

FERNANDA NEVES ROMANATO

CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS E GENOTÍPICAS, ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE EM GENÓTIPOS DE SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

FERNANDA NEVES ROMANATO

CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS E GENOTÍPICAS, ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE EM GENÓTIPOS DE SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 19 de abril de 2013.

Dr. Ana Lúcia Pereira Kikuti

IFTM

Profa. Dra. Maria Amelia dos Santos

UFU

Prof. Dr. Ana Paula Oliveira Nogueira

UFU

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

Dedico esta vitória a todos meus familiares, amigos, profissionais e estagiários que colaboraram para que este sonho pudesse tornar-se realidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por essa realização

Eternamente grata a minha mãe Lusete Neves Romanato e a minha tia Graciete Regina Neves, pois sem as duas, esse sonho aqui não terra não teria sido concluído. Pelo amor e pela confiança que depositaram em mim, quando nem eu mesma acreditava mais.

Ao meu noivo, Fernando Ferreira de Medeiros, que sempre esteve disposto a me ouvir e a me encorajar quando mais precisei.

Ao meu pai, Sebastião Nilson Romanato, a minha irmã Camila Neves Romanato e a minha avó Isolina Pereira Neves, por ficarem todo o tempo na torcida mesmo a distância. A todos meus tios e primos que comemoraram quando iniciei esta etapa.

Ao meu orientador, professor Osvaldo Toshiyuki Hamawaki, pela oportunidade, pela orientação e pelos ensinamentos transmitidos durante todo o curso.

À minha amiga e companheira de trabalho, Larissa Barbosa de Sousa, pelo apoio e pelo encorajamento, pela força transmitida, não me deixando desistir quando pensava que não existia mais força, pelo seu conhecimento transmitido, pelo companheirismo entre altos e baixos nesta jornada, enfim, pela sua sincera amizade.

À minha amiga Franciele Olivo Bertan, com quem, ao longo do tempo, pude estreitar fortes laços que serão levados para a vida toda; à minha amiga Geovana Souza, que juntamente comigo, buscou este mesmo sonho, que hoje está sendo concretizado.

A todos os funcionários envolvidos, desde o transporte para a fazenda o trabalho no campo até os docentes mais graduados.

A todos estagiários que passaram pelo programa de Melhoramento de Soja UFUS, pois, sem o apoio deles, meu experimento jamais teria sido executado; também agradeço por terem tornado os árduos dias de trabalho mais leves e divertidos.

Aos colegas de sala, especialmente à Samira Ferreira, pois, sem sua ajuda, tudo teria sido mais complicado; a Anaísa Kato Cavalcante, Flávia Vieira e Valécia Martins pelo seu companheirismo.

À Professora Ana Paula Oliveira Nogueira, pelo tempo dedicado e pela disposição contínua em me ajudar; à Professora Maria Amelia dos Santos e à Professora Ana Lúcia Pereira Kikuti, pela participação na Banca Examinadora.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFU e à CAPES.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS	I
RESUMO.....	II
ABSTRACT.....	III
CAPÍTULO GERAL	1
INTRODUÇÃO	2
1.REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.1 Origem e breve histórico da soja	3
1.2 Melhoramento da soja no Brasil	3
1.3 Adaptabilidade e estabilidade	5
1.4 Métodos para estudos de adaptabilidade e estabilidade.....	6
1.4.1 Eberhart e Russell (1966)	6
1.4.2 Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).....	7
1.4.3 Centroide.....	8
1.5 Correlações fenotípica e genotípica	9
REFERÊNCIAS.....	11
CAPÍTULO I	14
Adaptabilidade e estabilidade em genótipos de soja de ciclo tardio.....	14
INTRODUÇÃO	17
1. MATERIAL E MÉTODOS	19
1.4.1 Eberhart e Russell (1966)	19
1.4.2 Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).....	21
1.4.3 Centroide.....	22
2. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS.....	30
CAPITULO II	32
Correlações fenotípicas e genotípicas de linhagens de soja oriundas do programa de melhoramento de soja da universidade federal de uberlândia	32
INTRODUÇÃO	35
1. MATERIAL E MÉTODOS	38
1.1 Número de dias para florescimento (NDF).....	39

1.2 Número de nós no florescimento (NNF)	39
1.3 Altura da planta na florescimento (APF)	39
1.4 Número de dias para maturidade (NDM)	39
1.5 Altura da planta na maturidade (APM).....	39
1.6 Número de nós na maturidade (NNM)	39
1.7 Altura de inserção de primeira vagem (APV)	39
1.8 Produtividade de grãos (Prod)	39
1.9 Peso de cem grãos (PCG)	40
1.10 Análise estatística	40
1.10.1 Correlação fenotípica.....	40
1.10.2 Correlação genotípica	40
1.10.3 Coeficiente de correlação genotípica	41
2.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA Empresa Brasileira de Agropecuária

EUA Estados Unidos da América

MAEC Medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento

RESUMO

ROMANATO, FERNANDA NEVES. **Correlação, adaptabilidade e estabilidade em genótipos de soja.** 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil.¹

A seleção e a recomendação de genótipos superiores são atividades básicas de um programa de melhoramento genético. O conhecimento das correlações fenotípica e genotípica contribui para a definição das melhores estratégias de seleção. A obtenção de genótipos com alta produtividade de grãos é o principal objetivo dos programas de melhoramento de soja. A interação genótipos x ambientes ($G \times A$) constitui uma das principais dificuldades na fase de recomendação de cultivares. Sabe-se que a interação $G \times A$ pode ser reduzida, utilizando-se cultivares específicas para cada ambiente ou de ampla adaptabilidade e alta estabilidade. O objetivo deste trabalho foi estudar a adaptabilidade e a estabilidade de 25 linhagens de soja e a correlação fenotípica e genotípica de 24 linhagens de soja, todas oriundas do programa de melhoramento de soja da Universidade Federal de Uberlândia. O estudo de adaptabilidade e estabilidade foi realizado com 30 genótipos, sendo 25 linhagens e cinco testemunhas (BRS MG Garantia, UFUS Impacta, UFUS Xavante, UFUS Milionária, M-Soy 8914) em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições, em três épocas de semeadura (novembro de 2006, novembro de 2007 e novembro de 2008) no município de Campo Alegre de Goiás-GO. Em cada parcela foi determinada a produtividade de grãos. Para o estudo sobre adaptabilidade e estabilidade utilizaram-se os métodos de Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centroide (ROCHA, 2005). A média da produtividade de grãos foi de 3104,201 kg ha⁻¹. As linhagens UFUS 6, UFUS- 21 e as cultivares UFUS Impacta e UFUS Xavante se destacaram ao apresentarem elevadas médias de produtividade de grãos, ampla adaptação e alta estabilidade por todos os métodos estudados. Para estudar as correlações entre caracteres agronômicos de soja, realizou-se um experimento na Fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG. No dia 24 de maio de 2012, realizou-se a semeadura convencional de 24 linhagens oriundas do programa de melhoramento de soja UFUS e três cultivares (BR/MG46-Conquista, UFUS Carajás e UFUS Guarani). Avaliaram-se os caracteres, o número de dias para florescimento e a maturidade respectivamente; altura da planta no florescimento e maturidade; número de nós na haste principal no florescimento e maturidade respectivamente; altura da primeira vagem; produtividade de grãos por planta; número total de vagens por planta; e peso médio de cem grãos. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional em genética e estatística GENES (CRUZ, 2009). Para o coeficiente de determinação genotípica, os maiores valores encontrados foram para peso médio de 100 grãos (95,01%) e o menor para o número total de vagens (36,54%). Os caracteres peso médio de cem grãos e número total de vagens correlacionaram-se positivamente com o caráter produtividade de grãos, sendo assim, poderão ser utilizados como critério de seleção indireta.

Palavras-chave: Linhagens. *Glycine max*. Melhoramento.

¹Orientador: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki– UFU.

