

Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agrônômicos em linhagens F8 de soja

Wallace de Sousa Leite^{1*}, Bruno Ettore Pavan², Carlos Humberto Aires Matos Filho³, Francisco de Alcantara Neto⁴, Cleidismar Barbosa de Oliveira³, Fabiano Soares Feitosa³

¹Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil

²Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, Brasil

³Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí, Brasil

⁴Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil

*Autor correspondente, e-mail: leitewallace@hotmail.com

Resumo

O presente estudo teve como objetivo estimar parâmetros genéticos e fenotípicos e fornecer subsídios para programas de melhoramento visando a seleção dos caracteres principais de avaliação em soja. O experimento foi instalado na fazenda Sabiá, localizada na Serra das Laranjeiras, no município de Currais, Piauí, na safra 2011/2012. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com 27 genótipos e três repetições. Foram avaliados os caracteres agrônômicos altura de plantas no florescimento (APF) e na maturidade (APM), altura de inserção da vagem (AIV), produtividade de grãos (PG), número de nós (NN) e número de vagem (NV). Os coeficientes de herdabilidade foram de médios a altos para todos os caracteres, variando entre 0,53 a 0,94, para produtividade de grãos e altura da planta no florescimento respectivamente. Estas altas herdabilidade foram confirmadas pelos altos coeficiente de variação genético e a razão CVg/CVe, indicando que a perspectiva de sucesso pela seleção fenotípica é grande. As maiores correlações genotípicas positivas e significativas a ($P < 0,01$) foram observadas entre produtividade de grãos com os caracteres número de nós (0,807**), e número de vagens (0,781**), indicando que a seleção de plantas com maior número de nós e de vagens resultaria em plantas mais produtivas. O índice base de Williams apresentou a maior porcentagem de ganho com a seleção para o caráter produtividade de grãos (21,84%).

Palavras-chave: Correlações genéticas, critérios de seleção, *Glycine max*, herdabilidade, produtividade de grãos

Genetic parameters estimation, correlations and selection indexes for six agronomic traits in soybean lines F8

Abstract

This study aimed to estimate genetic and phenotypic parameters and provide knowledge for breeding programs aiming at the selection of the main characters of assessment in soybeans. The experiment was installed in Sabia farm, located at 'Serra das Laranjeiras', in the municipality of Currais, Piauí, Brazil, during the 2011/2012 crop year using a randomized block design with 27 genotypes and three repetitions. The evaluated variables were: height at flowering (APF), height at maturity (APM), pod insertion height (AIV), grain yield (PG), number of nodes (NN) and number of pods (NV). The obtained heritability coefficients were from medium to high, for all evaluated characters, ranging from 0.53 to 0.94, for grain yield and plant height at flowering, respectively. These high heritability were confirmed by the high degree of genetic variation and the CVg/CVe ratio, indicating a high prospect of success for the phenotypic selection. The higher positive genetic correlations and the significant ($P < 0.01$) were observed between grain yield and the variables number of nodes (0.807**) and number of pods (0.781**), indicating that the selection of plants with higher number of nodes and pods could result in more productive plants. The Williams-based index presented the highest percentage of gain with the selection for the grain yield (21.84%) variable.

Keywords: genetic correlations, selection criteria, *Glycine max*, heritability, grain yield

Recebido: 25 Outubro 2015

Aceito: 21 Fevereiro 2016

Introdução

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é atualmente uma das leguminosas mais cultivadas no mundo, fato explicado por ocupar lugar de destaque na indústria de alimentos, com a oferta de óleo para consumo humano e farelo rico em proteína para a alimentação animal, e outras utilizações industriais que suprem muitas das necessidades nutricionais da população mundial (Vasconcelos et al., 2008; Paiva et al., 2006).

Para o melhoramento genético de plantas, o sucesso reside na existência de variabilidade genética para seleção de genótipos superiores. Os indivíduos selecionados devem reunir simultaneamente, uma série de atributos favoráveis para elevar o rendimento e satisfazer as exigências do mercado. Contudo, selecionar progênies superiores não é tarefa fácil, uma vez que os caracteres de importância agrônômica, em sua maioria apresentam baixa herdabilidade (Bárbaro et al., 2009; Cruz, 2013).

