menor que 100, a multicolinearidade é fraca e não ocasiona problema para a análise; quando se situa entre 100 e 1.000, a multicolinearidade é de moderada a forte; e quando é maior que 1.000, a multicolinearidade é severa (MONTGOMERY et al., 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a fonte de variação densidade de plantas observou-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) apenas para o índice de colheita e número de legumes por planta (Tabela 2). Com exceção da produtividade de grãos e número de grãos por legumes, as

demais variáveis não foram influenciadas significativamente pelo local de produção. Já, para o fator cultivares as variáveis produtividades de grãos, altura de plantas, número de legumes por planta e número de grãos por legumes foram significativamente influenciadas ($p < 0,01$). A interação densidade x local foi significativa apenas para os caracteres número de legumes por planta. Na interação local x cultivar, observou-se diferenças estatísticas apenas para a produtividade de grãos, a inserção do primeiro legume e o número de legumes por planta. Para as interações cultivar x densidade e densidade x cultivar x local não houve efeito significativo em nenhum caráter. Em relação a precisão experimental, constatou-se que os coeficientes de variação foram de baixa a média magnitude (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância conjunta (Quadrados médios) para os caracteres produtividade de grãos (P), altura de plantas (AL), altura de inserção do primeiro legume (AI), índice de colheita (IC), número de legumes por planta (NL) e número de grãos por vagem (NGL) nos locais estudados durante a realização dos experimentos no ano agrícola 2014/2015.

Fontes de variação	GL	P	AL	AI	IC	NL	NGL
Densidades (D)	3	273138,3	190,3	16,4*	0,001	2443,4*	0,15
Repetição (A)	4	81768,9	290,1	15,1	0,008	235,5	0,1
Ambiente	1	883535,7	37765,4*	186,7*	0,005*	1501,2*	0,03
D x A	3	488633,6	45,5	10,5	0,001	315,6*	0,01
Erro A	12	298912,7	76,3	4,3	0,0008	89,1	0,06
Cultivares (C)	5	2062902,7*	977,5*	14,3	0,003	921,0*	0,27*
C x D	15	172436,7	67,2	5,6	0,0012	123,7	0,03
C x A	5	490201,6*	38,2	18,7*	0,001	162,4	0,25*
C x D x A	15	133464,7	44,6	9,5	0,001	142,0	0,06
Erro B	90	190563,3	46,5	6,2	0,002	193,1	0,07
CV 1 (%)	-	19,8	12,0	13,6	6,4	18,8	13,7
CV 2 (%)	-	15,8	9,3	16,3	10,3	22,1	14,6
Média Geral	-	2753,2	72,8	15,2	0,4	50,1	1,8

GL – Graus de Liberdade; CV – Coeficiente de variação. * significativo a 1% pelo teste F.

A associação entre características agrônômicas é importante pois permite verificar o grau de interferência de uma característica sobre outra de interesse econômico, bem como praticar a seleção indireta (ZUFFO et al., 2016). Neste contexto, o coeficiente de correlação de Pearson é utilizado para expressar o grau de associação entre duas variáveis numéricas. Segundo Nogueira et al. (2012) para interpretar as correlações, deve-se considerar três fatores: a magnitude, a direção e a significância. Os autores relatam ainda que as estimativas de coeficiente de correlação positivas indicam a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta e, as correlações negativas indicam tendência de uma variável aumentar enquanto a outra diminui.

Os valores obtidos para a correlação de Pearson (Tabela 3) indicam que houve associação positiva e significativa entre a produtividade de grãos (PD) com a altura das

plantas (AP), a inserção do primeiro legume (IPL) e com o número de legumes por planta (NL); e também, da altura das plantas (AP) com a inserção do primeiro legume (IPL) e número de legumes por planta (NLP). Esses resultados de correlação assemelham aos obtidos por (NOGUEIRA et al., 2012). Os autores ao avaliar cultivares de soja em duas épocas de semeadura (fevereiro e dezembro), verificaram que a correlação entre a produtividade dos grãos e o número de legumes por plantas foram altas, positivas e significativas.

Tabela 3. Correlação simples entre seis caracteres agronômicos de cultivares de soja.

Variables (+)	PD	AP	IPL	IC	NL
AP	0,783**				
IPL	0,343*	0,646**			
IC	-0,321*	-0,275 ^{ns}	-0,235 ^{ns}		
NL	0,614**	0,551**	0,157 ^{ns}	-0,015 ^{ns}	
NGL	0,162 ^{ns}	0,079 ^{ns}	-0,003 ^{ns}	-0,205 ^{ns}	0,011 ^{ns}

(+) AP - altura da planta; IPL - inserção de primeiro legume; IC - índice de colheita; NL - número de legumes por planta; NGL - número de grãos por legumes; PD - produtividade. * e ** significativo a 5% e 1% respectivamente; ns - não significativo.