ABSTRACT

ROMANATO, FERNANDA NEVES. **Correlation, adaptability and stability in soybean genotypes.** 2013. 61 f. Dissertation (MSc in Agronomy / Crop Science) - Federal University of Uberlândia, MG, Brazil.

The selection and recommendation of superior genotypes are basic activities of a breeding program. The knowledge of phenotypic and genotypic contributes to defining best selection strategies. Obtaining genotypes with high grain yield is the main goal of soybean breeding programs. The genotype x environment interaction (G x E) constitutes one of the major difficulties during cultivar recommendation. It is known that the interaction G x A can be reduced by using environment-specific cultivars or wide adaptability and high stability. The objective of this work was to study the adaptability and stability of 25 soybean lines and phenotypic and genotypic correlation of 24 soybean lines, all from the soybean breeding program at the Federal University of Uberlândia. The study of adaptability and stability was conducted with 30 genotypes, 25 strains and five witnesses (BRSMG Garantia UFUS Impacta, UFUS Xavante UFUS Milionária, M-Soy 8914) in a randomized complete block design with three replications in three seasons sowing (November 2006, November 2007 and November 2008) in the city of Campo Alegre de Goiás-GO. In each plot was determined the productivity of grains. For the study on adaptability and stability, we used the methods of Eberhart and Russell (1966), Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998) and Centroid (ROCHA, 2005). The average grain yield was 3104.201 kg ha⁻¹. As UFUS strains 6, 21 and UFUS-cultivars UFUS Impacta and UFUS Xavante stood out to have high average yield, wide adaptation and high stability for all methods studied. To study the correlations between agronomic characters of soybean, an experiment was conducted at Capim Branco Farm, Uberlândia, MG. On May 24, 2012, it was done a conventional sowing of 24 strains derived from the soybean breeding program UFUS and 3 cultivars (BR/MG46-Conquista, UFUS UFUS Carajás and UFUS Guarani). It was evaluated the characters, the days to flowering and maturity respectively; plant height at flowering and maturity, number of nodes on the main stem at flowering and maturity respectively, first pod height, grain yield per plant, total number of pods per plant, and average weight of a hundred grains. Statistical analyzes were performed by the computer program in genetics and statistics GENES (Cruz, 2009). For the determination coefficient, the highest values were found for average weight of hundred grains (95.01%) and the lowest for the total number of pods (36.54%). The characters mean weight of one hundred grains and total number of pods were positively correlated with grain yield and thus can be used as an indirect selection criterion.

Keywords:Bloodlines. *Glycine max*.Breeding.

CAPÍTULO GERAL

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycinemax* L. Merrill) é uma leguminosa amplamente utilizada para diferentes fins, como produção de ração animal, consumo *in natura*, produção de biodiesel, fins medicinais e estéticos entre outros (OLIVEIRA et al., 2012).

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, com estimativa de área cultivada para a safra 2012/13 de 27,645 milhões de ha, produção superior a 83 milhões de toneladas e produtividade de grãos de 3018 kg ha⁻¹ (CONAB, 2013).

O aumento da produção da soja ocorreu devido ao melhoramento genético da espécie, com o desenvolvimento de cultivares de alta produtividade de grãos, adaptadas a diversas condições edafoclimáticas e resistentes a diferentes patógenos e/ou pragas.

Em programas de melhoramento, objetiva-se o aprimoramento de um caráter principal, normalmente de natureza poligênica e, também, manter e melhorar a expressão de outros caracteres simultaneamente. Nesse contexto, estudo sobre a associação entre caracteres é de grande importância, principalmente, se um dos caracteres apresentar baixa herdabilidade, e/ou problemas para identificação e avaliação. Assim, na seleção pode-se correlacionar a resposta de um caráter de alta herdabilidade e de fácil mensuração, para ser mais conveniente e em tempo mais rápido no melhoramento vegetal, principalmente em culturas perenes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

A seleção de genótipos com alta produtividade de grãos está entre os principais objetivos dos programas de melhoramento de soja (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 2005), que é comumente realizada pela análise dos genótipos em diferentes ambientes (ano, local e época de semeadura) (CARVALHO et al., 2002). Uma das maiores dificuldades em um programa de melhoramento é a fase de recomendação de cultivares, em virtude da ocorrência da interação genótipo x ambiente (GxA), em que ocorre o desempenho diferenciado dos genótipos frente às oscilações ambientais.

Uma alternativa para amenizar os efeitos da interação G x A está fundamentada nos estudos de avaliação de adaptabilidade e de estabilidade de cultivares. A adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente e a estabilidade corresponde à previsibilidade de comportamento dos genótipos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Origem e breve histórico da soja

A soja é originária de clima temperado, com ampla adaptação aos ambientes subtropicais e tropicais. A espécie *Glycine soja* é considerada a mais provável ancestral, da qual *Glycinemax* teria evoluído, pois as duas espécies são tetraploides. Acredita-se que a forma cultivada tenha derivado da *Glycine soja*, em razão do acúmulo de características qualitativas e quantitativas resultantes de mutações genéticas sem que houvesse alteração no número de cromossomos (BONETTI, 1981). Com base em evidências históricas, geográficas e arqueológicas, Hymowitz (1970) sugere que a soja teria evoluído da espécie *Glycine soja* e que o intercruzamento de ambas teria originado *Glycinegracilis*.

A soja é uma cultura anual de autopolinização, que pertence à família Fabaceae, gênero *Glycine*, subgênero Soja e espécie *Glycinemax(L.) Merrill* (HYMOWITZ; SINGH; KOLLIPARA, 1997). As primeiras citações do grão aparecem no período entre 2883 e 2838 a.C. quando era considerada um grão sagrado, ao lado do arroz, do trigo, da cevada e do milheto. Embora seja conhecida e consumida pela civilização oriental por milhares de anos, só foi introduzida na Europa no final do século XV, como curiosidade nos jardins botânicos da Inglaterra, da França e da Alemanha. Na segunda década do século XX, o teor de óleo e proteína passou a ser percebido, fazendo com que houvesse o interesse das indústrias. No entanto, as tentativas de introdução comercial do cultivo do grão na Rússia, na Inglaterra e na Alemanha fracassaram, provavelmente, devido às condições climáticas desfavoráveis (EMBRAPA, 2012).

1.2 Melhoramento da soja no Brasil

Em 1882, foi relatado o cultivo da soja na Bahia (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 2005). Em 1891, testes de adaptação de cultivares semelhantes aos conduzidos por Gustavo Dutra na Bahia foram realizados no Instituto Agronômico de Campinas, no Estado de São Paulo. Assim como nos EUA - Estados Unidos da América, a soja no Brasil, nessa época, era estudada mais como cultura forrageira e, eventualmente, produtora de grãos para consumo dos animais da propriedade mais do que como planta produtora de grãos para a indústria de farelos e de óleos vegetais (EMBRAPA, 2012).

A agricultura em clima tropical é mais complexa do que em regiões temperadas, necessitando de constante busca pelo aumento do rendimento e adaptação das culturas a

condições ambientais limitantes. Os continentes como África, Ásia e América Latina perdem grande parte de suas colheitas em razão da ocorrência de pragas, de doenças e de estresses abióticos variados, como seca, salinidade, deficiência nutricional (P e N, principalmente), toxidez de alumínio, entre outros (CASTRO et al., 2002).

A busca por materiais com características de interesse agronômico é constante pelos programas de melhoramento genético, com foco em diferentes objetivos, visando à solução das limitações reais ou potenciais das cultivares frente aos fatores bióticos e abióticos que interferem na produção da soja.

A soja é classificada como planta de dias curtos (noites longas), mas existe uma ampla variabilidade genética de resposta às exigências fotoperiódicas. As cultivares convencionais, na maioria, são altamente sensíveis a mudanças entre latitudes ou a datas de semeadura com respostas diferenciadas às variações no fotoperíodo (HARTWIG; KIIHL, 1979).