A seleção ao nível de genótipo deve ser priorizada, facilitando a seleção de caracteres de baixa herdabilidade. Por tanto o conhecimento do comportamento associativo e das correlações genéticas existentes entre caracteres de interesse, permite identificar variáveis que possam ser utilizadas na seleção indireta sobre outra variável, como a produtividade de grãos, principalmente quando a herdabilidade do caráter principal é baixa (Bárbaro et al., 2007; Almeida et al., 2010; Hamawaki et al., 2012; Nogueira et al., 2012). A estimativa de herdabilidade, ganho genético e correlações genéticas permitem ao melhorista a escolha da melhor estratégia de melhoramento (Hamawaki et al., 2012).

A seleção simultânea de um conjunto de caracteres de expressividade econômica aumenta a chance de êxito de um programa de melhoramento (Rezende et al., 2014; Vasconcelos et al., 2010). Desse modo, o índice de seleção constitui-se num caráter adicional, estabelecido pela combinação linear de vários caracteres, que permite efetuar, com eficiência, a seleção simultânea (Cruz, 2013).

A obtenção de genótipos de soja que podem ser altamente produtivos em

um determinado estado e / ou região é crucial para elevar o rendimento de grãos da cultura (Hamawaki et al., 2010). Dessa forma a discriminação das melhores estratégias de seleção de genótipos de soja é de grande importância para obtenção de maiores ganhos genéticos nos programas de melhoramentos, visando boa performance produtiva, aliada a outras características de interesse nos genótipos selecionados.

Diante da importância da cultura da soja e da demanda de cultivares mais produtivas é interessante o conhecimento da relação entre os caracteres agrônômicos e o estudo de índices visando obter-se melhor predição de ganhos e maior eficiência no processo seletivo. O objetivo desse estudo foi obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos fornecendo subsídios para programas de melhoramento visando a seleção dos caracteres principais de avaliação em soja.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na fazenda Sabiá (Latitude 08° 36' 25"S, Longitude 44° 38' 49"W e Altitude de 569 metros) localizada na Serra das Laranjeiras, no município de Currais – PI, na safra 2011-2012. No período de dezembro de 2011 a abril de 2012, em delineamento experimental em blocos casualizados com 27 genótipos e três repetições.

Os tratamentos foram compostos de 27 genótipos codificados, sendo estes linhagens F8, provenientes do Programa de Melhoramento Genético da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), as quais estavam sendo avaliadas em ensaios de VCU (valor de cultivo e uso), no estado do Piauí, por pesquisadores da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Os genótipos foram avaliados em delineamento experimental de blocos ao acaso e a unidade experimental foi representada por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas por 0,45 m. Na colheita, foram desprezados 0,5 m da extremidade de cada fileira central. A área útil da parcela foi representada pelas duas fileiras centrais que constitui 3,6 m². Em cada parcela, foram avaliadas seis plantas, coletadas ao acaso dentro da área útil.

Foram realizadas operações de aração, gradagem e a adubação de plantio foi realizada conforme as exigências da cultura, após análise de solo.

A densidade de semeadura foi realizada com o intuito de se obter de 12 a 15 plantas por metro linear. A semeadura foi realizada no dia 15 do mês de dezembro de 2011 e a colheita após os 119 dias.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado à medida que se fizerem necessário.

Foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos: altura da planta no florescimento (APF): distância em medida a partir da superfície do solo até o ápice da haste principal da planta, quando 50% das plantas da parcela estiver com uma flor aberta (cm); altura da planta na maturidade (APM): corresponde a altura mensurada do colo da planta até o ápice da haste principal avaliado no estágio R8 (cm); altura de inserção da primeira vagem (AIV): altura mensurada do colo da planta até a inserção da primeira vagem avaliado no estágio R8; número de dias para a maturidade (NDM): número de dias contados à partir da emergência até que as plantas apresentem 95% das vagens com maturação completa estágio R8; produtividade de grãos (PG): obtido por meio da pesagem dos grãos produzidos pelas plantas da área útil da parcela, corrigido para 13% de umidade, convertido em kg ha⁻¹; número de nós (NN): obtido por meio da contagem do número de nós das plantas; número de vagens (NV): obtido por meio da contagem das vagens totais das plantas.