Assim, pode-se inferir que existe potencial da seleção indireta para produtividade de grãos por meio da avaliação do número de legumes por planta, independentemente da cultivar e densidade de plantas que foi utilizada. Parte das razões para altas correlações é devido o pleiotropismo ou ligação, no qual o gene pode influenciar na expressão de mais de um característica (FALCONER e MACKAY, 1996). Esta informação é útil no melhoramento de plantas, pois permite a seleção simultânea de dois ou mais caracteres, pela seleção em apenas um destes (NOGUEIRA et al., 2012).

Observou-se associação negativa e significativa entre a produtividade dos grãos (PD) e, o índice de colheita dos grãos (IC) (-0,321), contudo, de magnitudes inferiores a 0,70 indicando relação inversamente proporcional entre estas variáveis. Resultados diferentes foram obtidos por Showkat e Tyagi (2010) e Petter et al. (2014) que observaram correlações altas, significativas e positivas entre índice de colheita e a produtividade de grãos.

Sabe-se que o coeficiente de correlação mensura apenas as relações lineares, mas pode haver alta determinação entre as variáveis do tipo não linear. Uma alta correlação não implica em uma relação de causa e efeito entre as variáveis analisadas. Nesse sentido, a correlação é uma medida de associação não sendo possível inferir sobre as relações de causa e efeito (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). Portanto, deve-se realizar a análise de trilha, a qual investiga as relações de causa e efeito e fornece os coeficientes fenotípicos.

Todavia, anteriormente à análise de trilha, foi avaliada a multicolinearidade pelo número de condição das matrizes de correlações fenotípicas. Na multicolinearidade ao utilizar o teste dos autovalores e autovetores da matriz de correlação nas variáveis independentes primárias desse modelo, observou-se que o número de condições foi de

309,28 (NC = 309,28), ou seja, uma multicolinearidade moderada a forte. Dessa forma, foi utilizada a regressão em crista (HOERL e KENNARD, 1970) para a estimação dos coeficientes do modelo, e assim, contornar os efeitos da multicolinearidade. Com isso, adotou-se o valor de $k=0,07$ para a estimação dos coeficientes de trilha. Devido à presença de multicolinearidade de moderada a forte, estes mostraram-se instáveis à medida que K aumentou a se estabilizar no valor $k=0,07$.

As estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes de correlação fenotípica entre os componentes primários altura da planta, inserção de primeiro legume, índice de colheita, número de legumes por planta, número de grãos por legumes sobre a variável produtividade dos grãos da soja cultivadas em diferentes densidades de plantas é demonstrada na Figura 2.

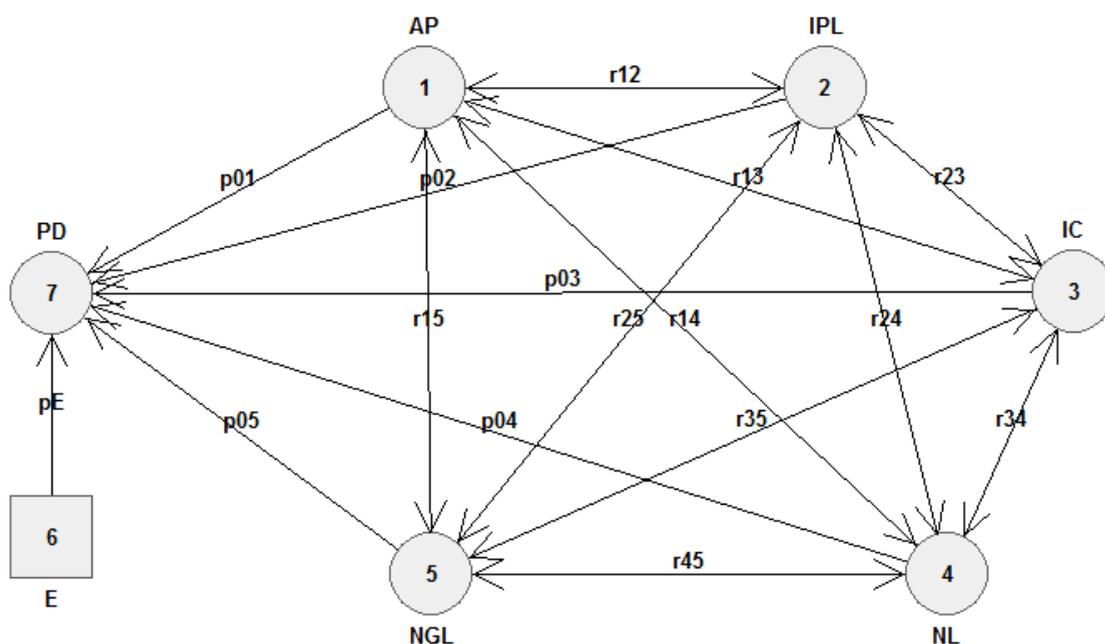


Figura 2. Demonstração esquemática dos coeficientes de correlação fenotípica entre os componentes primários altura da planta (AP), inserção de primeiro legume (IPL), índice de colheita (IC), número de legumes por planta (NL), número de grãos por legumes (NGL) sobre a variável produtividade de grãos (PD) da soja cultivadas em diferentes densidades de plantas.