O controle do florescimento e, consequentemente, do porte da planta, representa o fator básico a ser considerado no melhoramento para o desenvolvimento de cultivares menos sensíveis às variações de data de semeadura e com adaptação em faixas de latitudes mais baixas (ALMEIDA et al., 1999).

A soja, por ser originária da China, era adaptada apenas para locais com maiores latitudes, restringia-se, praticamente, ao estado do Rio Grande do Sul, desenvolvendo-se lentamente em outros estados até o início da década de 1960. A partir de 1968, a expansão da lavoura ocorreu em nível significativo em Santa Catarina, no Paraná, em São Paulo, no Mato Grosso do Sul, em Minas Gerais e em Goiás (ALLIPRANDINI et al., 1993).

A expansão da soja em baixas latitudes só foi possível devido ao lançamento de cultivares com características agronômicas de melhor adaptação às condições edafoclimáticas dos trópicos. Essa tecnologia genuinamente brasileira, representada pelas sementes de “cultivares tropicais”, tem permitido a exploração da soja em regiões antes consideradas inaptas para o seu cultivo econômico. Sendo assim, a recomendação de cultivares para as regiões de médias e baixas latitudes permitiu que extensas áreas da região tropical dos Cerrados fossem incorporadas ao processo produtivo agrícola, inclusive viabilizando a exploração econômica de outras espécies (ALMEIDA et al., 1999).

1.3 Adaptabilidade e estabilidade

A manifestação fenotípica de um caráter quantitativo resulta da resposta do genótipo em relação ao ambiente em que ele se encontra e pela interação de genótipos por ambientes (GxA). As causas da interação têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos, próprios de cada genótipo cultivado (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

A interação GxA representa uma das principais dificuldades encontradas pelo melhorista. Nas fases finais do melhoramento genético, normalmente, os ensaios são conduzidos em vários ambientes (locais, anos e/ou épocas). A ocorrência da interação GxA, quando é do tipo complexa, faz com que os melhores genótipos em um determinado local não o sejam em outros, dificultando a recomendação de genótipos (cultivares) para toda a população de ambientes amostrada pelos testes (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

Estudos sobre a interação GxA, embora sejam de grande importância em programas de melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo, como os estudos de adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

A adaptabilidade é a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, ao passo que estabilidade é a capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Para avaliação dos genótipos com vistas a estudos de adaptabilidade e estabilidade, é necessário conduzir experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais, consistindo em uma das etapas mais trabalhosas e onerosas em um programa de melhoramento genético (BARROS et al., 2010). O objetivo da seleção é acumular alelos favoráveis à característica de interesse em determinada população sendo um processo vinculado a uma constante e permanente renovação (REIS et al., 2004).

Os estudos de adaptabilidade e de estabilidade são fundamentados na existência de interação GxA, contudo, diferem nos conceitos de estabilidade e nos procedimentos estatísticos. O ideal é que o método de avaliação seja de fácil interpretação, com uso de poucas estatísticas, confiável, e que possa ser usado tanto para pequeno quanto para grande número de ambientes (HUEHN, 1990; SCHMILDT; KRAUSE, 2003).

Vários estudos têm sido realizados para avaliar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. Entre os métodos mais utilizados pode-se citar, as metodologias de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centroide (ROCHA et al., 2005), (BARROS et al., 2012; MARQUES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012; PELÚZIO et al., 2008).

1.4 Métodos para estudos de adaptabilidade e estabilidade

1.4.1 Eberhart e Russell (1966)

O método de Eberhart e Russell (1966) baseia-se na regressão linear e considera desejáveis os genótipos com alta produtividade média, coeficientes unitários de regressão e desvios da regressão praticamente nulos. A estabilidade é estimada pela variância dos desvios da regressão (σ^2_{di}) e a adaptabilidade é obtida pela média e pelo coeficiente de regressão β_{1i} .

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que: \bar{Y}_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ; β_{0i} : média geral do genótipo i ; β_{1i} : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente; I_j : índice ambiental codificado ($\sum_j I_j = 0$) δ_{ij} : desvio da regressão; ε_{ij} : erro experimental médio.

O parâmetro de estabilidade (σ^2_{di}) é estimado pelo método da análise de variância, a partir do quadrado médio do desvio da regressão de cada genótipo (QMD_i) e do quadrado médio do resíduo, isto é :

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2}{a - 2} = \frac{QMD_i - QMR}{r}$$

em que:

$$QMD_i = \frac{r}{a-2} \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{a} - \frac{(\sum_j J_{ij} I_j)^2}{\sum_j I_j^2} \right]$$

Na análise de regressão apresentada, dispõe-se de médias dos genótipos, que são resultantes das várias repetições de um mesmo genótipo em determinado ambiente. Nesse caso, tem-se, além da regressão, uma soma de quadrados do resíduo, com valor

correspondente ao que se obtém na análise de variância, e uma soma de quadrados devido à falta de ajustamento ou atribuída aos desvios da regressão.

Os demais parâmetros, β_{0i} e β_{1i} , são:

$$\hat{\beta}_{0i} = \bar{Y}_i \text{ e } \hat{V}(\hat{\beta}_{0i}) = \frac{1}{a} \hat{\sigma}_\epsilon^2$$

$$\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2} \text{ e } \hat{V}(\hat{\beta}_{1i}) = \frac{1}{\sum_j I_j^2} \cdot \hat{\sigma}_\epsilon^2$$

sendo:

$$\hat{\sigma}_\epsilon^2 = \frac{1}{r} \hat{\sigma}^2 = \frac{QMR}{r}$$

A hipótese $H_0: \beta_{1i} = 1$ versus $H_a: \beta_{1i} \neq 1$ é avaliada pela estatística t, dada por:

$$t = \frac{\hat{\beta}_{1i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i})}}$$

A hipótese $H_0: \sigma_{di}^2 = 0$ é avaliada pela estatística F, dada por:

$$F = \frac{QMD_i}{QMR}$$

Associada a um nível de significância α e a $a-2$ e m graus de liberdade, sendo m o número e graus de liberdade do resíduo obtido na análise conjunta.

Muitos genótipos, com rendimento médio superior, podem apresentar σ_{di}^2 estatisticamente diferente de zero. Entretanto, pode ser necessária a seleção de alguns genótipos do grupo em que a estabilidade (ou previsibilidade) for baixa. Nesses casos, uma medida auxiliar de comparação entre esses genótipos é o coeficiente de determinação R_i^2 , dado por:

$$R_i^2 = \frac{SQ(\text{Regressão linear})_i}{SQ(A/G_i)} \times 100$$

1.4.2 Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998)

Para estimar a adaptabilidade e a estabilidade, Lin e Binns (1988) definiram o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente. A medida de superioridade é dada por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

Em que:

P_i : estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo i ; Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ; M_j : resposta máxima observada entre todos os genótipos no local j ; e n = número de locais.

A estimativa da estatística Maec (Medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento), assim decomposta, torna o método mais adequado aos propósitos de recomendação dos cultivares, pois fornece direcionamento da resposta aos diferentes tipos de ambientes. Assim, a recomendação geral é feita com base no P_i original de Lin e Binns (1988), e para ambientes favoráveis e desfavoráveis, conforme a decomposição proposta por Carneiro (1998).

Para os ambientes favoráveis, com índices maiores ou igual a zero, a Maec (P_{if}) é estimada conforme a seguir:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

em que:

f : número de ambiente favoráveis; Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ; e M_j : resposta máxima observada entre todos os genótipos no local j . Da mesma forma para ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos, o parâmetro Maec é estimado da seguinte forma:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

d : número de ambientes desfavoráveis.

1.4.3 Centroide

O método centroide, de Rocha et al., (2005) baseia-se na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

O ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em

ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores em todos os ambientes estudados (ideótipo IV).

Para utilização desse método, os ambientes são classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag}$$

Em que:

Y_{ij} : média do genótipo i , no ambiente j ; $Y.$: total das observações; a : número de ambientes; g : número de genótipos.