Com base na avaliação do caráter número de dias para a maturidade, o ciclo de todos os genótipos avaliados foi de aproximadamente 112 dias.

As herdabilidade estimadas neste estudo referem-se à herdabilidade no sentido restrito, já que os genótipos se encontram em gerações avançadas (F8), em que toda a variância pode ser considerada de natureza aditiva e aditiva x aditiva. O coeficiente de herdabilidade foi calculado com uso da fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

Em que:

h^2 = Estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido restrito;

σ_g^2 = Estimativa da variância genotípica;

σ_f^2 = Estimativa da variância fenotípica

O cálculo do coeficiente de variação genética foi obtido com uso da seguinte fórmula:

$$CV_g = \frac{\sigma_g}{m} \times 100$$

Em que:

CV_g = coeficiente de variação genética;

σ_g = estimativa do desvio-padrão genotípico;

m = média observada da característica.

Razão $\frac{CV_g}{CV_e}$

O quociente $\frac{CV_g}{CV_e}$ representa uma

informação muito importante para o melhorista e, pois quando atinge o valor 1,0 ou mais, indica uma situação muito favorável para a seleção.

O ganho com a seleção é a diferença entre o valor genotípico médio das plantas selecionadas e o valor genotípico médio da população original, para um determinado caráter (Allard, 1974).

A estimativa do ganho esperado com a seleção foi efetuada por meio da fórmula:

$$G_{si} = h^2 i \times D_{si}$$

$$D_{si} = X_{si} - X_{0i}$$

Em que:

G_{si} = Ganho genético estimado com a seleção para o caráter i;

$h^2 i$ = Herdabilidade no sentido restrito para o caráter i;

D_{si} = Diferencial de seleção para caráter i;

X_{si} = Média da população selecionada para o caráter i;

X_{0i} = Média da população – base para caráter i;

Foram estimados coeficientes de correlação fenotípicas, genotípicas e de ambiente (Falconer, 1987), sendo usado o test t para verificar o nível de significância das correlações. Estas foram estimadas para definir os caracteres correlacionados como principais em critérios de seleção.

Em seguida foram aplicadas as

metodologias de índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), índice da soma de "ranks" de Mulamba & Mock (1978), índice base de Willians (1962), índice dos ganhos desejados de Pesek & Baker (1969), com intensidade de seleção de 18,5%. Todas as análises genéticas e estatísticas foram processadas por meio do aplicativo computacional Genes (Cruz, 2013).

Resultados e Discussão

A análise de variância (Tabela 1) apresenta diferenças significativas para todos os caracteres avaliados a 1% de probabilidade, indicando a existência de variabilidade genética entre o grupo de 27 genótipos em estudo. Entre os caracteres analisados, o caráter produtividade de grãos apresentou o maior coeficiente de variação, seguido por número de vagens por planta, com valores de 30,79% e 24,94% respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância dos caracteres altura de plantas no florescimento (APF) e na maturidade (APM) e altura de inserção da primeira vagem (AIV) em cm, produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹, número de nós (NN) e número de vagens (NV), em 27 genótipos de soja precoce, no município de Currais – PI, no ano agrícola 2011/2012

FV	GL	Quadrado médio					
		APF	APM	AIV	PG	NN	NV
Bloco	2	5,07	60,61	7,26	257589,36	0,8	643,78
Genótipos	26	190,12**	188,96**	14,25**	547502,66**	4,95**	862,35**
Resíduo	52	10,79	27,36	2,64	253172,98	0,77	217,93
Média		35,15	51,52	12,56	1633,77	11,7	59,17
CVe (%)		9,34	10,15	12,95	30,79	7,51	24,94
ESTIMADORES		Estimativas dos parâmetros genéticos					
		APF	APM	AIV	PG	NNP	NVP
h ² (%)		0,94	0,85	0,81	0,53	0,84	0,74
CVg (%)		21,99	14,24	15,65	19,17	10,08	24,76
CVg/CVe (%)		2,35	1,40	1,20	0,62	1,34	0,99

h²: Coeficiente de herdabilidade; CVg: Coeficiente de variação genético; CVg/CVe: Razão; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Coeficiente de variação acima de 30% é considerado muito alto para produtividade de grãos, neste caso pode ter ocorrido uma dispersão alta dos dados experimentais insuflando o erro, talvez causado por parcelas perdidas, stand muito baixo, ou até mesmo a diferença genética e fenotípica entre os materiais em estudo ser bem grande. Fatores de correção, ajustes de stand e estimativa de parcelas perdidas poderá ajudar na diminuição do erro experimental. Elevado coeficiente de variação também pode ser explicado pelo fato, de serem caracteres quantitativos controlados por muitos genes e altamente afetados pelo ambiente (Costa et al., 2008)