O desdobramento das correlações fenotípicas em componentes de efeito direto e indireto das variáveis explicativas sobre a produtividade encontra-se na Tabela 4. O valor de inflação de variância ficou abaixo de dez, sendo assim, a análise de trilha é válida após usar um valor de $k = 0,07$. O auto valor do coeficiente de determinação (R^2) no modelo da análise de trilha (0,847) e o baixo efeito da variável residual (0,390) demonstraram que o modelo explicativo adotado expressou a relação causa efeito das variáveis primárias e a produtividade de grãos em soja. Assim pode-se inferir que mais de 84% da variação observada na produtividade de grãos pode ser explicada pelos caracteres indiretos.

Tabela 4. Desdobramento das correlações fenotípicas em componentes de efeito direto e indireto das variáveis independentes explicativas AP, IPL, IC, NL e NGL sobre a variável dependente principal PD.

Variáveis primárias	Vias de associação	Estimador	Estimativa	VIF
AP	Efeito direto sobre PD	p01	-0.083	3.65
	Efeito indireto via IPL	p02.r12	0,161	1.82
	Efeito indireto via IC	p03.r13	0,052	0.04
	Efeito indireto via NL	p04.r14	-0.129	0.02
	Efeito indireto via NGL	p05.r15	0.469	6.02
	Total	r01	0.464	
IPL	Efeito direto sobre PD	p02	0.255	5.22
	Efeito indireto via AP	p01.r12	-0.053	1.28
	Efeito indireto via IC	p03.r23	-0.028	0.01
	Efeito indireto via NL	p04.r34	-0.38	0.23
	Efeito indireto via NGL	p05.r25	0.487	6.5
	Total	r02	0.298	
IC	Efeito direto sobre PD	p03	-0.277	1.45
	Efeito indireto via AP	p01.r13	0.015	0.11
	Efeito indireto via IPL	p02.r23	0.026	0,04
	Efeito indireto via NL	p04.r34	0.152	0,03
	Efeito indireto via NGL	p05.r35	-0.100	0,27
	Total	r03	-0.202	
NL	Efeito direto sobre PD	p04	0.885	1,43
	Efeito indireto via AP	p01.r14	0.012	0,06
	Efeito indireto via IPL	p02.r24	-0.109	0,84
	Efeito indireto via IC	p03.r34	-0.047	0,03
	Efeito indireto via NGL	p05.r45	-0.215	1,27
	Total	r04	0.586	
NGL	Efeito direto sobre PD	p05	0.541	9,17
	Efeito indireto via AP	p01.r15	-0.072	2,40
	Efeito indireto via IPL	p02.r25	0.229	3,69
	Efeito indireto via IC	p03.r35	0.051	0,04
	Efeito indireto via NL	p04.r45	-0.352	0,19
	Total	r05	0.435	
Coeficiente de determinação (R^2)			0,847	
Valor de k usado na análise			0,07	
Efeito da variável residual		pE	0,390	

AP - altura da planta; IPL - inserção de primeiro legume; IC - índice de colheita; NL - número de legumes; NGL - número de grãos por legumes, PD - produtividade.

O número de legumes (NL) foi a variável que mais influenciou a produtividade da soja, pois apresentou a maior estimativa de efeito direto de 0,885, sendo maior que o efeito residual (0,390) (Tabela 4). O número de grãos por legume (NGL) foi a segunda variável que mais teve influência sobre a produtividade da soja, pois apresentou alto efeito direto (0,541) sobre PD (Tabela 4). Esses resultados corroboram com os obtidos por Nogueira et al. (2012), os quais verificaram maiores efeitos diretos fenotípicos sobre a produtividade de grãos para o número de legumes por planta, peso de 100 grãos e número de grãos por legume.

Portanto, a seleção de cultivares de soja precoce com maior número de legumes por plantas resultará na seleção indireta de genótipos com maior produtividade de grãos. Tais relatos também foram reportados por Mohammand e Bahman (2010), Alcantara Neto et al. (2011) e Nogueira et al. (2012).