Após a classificação dos ambientes, foram criados pontos referenciais, os ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis, visando à classificação dos outros pontos do gráfico, considerando os valores de distância cartesiana entre os pontos a cada um dos quatro ideótipos. Uma medida de probabilidade espacial deve ser calculada utilizando o inverso da distância entre um tratamento aos quatro ideótipos:

$$P_{d(i,j)} = \frac{\left[\frac{1}{d_{ij}} \right]}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_{ij}}}$$

Em que:

$P_{d(i,j)}$: probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j -ésimo centroide; d_{ij} : distância do i -ésimo ponto ao j -ésimo centroide.

1.5 Correlações fenotípica e genotípica

Um dos principais objetivos dos programas de melhoramento da soja é a obtenção de genótipos mais produtivos. Por se tratar de um caráter complexo, a produtividade é resultado da expressão e associação de diferentes componentes. Por meio da correlação, é possível conhecer o grau dessa associação, identificando caracteres que podem ser usados como critérios de seleção indireta para a produtividade de grãos (CARVALHO et al., 2002).

Define-se correlação como a medida da intensidade de associação entre duas variáveis, ou uma medida do grau de variação conjunta de duas variáveis ou acréscimo de uma e decréscimo de outra (STEEL; TORRIE, 1980).

O conhecimento sobre a correlação é de grande importância, pois mostra de que forma a seleção para um caráter interfere na expressão de outros caracteres. Nos programas de melhoramento, geralmente, além de procurar o aprimoramento de um caráter principal, busca-se, também, manter ou melhorar a expressão de outros caracteres simultaneamente (LOPES et al., 2002).

Os estudos sobre correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente da soja envolvem os caracteres coletados desde o florescimento até a maturação dessa cultura, destacando-se a produtividade e seus componentes (TAWARE et al., 1997).

É possível estabelecer o melhoramento indireto de um caráter que apresente herança complexa, baixa herdabilidade ou manifestação em gerações avançadas, por meio da seleção em um outro caráter, com herança mais simples ou de maior herdabilidade (YOKOMIZO; DUARTE; VELLO, 2000).

Existem duas causas principais em que acarretam na correlação entre caracteres: os fatores genéticos e os fatores de ambiente. Uma vez que a expressão do fenótipo é função do genótipo, do ambiente e da interação genótipo x ambiente, é possível obter a correlação fenotípica, genotípica e de ambiente. O fenótipo é a expressão visível ou mensurável de um caráter. A correlação fenotípica diz respeito à correlação entre duas características, causada por fatores genéticos e de ambiente. A correlação genética é determinada inteiramente pelo genótipo, sem a intervenção do ambiente (CARVALHO et al., 2002).

A causa genética da correlação é, principalmente, relacionada ao pleiotropismo, isto é, quando dois ou mais caracteres são influenciados pelos mesmos genes (FALCONER; MACKAY, 1996). Outra causa da correlação genética são as ligações gênicas, que podem ser transitórias, devido à quebra de ligações, principalmente, em populações oriundas de cruzamentos entre diferentes genótipos (CARVALHO et al., 2002).

Há necessidade para fins de melhoramento, da identificação dos caracteres de alta correlação com a variável básica, ou seja, aqueles de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente. Caracteres com alta correlação favorável com a variável básica, mas com efeito direto em sentido desfavorável, indicam a ausência de causa e efeito, ou seja, o caráter auxiliar não é o principal determinante das alterações na variável básica, existindo outros que poderão proporcionar maior impacto em termos de ganho de seleção.

REFERÊNCIAS

ALLIPRANDINI, L.F.; et al. Ganho Genético em Soja no Estado do Paraná via Melhoramento no período de 1985/86 a 1989/90. **Empresa Brasileira Agropecuária**, Brasília, v.28, n.4, p. 487-49, 1993.

ALMEIDA, L. A.; et al. 1999. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina-PE: EMBRAPA-Semi-árido, Brasília-DF: EMBRAPA-Recursos Genéticos e Biotecnologia.

BARROS, H.B.; et al. Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max* L.) em Mato Grosso. **Ambiência**. Guarapuava , v.6, n.1, p.75 – 88, 2010 .

BARROS, H.B.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. Gurupi, v. 3, n.2, p.49-58, 2012.

BONETTI, L.P. **Distribuição da soja no mundo: Origem, Historia e Distribuição**. A soja no Brasil. São Paulo. 1981. Cap 1, p. 14-25.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa, 1998. 168f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) –Departamento de fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1998.

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

CASTRO, A. M. G. DE.; et al. **Estratégia de P&D para melhoramento genético em uma época de turbulência**. XXII Simpósio de Gestão de Tecnologia, FEA/USP, Salvador, 2002.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos – sexto levantamento. Brasília: CONAB, março de 2013, 26 p. Disponível em:
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_03_07_10_39_19_levantamento_safras_graos_6.pdf Acesso em: 10 mar. 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012. 585p.

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução à análise AMMI. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Série Monografias, 9).

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2012. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 255p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. Introduction to quantitative genetics. 4.ed. Harlow, Longman Group Limited, 1996. 464p.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 14, n. 5, p. 742-754, 1963.

HARTWIG, E. E.; KIIHL, R.A.S. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybean for short-day conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 2, p. 145-151, 1979.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, Urbana, v.24. p. 408-421, 1970.

HYMOWITZ, T.; SINGH, R.J.; KOLLIPARA, K.P. Biosystematics of the genus *Glycine*. **Soybean Genetics Newsletter**, Urbana, v.24, p. 119-120, 1997.

HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. **Euphytica**, Kiel, v. 47, n. 3, p. 189-194, 1990.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

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

MARQUES, M. C.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em deferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 59-69, 2011.

OLIVEIRA, L.G.; et al. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de soja em duas regiões sojícolas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 852-861, 2012.

PELUZIO, J. M.; et al. Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.455-462, 2008.

REIS, E. F.; et al. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.685-692, 2004.

ROCHA, R. B.; et al. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

SCHMILD'T, E. R.; KRAUSE, W. Metodologia univariada e multivariada para análise de adaptabilidade e estabilidade visando à indicação de cultivares de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 290, p. 471-487, 2003.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R de C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 553-604.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633p.

Taware, S. P.; et al. Variability, correlation and path analysis in soybean hybrids. **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, v. 24, p. 96-98, 1997.

YOKOMIZO, G.K.; DUARTE, J.B.; VELLO, N.A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2235-2241, 2000.

CAPÍTULO I

**ADAPTABILDADE E ESTABILIDADE EM GENÓTIPOS DE SOJA DE CICLO
TARDIO**

RESUMO

Estudos de adaptabilidade e de estabilidade de genótipos são de grande importância para os programas de melhoramento genético, pois permitem identificar genótipos com ampla adaptabilidade e alta estabilidade. O objetivo deste trabalho foi estudar a adaptabilidade e a estabilidade de 25 linhagens de soja oriundas do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições, em três épocas de semeadura, em novembro de 2006, novembro de 2007 e novembro de 2008, no município de Campo Alegre de Goiás-GO. Avaliaram-se 30 genótipos de soja, sendo 25 linhagens de ciclo tardio e cinco cultivares como testemunhas (BRS MG Garantia, UFUS Impacta, UFUS Xavante, UFUS Milionária e M-Soy 8914). Em cada parcela, foi determinada a produtividade de grãos. A média da produtividade foi de 3104,201 kg ha⁻¹. Para o estudo sobre adaptabilidade e estabilidade utilizaram-se os métodos de Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centroide (ROCHA, 2005). As linhagens UFUS 6, UFUS 21 e as cultivares UFUS Impacta e UFUS Xavante se destacaram, por apresentarem elevadas médias de produtividade de grãos, ampla adaptação e alta estabilidade por todos os métodos estudados.

Palavras-chave: *Glycinemax*. Produtividade de grãos. Intereração genótipos x ambientes.