Os valores estimados em relação aos coeficientes de herdabilidade para todos os caracteres apresentaram alta variação, variando entre 0,53 a 0,94 (Tabela 1), indicando que a perspectiva de sucesso pela seleção fenotípica é grande, o que pode ser confirmado com os valores obtidos próximos de 1 no quociente CVg/CVe, para todos os caracteres.

Isso indica que se podem obter, na seleção de genótipos superiores, ganhos genéticos mais expressivos. Quando o quociente estimado for maior ou igual a 1 a variação genética disponível é a maior responsável pela variação estimada dos dados experimentais. A razão CVg/CVe pode ser empregada como um índice indicativo do grau da facilidade de seleção dos genótipos para cada caráter.

Para produtividade de grãos, a herdabilidade estimada foi de 53% (Tabela 1), em relação aos demais caracteres avaliados foi o menor coeficiente de herdabilidade, o que pode ser atribuído ao comportamento quantitativo, em função de um grande número de loci que o controla, pois sofre grande influência do ambiente (Bárbaro et al., 2009; Hamawaki et al., 2012).

A herdabilidade no sentido restrito indica que parte da variabilidade presente é devido a genética, assim a seleção praticada em caracteres que apresentem média e alta herdabilidade podem acarretar num aumento

da variância genética aditiva. Lembrando que nesse caso é uma geração homocigota de uma população endogâmica, caminhando para uma estabilidade genética.

O coeficiente de variação genético (CVg) é um parâmetro importante que permite inferir sobre a magnitude da variabilidade genética presente na população para um determinado caráter (Ferrão et al., 2008). No presente trabalho tais valores genéticos apresentaram variando de 14,24 a 24,76% para todos os caracteres, isso demonstra que existe variabilidade para os caracteres avaliados (Tabela 1).

Valores de médios a altos para coeficiente de herdabilidade e coeficiente de variação genético estão associados a uma maior variabilidade genética, maior acurácia seletiva e possibilidade de selecionar com sucesso

linhagens de soja com boas características agronômicas (Storck & Ribeiro, 2011).

Na interpretação de correlações, três aspectos devem ser considerados: a magnitude, a direção e a significância. Estimativas de coeficiente de correlações positivas indicam a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta, correlações negativas indicam tendência de uma variável aumentar enquanto a outra diminui (Nogueira et al., 2012). Na Tabela 2, as correlações genotípicas apresentaram, igual sinal e, na maior parte dos casos, valores superiores às suas correspondentes correlações fenotípicas, indicando que a maior contribuição no desenvolvimento das associações entre caracteres é devido a fatores genéticos. Dessa forma a expressão fenotípica é diminuída ante as influências do ambiente (Arshad et al., 2006; Almeida et al., 2010; Showkat & Tyagi, 2010).

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (rf), genotípica (rg) e ambiental (ra) entre caracteres agronômicos avaliados em 27 genótipos de soja precoce, no município de Currais – PI, no ano agrícola 2011/2012

Caracteres		APM	AIV	PG	NN	NV
APF	Rf	0,072	0,464**	0,127	0,172	0,394*
	Rg	0,073	0,489**	0,157	0,192	0,485**
	Ra	0,073	0,345*	0,097	-0,009	0,110
APM	Rf		0,250	0,003	0,483**	0,029
	Rg		0,261	0,233	0,521**	0,040
	Ra		-0,197	0,597**	-0,269	-0,013
AIV	Rf			0,182	0,046	0,137
	Rg			0,119	0,065	0,188
	Ra			0,354*	0,043	0,045
PG	Rf				0,545**	0,571**
	Rg				0,807**	0,781**
	Ra				0,006	0,224
NN	Rf					0,378*
	Rg					0,326*
	Ra					0,603**

* APF: altura de plantas no florescimento; APM: altura de planta na maturidade; AIV: altura de inserção da primeira vagem; PG: produtividade de grãos; NNP: número de nós por planta; NVP: número de vagens por planta; * e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste t.