A variável inserção de primeiro legume (IPL) apesar de apresentar baixa estimativa de efeito direto (0,255) sobre a produtividade de grãos da soja, exerceu efeito indireto via número de grãos por legumes (0,487), sendo seu coeficiente maior que o efeito residual (Tabela 4). Resultados obtidos por Alcantara Neto et al. (2011), verificaram que a característica altura da primeira vagem foi a que menos teve correlações com as variáveis altura de plantas, número de nós por planta e número médio de legumes por planta, e com os menores efeitos diretos e indiretos sobre produção de matéria seca, peso médio de 100 grãos e produção total de grãos por planta, demonstrando ser esta uma variável que apresenta pouca relação causa e efeito sobre as variáveis estudadas. Entretanto, verificou-se neste estudo que a IPL da soja cultivada sob diferentes densidades de plantas, é uma variável que pode ser usada na seleção indireta para a produtividade de grãos via NGL. O efeito direto da altura das plantas (AP) (-0,083) sobre a produtividade de grãos foi negativo e baixo, indicando uma baixa contribuição dessa característica no rendimento de grãos (Tabela 4).

Os caracteres agronômicos altura de plantas, inserção de primeiro legume e índice de colheita apresentaram efeitos diretos na produtividade dos grãos abaixo do efeito residual. Assim, estes caracteres não devem ser utilizados para a seleção direta. Petter et al. (2014), verificaram que a altura da soja na floração, peso seco da parte aérea na floração e o número de legumes por planta não influenciam diretamente na produtividade, corroborando em parte aos resultados obtidos neste estudo.

CONCLUSÃO

O número de legumes por planta independentemente da densidade de plantas de soja culminará em maior efeito favorável sobre a produtividade de grãos em soja.

Os caracteres agronômicos número de legumes por planta e o número de grãos por legumes são os componentes que apresentam maiores efeitos diretos sobre a produtividade de grãos de soja.

O número de legumes por planta exerce forte efeito indireto sobre a produtividade dos grãos via altura da planta e índice de colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA NETO, F.; GRAVINA, G. A.; SOUSA, N. O. S.; MONTEIRO, M. M.; MORAIS, F. B.; PETTER, F. A.; ALBUQUERQUE, J. A. A. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 2, n. 2, p.107-112, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p.1215-1226, 2015.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999, 359 p.

CHARNET, R.; BONVINO, H.; CHARNET, E. M. R.; FREIRE, C. A. L. **Análise de modelos de regressão linear com aplicações**. Campinas: Unicamp, 2008. 356 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira 2016/2017**. v. 4, n. 12. Brasília: Conab, 2017. 158 p.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

DUTRA, L. M. C.; LUDWIG, M. P.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; LISBOA, J. I.; UHRY, D.; ZABOT, M.; JAUER, A., STRECK, R. D. População de plantas em soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 35, 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2007. p. 95. CD-ROM.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados Meteorológicos, 2015**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Essex: Longmans Green, 1996. 464 p.

GONÇALVES, M. C.; CORREA, A. M.; DESTRO, D. Correlations and path analysis of common bean grain yield and its primary components. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 3, p.217-222, 2003.

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

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p.175-181, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 2006. 640 p.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p.877-888, 2012.

NOGUEIRA, P. A. G.; ZOZ, T.; NUNES, J. G. S.; FILHO, P. R. R.; VENTURINI, G. C. Correlação e análise de trilha de produtividade de grãos e seus componentes e caracteres de planta em milho. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DAS FACULDADES INTEGRADAS DE OURINHOS, 12, 2013, Ourinhos. **Anais...** Ourinhos: FIO/FEMM, 2013. p. 20. CD-ROM.

PETTER, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F. D.; BARROS, W. S.; ALMEIDA, F. A.; PACHECO, L. P.; LIMA, L. B.; GRAVINA, G. D. A. Phenotypic correlations and path analysis of soybean production components in the Brazilian cerrado of Piauí state. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p.273-279, 2014.

MOHAMMAD, S.; BAHMAN, A. Sequential path model for grain yield in soybean. **Notulae Scientia Biologicae**, Cluj- napoca, v. 2, n. 3, p.101-109, 2010.

SHOWKAT, M. TYAGI, D. Correlation and path analysis of some quantitative traits in soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Research Journal of Agricultural Sciences**, Timișoara, v. 1, n. 3, p.102-106, 2010.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

ZUFFO, A. M.; GESTEIRA, G. S.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; ANDRADE, F. R.; SOARES, I. O.; ZAMBIAZZI, E. V.; GUILHERME, S. R.; SANTOS, A. S. Caracterização biométrica de frutos e sementes de mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler) e de inajá (*Attalea maripa* [Aubl.] Mart.) na região sul do Piauí, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 1, p.455-472, 2016.

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