ABSTRACT

Studies of adaptability and stability of genotypes are important for breeding programs, for identifying genotypes with wide adaptability and high stability. The aim of this work was to study the adaptability and stability of 25 soybean lines derived from Soybean Improvement Program, Federal University of Uberlândia. The experiment was conducted in randomized complete block design with three replications in three sowing dates, these being in November 2006, November 2007 and November 2008, in the city of Campo Alegre de Goiás-GO. 30 soybean genotypes were evaluated, 25 lines of late cycle as a witness and five cultivars (BRSMG Garantia, UFUS Impacta, UFUS Xavante UFUS Milionária and M-Soy 8914). In each plot was determined the productivity of grains. The average yield was 3104.201 kg ha⁻¹. For the study on adaptability and stability we used the methods of Eberhart and Russel (1966), Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998) and centroid (ROCHA, 2005). UFUS strains UFUS 6 and UFUS 21 and UFUS cultivars UFUS Impacta and UFUS Xavante stood out to have high average grain yield, wide adaptation and high stability for all methods studied.

Keywords: *Glycine max*. L. Grain yield. Genotype x Environment interaction.

INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais culturas do mundo e do agronegócio brasileiro. A demanda desse grão aumenta a cada ano, devido a diversas possibilidades de utilização, como ração animal, biodiesel, na alimentação como óleo, grão *in natura*, cosméticos entre outros.

O Estados Unidos são o maior produtor mundial, seguido pelo Brasil que é o segundo maior produtor de soja do mundo, com estimativa de área cultivada para a safra 2012/13 de 27,645 milhões de ha, produção superior a 83 milhões de toneladas e produtividade de grãos de 3018 kg ha⁻¹ (CONAB, 2013).

A seleção de genótipos com alta produtividade de grãos está entre os principais objetivos dos programas de melhoramento de soja (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 2005). Entretanto, a interação genótipos x ambientes (GxA) constitui um dos maiores problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção seja na de recomendação de cultivares. Quando a interação G x A é do tipo complexa, ocorre a inconsistência na classificação dos genótipos, nos vários ambientes.

Entre as alternativas para se amenizar a influência dessa interação, tem sido recomendado o emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (BARROS et al., 2010).

As análises de adaptabilidade e de estabilidade são, portanto, procedimentos estatísticos que permitem, de algum modo, identificar as cultivares de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais. Assim, as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade fenotípica têm sido uma forma muito difundida, entre os melhoristas de plantas, de avaliar novos genótipos antes de sua recomendação como cultivares.

A adaptabilidade é a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente; a estabilidade é a capacidade de mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI 2012). Para avaliação dos genótipos, visando aos estudos de adaptabilidade e de estabilidade, é necessário conduzir experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais sendo, portanto, uma das etapas mais importantes, trabalhosas e onerosas de um programa de melhoramento (SILVA; DUARTE, 2006; MAIA et al., 2006; ROCHA et al., 2005; NUNES et al., 2002; FARIAS et al., 1997).

Vários estudos podem ser encontrados na literatura como o de Franco e Hamawaki (2009), que encontraram linhagens com ampla adaptabilidade e estabilidade, ao estudarem adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Goiás no ano 2004/2005. Marques et al. (2011) utilizaram os métodos de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Eberhart e Russell (1966) e Centroide (ROCHA et al., 2005) para avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura.

Barros et al. (2010) ao estudar a análise de adaptabilidade e de estabilidade em soja (*GlycinemaxL.*) em Mato Grosso, concluíram que, entre os métodos não paramétricos, os resultados obtidos foram similares, permitindo identificar os genótipos de maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Hamawaki et al. (2009) utilizaram o método de Eberhart e Russell (1966), ao estudarem comportamento de linhagens de soja no Triângulo Mineiro e em Goiatuba-GO. Vasconcelos et al. (2010) estudaram adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja com maturação tardia e semitardia no estado de Minas Gerais.

O objetivo deste trabalho foi estudar a adaptabilidade e a estabilidade de 25 linhagens de soja oriundas do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia.

1. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no município de Campo Alegre de Goiás-GO na fazenda Santa Fé, situada na latitude S 17°67', longitude W 047°62', altitude 877m em latossolo vermelho-amarelo distrófico. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por 30 genótipos de soja, sendo 25 linhagens desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia e cinco cultivares comerciais (BRS MG Garantia, UFUS Impacta, UFUS Xavante, UFUS Milionária e M-Soy 8914) semeados em três anos consecutivos (novembro de 2006, novembro de 2007 e novembro de 2008).

Cada unidade experimental foi constituída de quatro fileiras de plantas de soja de 5m de comprimento, espaçadas de 0,50 m entre fileiras de plantas de soja. A parcela útil foi constituída de duas fileiras centrais, eliminando-se as duas fileiras laterais e 0,50 m de cada extremidade, perfazendo 4,0 m² para cada parcela.

A produtividade de grãos (PG), em kg ha⁻¹ foi avaliada por meio da colheita manual da área útil de cada parcela. Posterior à colheita, as plantas foram devidamente trilhadas e as sementes beneficiadas manualmente para posterior pesagem dos grãos obtidos. Em seguida, foram transformados os dados de gramas por parcela para kg ha⁻¹, sendo essa produtividade corrigida para teor de umidade de 13%, conforme a fórmula:

$$PF = \frac{PI \times (100 - UI)}{100 - UF}$$

Em que:

PF: peso corrigido da amostra; PI: peso inicial da amostra; UI: umidade inicial da amostra; UF: umidade final da amostra (13%).

Os dados foram submetidos a análise de variância individual e conjunta pelo teste de F. Em seguida, procedeu-se às análises de adaptabilidade e de estabilidade utilizando os métodos propostos por Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centroide (ROCHA et al., 2005). As análises foram realizadas no Programa GENES (CRUZ, 2009).

1.4.1 Eberhart e Russell (1966)

O método de Eberhart e Russell (1966) baseia-se na regressão linear e considera desejáveis os genótipos com alta produtividade média, coeficientes unitários de

regressão e desvios da regressão praticamente nulos. A estabilidade é estimada pela variância dos desvios da regressão (σ_{di}^2) e a adaptabilidade é obtida pela média e pelo coeficiente de regressão β_{1i} .

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Em que: \bar{Y}_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ; β_{0i} : média geral do genótipo i ; β_{1i} : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente; I_j : índice ambiental codificado ($\sum_j I_j = 0$) δ_{ij} : desvio da regressão; ϵ_{ij} : erro experimental médio.

O parâmetro de estabilidade (σ_{di}^2) é estimado pelo método da análise de variância, a partir do quadrado médio do desvio da regressão de cada genótipo (QMD_i) e do quadrado médio do resíduo, isto é :

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2}{a - 2} = \frac{QMD_i - QMR}{r}$$

em que:

$$QMD_i = \frac{r}{a-2} \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_{i.}^2}{a} - \frac{(\sum_j J_{ij} I_{ij})^2}{\sum_j I_j^2} \right]$$

Na análise de regressão apresentada, dispõe-se de médias dos genótipos, que são resultantes das várias repetições de um mesmo genótipo em determinado ambiente. Nesse caso, tem-se, além da regressão, uma soma de quadrados do resíduo, com valor correspondente ao que se obtém na análise de variância, e uma soma de quadrados devido à falta de ajustamento ou atribuída aos desvios da regressão.

Os demais parâmetros, β_{0i} e β_{1i} , são:

$$\hat{\beta}_{0i} = \bar{Y}_{i.} \text{ e } \hat{V}(\hat{\beta}_{0i}) = \frac{1}{a} \hat{\sigma}_\epsilon^2$$

$$\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2} \text{ e } \hat{V}(\hat{\beta}_{1i}) = \frac{1}{\sum_j I_j^2} \hat{\sigma}_\epsilon^2$$

sendo:

$$\hat{\sigma}_\epsilon^2 = \frac{1}{r} \hat{\sigma}^2 = \frac{QMR}{r}$$

A hipótese $H_0: \beta_{1i} = 1$ versus $H_a: \beta_{1i} \neq 1$ é avaliada pela estatística t, dada por:

$$t = \frac{\hat{\beta}_{1i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i})}}$$

A hipótese $H_0: \sigma_{di}^2 = 0$ é avaliada pela estatística F, dada por:

$$F = \frac{QMD_i}{QMR}$$

Associada a um nível de significância α e a $a-2$ e m graus de liberdade, sendo m o número e graus de liberdade do resíduo obtido na análise conjunta.