Correlação genotípica positiva e significativa ($P < 0,01$) foi observada, entre o caráter altura da planta no florescimento com os caracteres altura de inserção da primeira vagem (0,489**), e número de vagens por planta (0,485**) (Tabela 2), indicando que a seleção de plantas com maior altura na floração resultaria em plantas com a inserção da primeira vagem mais alta e com maior número de vagens por planta. A altura da planta na floração é uma característica favorável e fundamental quando se busca genótipos com maior precocidade, pois

esta exerce elevada contribuição na produção de grãos via número de vagens por planta.

O caráter altura da planta na maturidade apresentou correlação genotípica positiva e significativa ($P < 0,01$) com número de nós por planta (0,521**) (Tabela 2), revelando que a seleção de plantas mais alta na maturidade resultariam em plantas com maior quantidade de nós. De acordo com Alcântara Neto et al. (2011), estes dois caracteres têm grande efeito indireto sobre a produtividade de grãos da soja via número de vagens, sendo o número de vagens

uma possibilidade no melhoramento da soja, para selecionar indiretamente produtividade.

Foi observada correlação genotípica positiva e significativa ($P < 0,01$) entre o caráter produtividade de grãos com os caracteres número de nós por planta ($0,807^{**}$), e número de vagens por planta ($0,781^{**}$) (Tabela 2), indicando que a seleção de plantas com maior número de nós e de vagens resultaria em plantas mais produtivas. Esses resultados discordam dos obtidos por Nogueira et al. (2012), que não verificaram correlações genotípicas significativas entre o caráter produtividade de grãos com os caracteres número de nós por planta ($0,232^{ns}$), e número de vagens por planta ($0,239^{ns}$). Já Arshad et al. (2006), verificaram correlação genotípica positiva e significativa ($P < 0,01$) entre produtividade de grãos com número total de vagens por planta ($0,665^{**}$), semelhante a observada no presente estudo.

Caracteres que fazem parte dos componentes de produção como (número de nós e número de vagens), quanto maior o valor destes, maior será o valor da produtividade de grãos de genótipos de soja. O número de vagens por planta é um dos componentes de produção da soja que mais contribui diretamente na determinação da produtividade de grãos (Dallastra et al., 2014; Vianna et al., 2013).

Com base nos resultados observados no presente estudo a seleção direta para os caracteres altura da planta no florescimento e na maturidade, exercem efeito favorável com elevada contribuição na determinação da produtividade de grãos via número de vagens e número de nós respectivamente.

Os autores Arshad et al. (2006), concluíram que o caráter número de vagens por planta apresenta grande importância na determinação do rendimento de grãos. Alcântara Neto et al. (2011), concluíram que o número de vagens por planta foi o componente de produção que apresentou maior efeito direto sobre a produtividade de grãos. Segundo Almeida et al. (2010), os caracteres altura da planta na maturidade, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta, correlacionaram-se positivamente com a produtividade de grãos.

Uma das causas para altas correlações genéticas positivas pode ser, possivelmente, a ocorrência de pleiotropismo, no qual um mesmo gene influencia na expressão de mais de um caráter, favorecendo a seleção simultânea de dois ou mais caracteres, pela seleção em apenas um destes (Falconer & Mackay, 1996).

Correlação ambiental positiva e significativa ($P < 0,01$) foi observada entre os caracteres altura da planta na maturidade e produtividade de grãos ($0,597^{**}$), e entre número de nós por planta e número de vagens por planta ($0,603^{**}$) (Tabela 2), sendo estas superiores às suas correspondentes correlações fenotípicas, indicando que a expressão fenotípica é aumentada diante das influências do ambiente. Portanto o fator ambiental é o responsável pela associação entre esses caracteres. Correlação ambiental elevada pode ser explicada pelo fato de serem caracteres quantitativos controlados e expressados pelo um grande número de genes, por tanto sofrem grande interferência do ambiente.

Deve-se salientar que todas as estimativas de ganho de seleção, foram calculadas utilizando-se a herdabilidade no sentido amplo. Por se tratar de genótipos em geração avançadas, sendo a variância genotípica igual a duas vezes a variância aditiva. Em todos os índices utilizados foi realizada a seleção entre genótipos de soja, devido a distribuição da variância genética está predominantemente distribuída entre genótipos, sendo favorável a seleção, podendo resultar em ganho genético significativo diante da variabilidade existente (Bárbaro et al., 2007; Bárbaro et al., 2009).

Como os genótipos estudados encontram-se em geração avançada, na situação I considerou-se produtividade de grãos e os componentes de produção (número de nós e de vagens) como caracteres principais (Tabela 3), devido a alta correlação genotípica positiva entre estes apresentados no presente estudo. Para a situação II, todos os caracteres foram considerados como principais. Para todos os índices de seleção utilizados foi adotado peso econômico igual a 1, para a predição dos ganhos genéticos.

Tabela 3. Estimativas de ganhos com a seleção (GS%) obtidos para seis caracteres pelo índice clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943) (SH), índice da soma de "ranks" de Mulamba & Mock (1978) (MM), índice base de Williams (1962) (BW), índice dos ganhos desejados de Pesek & Baker (1969) (PB) em duas situações para 27 genótipos de soja precoce, no município de Currais – PI, no ano agrícola 2011/2012

Índice	Situação	GS%						
		APF	APM	AIV	PG	NN	NV	TOTAL
SH	I	3,05	-4,88	-1,2	16,71	-11,65	-24,02	-21,99
SH	II	3,05	-4,88	-1,2	16,71	-11,65	-24,02	-21,99
MM	I	5,85	4,05	0,27	1,44	6,46	18,83	36,9
MM	II	27,66	9,0	14,18	-2,01	0,6	9,09	58,52
BW	I	5,12	1,05	4,11	21,84	-9,15	-21,74	1,23
BW	II	5,12	1,05	4,11	21,84	-9,15	-21,74	1,23
PB	I	11,29	12,74	5,62	12,81	2,19	3,61	48,26
PB	II	3,22	1,89	2,38	-13,75	5,36	-1,65	-2,55

I. PG: produtividade de grãos em kg ha⁻¹, NN: números de nós e NV: número de vagens como caracteres principais; II. PG, NN, NV, APF: altura de plantas no florescimento e APM: altura de planta na maturidade, AIV: altura de inserção da primeira vagem, todos os caracteres como principais.

Para o índice clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943) e para o índice base de Williams (1962), considerando tanto os caracteres correlacionados como principais (situação I), como todos os caracteres como principais (situação II), os valores de ganhos genéticos totais e de todos os caracteres em ambas as situações foram iguais em cada índice (Tabela 3).

Com relação ao índice clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), nas duas situações foi observado ganhos totais negativos e com valores iguais de aproximadamente (-21,99%). Para os caracteres altura da planta no florescimento e produtividade de grãos os ganhos genéticos foram positivos (3,05%) e (16,71%) respectivamente (Tabela 3). Para o índice base de Williams, nas duas situações foram observados ganhos genéticos totais positivos e com valores iguais de aproximadamente (1,23%). O caráter produtividade de grãos apresentou o maior ganho genético positivo (21,84%) (Tabela 3).

O índice clássico e o índice base de Williams apresentaram os maiores ganhos genético para a produtividade de grãos (16,71%) e (21,84%), respectivamente. Rezende et al. (2014), concluíram que o índice clássico e o índice base de Williams foram os critérios de seleção que apresentaram os melhores ganhos para produtividade de grãos e distribuição de ganhos para outros caracteres na cultura do café.

O índice baseado na soma de "ranks" proporcionou maiores valores de ganhos totais, nas situações I e II (Tabela 3), cujas maiores

estimativas foram obtidas quando todos os caracteres foram considerados como principais, em virtudes da aquisição de ganhos mais distribuídos em todos os caracteres avaliados, resultados concordantes com (Bárbaro et al., 2007; Rosado et al; 2012; Vasconcelos et al., 2010). Foram observados ganhos genéticos maiores para altura da planta no florescimento (27,66%), quando considerado todos os caracteres como principais (situação II), e para número de vagens (18,83%) quando considerado apenas os caracteres correlacionados genotipicamente como principais (situação I).