Muitos genótipos, com rendimento médio superior, podem apresentar σ_{di}^2 estatisticamente diferente de zero. Entretanto, pode ser necessária a seleção de alguns genótipos do grupo em que a estabilidade (ou previsibilidade) for baixa. Nesses casos, uma medida auxiliar de comparação entre esses genótipos é o coeficiente de determinação R_i^2 , dado por:

$$R_i^2 = \frac{SQ(\text{Regressão linear})_i}{SQ(A / G_i)} \times 100$$

1.4.2 Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998)

Para estimar a adaptabilidade e a estabilidade, Lin e Binns (1988) definiram o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente. A medida de superioridade é dada por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

Em que:

P_i : estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo i; Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j; M_j : resposta máxima observada entre todos os genótipos no local j; e n = número de locais.

A estimativa da estatística Maec (Medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento), assim decomposta, torna o método mais adequado aos propósitos de recomendação dos cultivares, pois fornece direcionamento da resposta aos diferentes tipos de ambientes. Assim, a recomendação geral é feita com base no P_i original de Lin

e Binns (1988), e para ambientes favoráveis e desfavoráveis, conforme a decomposição proposta por Carneiro (1998).

Para os ambientes favoráveis, com índices maiores ou igual a zero, a Maec (P_{if}) é estimada conforme a seguir:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

em que:

f: número de ambiente favoráveis; Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j; e M_j : resposta máxima observada entre todos os genótipos no local j. Da mesma forma para ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos, o parâmetro Maec é estimado da seguinte forma:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

d: número de ambientes desfavoráveis.

1.4.3 Centroide

O método centroide, de Rocha et al. (2005) baseia-se na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

O ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores em todos os ambientes estudados (ideótipo IV).

Para utilização desse método, os ambientes são classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag}$$

Em que:

Y_{ij} : média do genótipo i , no ambiente j ; Y : total das observações; a : número de ambientes; g : número de genótipos.

Após a classificação dos ambientes, foram criados pontos referenciais, os ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis, visando à classificação dos outros pontos do gráfico, considerando os valores de distância cartesiana entre os pontos a cada um dos quatro ideótipos. Uma medida de probabilidade espacial deve ser calculada utilizando o inverso da distância entre um tratamento aos quatro ideótipos:

$$P_{d(i,j)} = \frac{\left[\frac{1}{d_{ij}} \right]}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_{ij}}}$$

Em que:

$P_{d(i,j)}$: probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j -ésimo centroide; d_{ij} : distância do i -ésimo ponto ao j -ésimo centroide.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação experimental (CV) da análise de variância conjunta foi de 17,65% (Tabela 1). Dias et al. (2009) estudando adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter rendimento de grãos em cultivares de soja no estado do Ceará encontraram CV de 22,52%. De acordo com Carvalho et al. (2003), para a produtividade de grãos, que é um caráter quantitativo muito influenciado pelo ambiente, o limite máximo de coeficiente de variação para este caráter é de 16%. A média da produtividade de grãos foi de $3104,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e o coeficiente de determinação genotípica apresentou valor de 35,05%, evidenciando alta influência ambiental na manifestação do caráter, o que é comum em caracteres poligênicos. A interação GxA apresentou significância ($P<0,10$) pelo teste F (Tabela 1).

Oliveira et al. (2012) estudando adaptabilidade e estabilidade da produtividade de soja em duas regiões sojícolas, encontraram interação significativa entre os genótipos x ambientes com CV de 4,9% comprovando os diferentes comportamentos dos genótipos em função das flutuações ambientais que justifica os estudos de adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

TABELA 1. Resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos de produtividade de grãos (kg ha^{-1}), obtidos em 27 genótipos e cinco cultivares de soja cultivados nos anos agrícolas 2006/07, 2007/08 e 2008/09, Campo Alegre de Goiás-GO.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS
Blocos/Anos	6	1244877,66300
Genótipos	29	462005,66356*
Anos	2	1483244,96893 ^{ns}
Genótipos X Anos	58	390961,67482 ⁺
Resíduo	174	300232,85293
Média		3104,20
C.V. (%)		17,65
h^2 (%)		35,05

^{ns}não significativo; *significativo a 5% de probabilidade; ⁺ significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo teste F.

Franco e Hamawaki (2009) encontraram CV de 17,66% em análise de variância conjunta para produtividade de grãos de 32 cultivares de soja de ciclo tardio, semeadas em duas épocas e cinco locais, na safra 2004/2005.

Conforme o método de Eberhart e Russel (1966), o genótipo ideal é aquele que apresenta alta produtividade de grãos, coeficientes de regressão igual a unidade e desvio não significativo. Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Eberhart e Russel (1966).

TABELA 2. Média da produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart e Russel (1966), e Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) em 25 linhagens e cinco cultivares de soja, cultivadas em três safras (2006/07, 2007/08 e 2008/09), em Campo Alegre de Goiás-GO.

Genótipos	Média	Eberhart e Russel 1966			Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998)		
		β_1	σ^2_{di}	R^2	P_{igeral}	$P_{\text{ifavorável}}$	$P_{\text{idesfavorável}}$
UFUS-1	3326,42	-1,80 ^{ns}	15122,39 ^{ns}	48,17	296563,49	787048,22	51321,13
UFUS-2	3139,34	0,93 ^{ns}	-97132,34 ^{ns}	90,71	306473,87	536765,42	191328,10
UFUS-3	3315,69	0,51 ^{ns}	-61203,60 ^{ns}	17,85	202912,87	426102,96	91317,82
UFUS-4	3168,35	-1,38 ^{ns}	-71556,94 ^{ns}	68,74	367309,03	911250,00	95338,55
UFUS-5	3132,81	-1,11 ^{ns}	-76551,20 ^{ns}	63,25	378808,69	905010,22	115707,92
UFUS-6	3232,47	1,59 ^{ns}	-99816,94 ^{ns}	99,69	228494,32	358109,02	163686,98
UFUS-7	2929,93	-3,09 ^{**}	-81308,09 ^{ns}	94,36	662189,23	1695874,20	145346,75
UFUS-8	3152,12	2,48 ^{ns}	-85026,49 ^{ns}	93,11	280392,73	314834,35	263171,92
UFUS-9	3648,96	4,49 ^{**}	-85825,27 ^{ns}	97,90	48836,78	0,00	73255,18
UFUS-10	3288,44	6,15*	-93954,06 ^{ns}	99,51	246773,42	6485,47	366917,40
UFUS-11	3252,57	-0,77 ^{ns}	-97029,11 ^{ns}	86,60	278679,90	691405,68	72317,01
UFUS-12	2562,27	-0,15 ^{ns}	-80918,59 ^{ns}	3,50	939679,63	1572030,46	623504,21
UFUS-13	3073,26	-0,85 ^{ns}	-88026,34 ^{ns}	66,42	413595,29	933893,44	153446,21
UFUS-14	3005,55	1,47 ^{ns}	-70329,95 ^{ns}	70,66	412227,64	593850,18	321416,37
UFUS-15	2807,17	-2,17 ^{ns}	-85698,36 ^{ns}	91,49	730733,22	1670389,86	260904,90
UFUS-16	2961,33	0,5919 ^{ns}	-76623,45 ^{ns}	32,99	468730,95	799880,60	303156,12
UFUS-17	3091,51	1,61 ^{ns}	-64610,90 ^{ns}	70,73	336125,13	483475,50	262449,94
UFUS-18	3007,02	4,78 ^{**}	746656,57 ^{**}	47,08	551273,90	178889,72	737465,99
UFUS-19	3169,37	-0,72 ^{ns}	-97515,53 ^{ns}	87,09	333608,73	783568,38	108628,91
UFUS-20	2848,30	1,47 ^{ns}	-58917,05 ^{ns}	63,47	566668,04	777783,02	461110,55
UFUS-21	3240,17	1,99 ^{ns}	-100060,11 ^{ns}	99,99	218603,54	302468,27	176671,18
UFUS-22	3062,20	-2,37 ^{ns}	-27909,28 ^{ns}	72,03	506029,07	1285932,19	116077,51
UFUS-23	3057,90	3,69 ^{ns}	-98390,78 ^{ns}	99,63	355645,04	251524,87	407705,13
UFUS-24	2968,07	-0,42 ^{ns}	18547,47 ^{ns}	4,58	505406,85	990396,76	262911,89
UFUS-25	2670,97	2,11 ^{ns}	594942,90 ^{**}	17,48	873863,03	883957,97	868815,56
BRSMG Garantia	3287,45	-0,33 ^{ns}	161045,94 ^{ns}	1,34	286256,00	577830,42	140468,79
UFUS Impacta	3178,38	3,56 ^{ns}	-57785,60 ^{ns}	90,82	268673,48	184473,45	310773,49
UFUS Xavante	3548,2	3,23 ^{ns}	-98881,20 ^{ns}	99,65	61755,26	41195,98	72034,89
M-Soy 8914	3061,55	1,27 ^{ns}	-85185,12 ^{ns}	77,98	362939,99	566913,72	260953,13
UFUS Milionária	2938,16	3,22 ^{ns}	-97467,59 ^{ns}	99,24	459449,51	403336,71	487505,90