O índice dos ganhos desejados de Pesek & Baker (1969), proporcionou alto valor de ganho total positivo, na situação I, em que foi considerado como principais apenas caracteres fortemente correlacionados (Tabela 3). Já considerando todos os caracteres como principais o ganho foi negativo. Neste índice o ganho genético para o caráter produtividade de grãos foi positivo de aproximadamente (12,81%), mas inferior aos ganhos obtidos pelo índice clássico e índice base de Williams nas duas situações.

O índice base de Williams é o critério mais adequado para a situação analisada, possibilitando melhorar a população estudada de soja e obter ganhos genéticos expressivos.

Os genótipos de soja codificados 25, 15, 10, 12 e 6, foram os selecionados, com destaque principalmente para o caráter produtividade de grãos (Tabela 4), utilizando o índice base de Williams, o critério de seleção mais satisfatório no presente estudo.

Tabela 4. Classificação dos genótipos selecionados por meio do índice base de Williams com aplicação de 18,5% de intensidade de seleção para os caracteres altura de plantas no florescimento (APF) e na maturidade (APM) e inserção da vagem (AIV) em cm, produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹, número de nós (NN) e número de vagens (NV), em 27 genótipos de soja precoce, no município de Currais – PI, no ano agrícola 2011/2012

genótipos	APF	APM	AIV	PG	NN	NV
G25	55,10	68,20	15,20	2.550,00	10,50	76,60
G15	30,00	59,70	14,40	2.362,90	11,10	62,80
G10	37,00	51,10	14,00	2.314,80	09,60	58,60
G12	31,70	40,20	12,40	2.159,20	11,00	49,60
G06	31,00	41,40	09,80	2.100,00	09,90	54,10

Os genótipos de soja selecionados foram os mais produtivos e apresentaram valores favoráveis para os componentes primários de produção, confirmando as altas correlações genéticas obtida entre produtividade de grãos com os caracteres número de nós e número de vagens.

Conclusões

Para todos os caracteres os coeficientes de herdabilidade e de variação genéticos, foram de médio a alto e conseqüentemente quocientes CVg/CVe foram próximos de 1, sendo estas condições satisfatórias para obtenção de ganhos genéticos expressivos com a seleção de genótipos superiores.

Os caracteres número de nós e número de vagens apresentaram altas correlações genotípicas e fenotípicas positivas com produtividade de grãos, sendo estes os caracteres que mais contribuíram para a determinação da produção de grãos. Todos os caracteres analisados correlacionaram-se positivamente com a produtividade de grãos.

O índice base de Williams apresentou o maior ganho de seleção para o caráter produtividade de grãos, sendo o critério de seleção mais adequado, adotado para a situação analisada, haja vista que, as linhagens estudadas encontram-se, em geração avançada de autofecundação. Os genótipos de soja codificados 25, 15, 10, 12 e 06, foram os que apresentaram superioridade agrônômica.

Referências

Alcantara Neto, F., Gravina, G.A., Monteiro, M.M.S., Morais, F.B., Petter, F.A., Albuquerque, J.A.A. 2011. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. *Comunicata Scientiae* 2: 07-112.

Allard, R.W. 1974. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. Usaid, Rio de Janeiro, Brazil. 381p.

Almeida, R.D., Peluzio, J.M., Afferri, F.S. 2010. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. *Bioscience Journal* 26: 95-99.

Arshad, M., Ali, N., Ghafoor A.B. 2006. Character correlation and path coefficient in soybean *Glycine max* (L.) Merrill. *Pakistan Journal Botany* 38: 121-130.

Bárbaro, I.M., Centurion, M.A.P.C., Mauro, A.O., Unêda-Trevisoli, S.H., Costa, M.M. 2007. Comparação de estratégia de seleção no melhoramento de populações F5 de soja. *Revista Ceres* 54: 250-261.