^{ns}não significativo; *significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; coeficiente de regressão linear (β_1), desvios da regressão linear (σ^2_{di}) e coeficiente de determinação (R^2).

Notou-se que a linhagem UFUS 7 apresentou adaptabilidade a ambiente desfavorável (β_1) <1 e alta estabilidade em virtude dos desvios não significativos de σ^2_{di} . Por outro lado as linhagens UFUS 9, UFUS 10 e UFUS 18 tiveram adaptação à ambiente favorável dado que os valores de (β_1) foram significativos ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t. No entanto, apenas as linhagens UFUS 9 e UFUS 10 apresentaram alta estabilidade e coeficientes de determinação superiores à 97%, e produtividades de 3648,96 e 3288,44 kg ha⁻¹ respectivamente.

As linhagens UFUS 2, UFUS 6, UFUS 8, UFUS 11, UFUS 14, UFUS 15, UFUS 17,UFUS 19, UFUS 21, UFUS 22, UFUS 23 e as cultivares UFUS Impacta, UFUS Xavante, M-Soy 8914 e UFUS Milionária apresentaram adaptabilidade geral e alta estabilidade (Tabela 2) e ainda apresentaram coeficientes de determinação superiores à 70%, segundo o método de Eberhart e Russel (1966), é aconselhável que os coeficientes de determinação sejam superiores a 70%.

Marques et al. (2011) avaliaram o comportamento médio, a adaptabilidade e estabilidade de sete cultivares de soja em três épocas de semeadura em Uberlândia-MG, pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centroide (ROCHA et al., 2005) e concluíram que a cultivar UFUS Xavante destacou-se com maior média de produtividade de grãos na primeira e segunda épocas de semeaduras, e que a interação significativa entre GxA sugere o comportamento diferenciado frente às oscilações ambientais, isto é, épocas de semeadura. É importante o conhecimento da adaptação e da estabilidade dos materiais genéticos em relação às épocas de semeadura, para identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, tornando-se mais prática a escolha de qual cultivar a adotar na semeadura.

Conforme Carneiro (1998), pelo método de Lin e Binns (1988) a recomendação geral de cultivares deve basear-se no P_i original; já para ambientes desfavoráveis no P_{id} e nos favoráveis P_{if}. Na Tabela 2, observou-se pela metodologia de Lin e Bins (1988), modificado por Carneiro (1998) que a linhagem UFUS 10 e as cultivares UFUS Impacta e UFUS Xavante ,UFUS 18 e UFUS 23, adaptação a ambiente favorável, este resultado pode ser verificado pelos menores valores de Pi para os ambientes favoráveis.

As linhagens com adaptação geral foram a UFUS 3, UFUS 6 e UFUS 21 pois apresentaram menor valor de Pi geral e apresentaram produtividade de grãos superiores nos valores de 3315,69 kg ha⁻¹, 3232,47 kg ha⁻¹ e 3240,17 kg ha⁻¹ respectivamente. para

ambientes desfavoráveis as mais adaptadas foram as linhagens UFUS 3, UFUS 4, UFUS 5, UFUS 9, UFUS 11, UFUS 19 e UFUS 22 respectivamente (Tabela 2).

Pelo método Centroide (ROCHA et al., 2005) a máxima adaptabilidade geral é aquela que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores em todos os ambientes estudados (ideótipo IV). A classificação das linhagens e cultivares avaliadas neste estudo estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 Adaptabilidade e estabilidade pelo método do centroide em 25 linhagens e cinco cultivares de soja, cultivadas em três safras (2006/07, 2007/2008 e 2008/2009), em Campo Alegre-GO.

Genótipos	Classificação	Centroide			
		Prob (I)	Prob (II)	Prob (III)	Prob (IV)
UFUS-1	III	0,2543	0,1362	0,4575	0,152
UFUS-2	III	0,2752	0,1989	0,3139	0,212
UFUS-3	III	0,3269	0,1725	0,3280	0,1726
UFUS-4	III	0,2324	0,1505	0,4371	0,18
UFUS-5	III	0,2336	0,1577	0,4182	0,1904
UFUS-6	I	0,3161	0,2016	0,2885	0,1939
UFUS-7	III	0,1789	0,1426	0,4678	0,2107
UFUS-8	I	0,2928	0,2332	0,259	0,215
UFUS-9	I	0,5655	0,1599	0,1595	0,1152
UFUS-10	I	0,3189	0,3142	0,1839	0,183
UFUS-11	III	0,2681	0,1549	0,4051	0,1719
UFUS-12	IV	0,1567	0,1879	0,2354	0,42
UFUS-13	III	0,2294	0,1677	0,3944	0,2085
UFUS-14	III	0,2436	0,2233	0,2816	0,2515
UFUS-15	III	0,1847	0,1666	0,3785	0,2702
UFUS-16	III	0,2275	0,2060	0,307	0,2595
UFUS-17	III	0,2689	0,2183	0,2857	0,227
UFUS-18	II	0,2471	0,2990	0,2119	0,242
UFUS-19	III	0,2498	0,1623	0,3995	0,1883
UFUS-20	IV	0,2076	0,2295	0,2582	0,3046
UFUS-21	I	0,3241	0,2089	0,2737	0,1934
UFUS-22	III	0,1971	0,1411	0,4759	0,186
UFUS-23	II	0,2611	0,2803	0,2235	0,2351
UFUS-24	III	0,2218	0,1866	0,3469	0,2447
UFUS-25	IV	0,1854	0,2458	0,2195	0,3493
BRSMG Garantia	III	0,2915	0,1708	0,3563	0,1814
UFUS Impacta	I	0,3019	0,2584	0,2304	0,2093
UFUS Xavante	I	0,517	0,1635	0,1914	0,1281
M-Soy 8914	III	0,2575	0,213	0,2961	0,2334
UFUS Milionária	II	0,2289	0,2757	0,2255	0,2698

Ideótipo I = Adaptabilidade geral; Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis; Ideótipo IV = Pouco adaptado.

Pelo método Centroide (ROCHA et al., 2005) (Tabela 3) verificou-se que as linhagens que apresentaram adaptabilidade geral (Classe I) foram a UFUS 6, UFUS 8, UFUS 9, UFUS 10, UFUS 21 e a cultivar UFUS Impacta e UFUS Xavante.