Bárbaro, I.M., Mauro, A.O., Centurim, M. A.P.C., Machado, P.C., Bárbaro Junior, S.B. 2009. Análise genética em populações de soja resistentes ao cancro da haste e destinadas para áreas de reforma de canavieiras. *Colloquium Agrariae* 5: 07-24.

Costa, M.M., Mauro, A.O., Unêda-Trevisoli, S.H., Arriel, N.H.C., Bárbaro, I.M., Silveira, G.D., Muniz, F.R.S. 2008. Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. *Bragantia* 67: 101- 108.

Cruz, C.D. 2013. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum* 35: 271-276.

Dallastra, A., Unêda-Trevisoli, S.H., Ferraudo, A.S., Di Mauro, A.O. 2014. Multivariate approach in the 424 selection of superior soybean progeny which carry the RR gene. *Revista Ciência Agrônômica* 45: 588-597.

Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Group, Londres, 480 p.

Falconer, D. S. (1987). *Introdução à genética quantitativa*. Tradução de Silva MA. & Silva JC. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, Viçosa, Brasil. 279 p.

- Ferrão, R.G., Cruz, C.D., Ferreira, A., Cecon, P.R., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A. Carneiro, P.C.S., Silva, M.F. 2008. Parâmetros genéticos em café conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43: 61-69.
- Hamawaki, O.T., Sousa, L.B., Romanato, F.N., Nogueira, A.P.O., Santos Júnior, C.D., Polizel, A.C. 2012. Genetic parameters and variability in soybean genotypes. *Comunicata Scientiae* 3: 76-83.
- Hamawaki, O.T., Sousa, L.B., Rezende, D.F., Hamawaki, C.D.L. 2010. Yield and agronomic characteristics of soybean breeding lines in Minas Gerais State, Brazil. *Comunicata Scientiae* 1: 43-47.
- Hazel, L.N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28: 476-490.
- Mulamba, N.N. Mock, J.J. 1978. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt Journal of Genetics and Cytology* 7: 40-51.
- Nogueira, A.P.O., Sedyama, T., Sousa, L.B., Hamawaki, O.T., Cruz, C.D., Pereira, D.G., Matsuo, E. 2012. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. *Bioscience Journal* 28: 877-888.
- Paiva, B.M., Alves, R.M., Heleno, N. M. 2006. Aspecto socioeconômico da soja. *Informe Agropecuário* 27: 7-14.
- Pesek, J., Baker, R.J. 1969. Desired improvement in relation to selected indices. *Canadian Journal of Plant Sciences* 49: 803-804.
- Rezende, J.C., Botelho, C.E., Oliveira, A.C.B., Silva, F.L., Carvalho, G.R., Pereira, A.A. 2014. Genetic progress in coffee progenies by different selection criteria. *Coffee Science* 9: 347-353.
- Rosado, L.D.S., Santos, C.E.M., Bruckner, C.H., Nunes, E.S., Cruz, C.D. 2012. Simultaneous selection in progenies of yellow passion fruit using selection indices. *Revista Ceres* 59: 95-101.
- Showkat, M., Tyagi, D. 2010. Correlation and path analysis of some quantitative traits in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Research Journal of Agricultural Sciences* 1: 102-106.
- Smith, H.F. 1936. A discriminant function for plant selection. *Annual Eugenics* 7: 240-250.
- Storck, L., Ribeiro, N.D. 2011. Valores genéticos de linhas puras de soja preditos com o uso do método de Papadakis. *Bragantia* 70: 753-758.
- Vasconcelos, E.D., Reis M.S., Sedyama T., Cruz, C.D. 2008. Análise não-paramétrica da sanidade de sementes e índices de eliminação e classificação de genótipos de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43: 341-348.
- Vasconcelos, E.S., Ferreira, R.P., Cruz, C.D., Moreira, A., Rassini, J.B., Freitas, A.R. 2010. Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. *Revista Ceres* 57: 205-210.
- Vianna, V.F., Unêda-Trevisoli, S.H., Desidério, J.A., Santiago, S., Charnai, K., Ferreira Júnior, J.A., Ferraudo, A.S., Mauro, A.O. 2013. The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. *African Journal of Agricultural Research* 8: 4162-4169.
- Williams, J.S. 1962. The evaluation of a selection index. *Biometrics* 18: 375-393.