As linhagens classificadas para ambientes favoráveis foram a UFUS 18, UFUS 23 e a cultivar UFUS Milionária. Para ambientes desfavoráveis, foram classificadas a UFUS 1,UFUS 2,UFUS 3,UFUS 4,UFUS 5, UFUS 7,UFUS 11, UFUS 13, UFUS 14, UFUS 15, UFUS 16, UFUS 17, UFUS 19, UFUS 22 e as cultivares BRS/MG Garantia e MSOY 8914. Já para ambientes não adaptados, foram observadas as linhagens UFUS 12, UFUS 20 e UFUS 25, necessitando de maiores estudos.

Pelúzio et al. (2008) identificaram onze variedades não adaptadas; no grupo (IV) em estudos realizados com adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. Marques *et al.* (2011) também encontraram que pelo método de Centroide (ROCHA, 2005) três cultivares foram enquadradas no grupo IV. Na Tabela 3, foram classificados na classe geral (I) as linhagens UFUS 6, UFUS 21 e as cultivares UFUS Impacta e UFUS Xavante apresentaram ampla adaptação, corroborando com a mesma classificação exceto o genótipo 8 pelos métodos de Eberhart e Russel (1966) Lins e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).

Assim, como observado por Hamawaki et al. (2009), que estudaram o comportamento de linhagens de soja no Triângulo Mineiro e em Goiatuba-GO, que encontraram concordância entre os métodos estudados entre duas linhagens.

Em estudos de adaptabilidade e de estabilidade para a produtividade de grãos em duas regiões sojícolas, Oliveira et al. (2012) comentam que os métodos de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e o Centroide permitiram identificar e classificar genótipos de soja coerentemente. Semelhança de classificação dos genótipos ao adotar os mesmos métodos, também foi verificado por Barros et al. (2010) ao avaliarem cultivares de soja no Mato Grosso.

Predominantemente, observou-se concordância na classificação dos genótipos entre as metodologias de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Eberhart e Russel (1966) classificando igualmente a linhagem UFUS 10 adaptada à ambiente favorável. Ambos os métodos corroboraram entre si na classificação da linhagem UFUS 7 com adaptação para ambientes desfavoráveis.

CONCLUSÕES

1. As linhagens UFUS 9 e UFUS 10 pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) possuem adaptabilidade ampla, alta estabilidade e alta produtividade conferindo-lhes a possibilidade de semeadura em diferentes ambientes.
2. Pelo método de Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centroide (ROCHA, 2005) as linhagens UFUS 6, UFUS- 21 e as cultivares UFUS Impacta e UFUS Xavante se destacaram, ao apresentarem elevadas médias de produtividade de grãos e ampla adaptação e alta estabilidade.
3. As linhagens UFUS 12, UFUS 20 e UFUS 25 não são adaptados segundo o método Centroide (ROCHA, 2005).

REFERÊNCIAS

BARROS, H. B.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 359-366, 2010.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa. 1998. 168f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CARVALHO, C.G.P.; et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 187-193, 2003.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos – sexto levantamento**. Brasília: CONAB, março de 2013, 26 p. Disponível em:
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_03_07_10_39_19_levantamento_safras_graos_6.pdf Acesso em: 16 jan. 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012. 585p.

CRUZ. C.D. **Programa GENES- aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, MG: UFV, 2009.

DIAS, F.T.C.; et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter rendimento de grãos em cultivares de soja para o Estado do Ceará. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 129-134, 2009.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

FARIAS, F. J. C.; et al. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v. 32, v. 4, p. 407-414, 1997.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 14, n. 5, p. 742-754, 1963.

FRANCO, P.B.; HAMAWAKI, O.T. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em goiás no ano 2004/2005. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 51-64, 2009.

HAMAWAKI, O.T.; et al. Comportamento de linhagens de soja no triângulo mineiro e em Goiatuba-Go. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 5, p. 36-42, 2009.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.

MAIA, M. C. C.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 215-226, 2006.

MARQUES, M. C.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em deferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 59-69, 2011.

NUNES, G. H. S.; et al. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p 49-58, 2002.

OLIVEIRA, L.G.; et al. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de soja em duas regiões sojícolas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 852-861. 2012.

PELUZIO, J. M.; et al. Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.455-462, 2008.

ROCHA, R. B.; et al. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R de C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 553-604.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

VASCONCELOS, E.S.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos semitardios e tardios no estado de minas gerais. **Acta scientiarum**, Maringá, v.32, n.3, p.41415, 2010.

CAPITULO II

**CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS E GENOTÍPICAS DE LINHAGENS DE SOJA
ORIUNDAS DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE SOJA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

RESUMO

A seleção e a recomendação de genótipos superiores são atividades básicas de um programa de melhoramento genético. O conhecimento das correlações fenotípica e genotípica contribui para a definição das melhores estratégias de seleção. A obtenção de genótipos com alta produtividade de grãos é o principal objetivo dos programas de melhoramento de soja. A interação genótipos x ambientes ($G \times A$) constitui-se numa das principais dificuldades na fase de recomendação de cultivares. Sabe-se que a interação $G \times A$ pode ser reduzida, utilizando-se cultivares específicas para cada ambiente ou de ampla adaptabilidade e alta estabilidade. O objetivo deste trabalho foi estudar a adaptabilidade e estabilidade de 25 linhagens de soja e a correlação fenotípica e genotípica de 24 linhagens de soja, todas oriundas do programa de melhoramento de soja da Universidade Federal de Uberlândia. O estudo de adaptabilidade e estabilidade foi realizado com 30 genótipos, sendo 25 linhagens e cinco testemunhas (BRS MG Garantia, UFUS Impacta, UFUS Xavante, UFUS Milionária, M-Soy 8914) em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições, em três épocas de semeadura (novembro de 2006, novembro de 2007 e novembro de 2008) no município de Campo Alegre-GO. Em cada parcela foi determinada a produtividade de grãos. Para o estudo sobre adaptabilidade e estabilidade utilizaram-se os métodos de Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988) modificados por Carneiro (1998) e Centroide (ROCHA, 2005). A média da produtividade de grãos foi de $3104,201 \text{ kg ha}^{-1}$. As linhagens UFUS 6, UFUS- 21 e as cultivares UFUS Impacta e UFUS Xavante se destacaram ao apresentarem elevadas médias de produtividade de grãos, ampla adaptação e alta estabilidade por todos os métodos estudados. Para estudar as correlações entre caracteres agronômicos de soja, realizou-se um experimento na Fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG. No dia 24 de maio de 2012, realizou-se a semeadura convencional de 24 linhagens oriundas do programa de melhoramento de soja UFUS e 3 cultivares (BR/MG46-Conquista, UFUS Carajás e UFUS Guarani). Avaliaram-se os caracteres, número de dias para florescimento e maturidade respectivamente; altura da planta no florescimento e maturidade; número de nós na haste principal no florescimento e maturidade respectivamente; altura da primeira vagem; produtividade de grãos por planta; número total de vagens por planta; e peso médio de cem grãos. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional em genética e estatística GENES (CRUZ, 2009). Para o coeficiente de determinação genotípica, os maiores valores encontrados foram para peso médio de cem grãos (95,01%) e o menor para o número total de vagens (36,54%). Os caracteres peso médio de cem grãos e número total de vagens correlacionaram-se positivamente com o caráter produtividade de grãos, sendo assim, poderão ser utilizados como critério de seleção indireta.

Palavras-chave: *Glycinemax*. Melhoramento genético. Seleção indireta.

ABSTRACT

The selection and recommendation of superior genotypes are basic activities of a breeding program. The knowledge of phenotypic and genotypic contributes to defining best selection strategies. Obtaining genotypes with high grain yield is the main goal of soybean breeding programs. The genotype x environment interaction (G x E) constitutes one of the major difficulties during cultivar recommendation. It is known that the interaction G x A can be reduced by using environment-specific cultivars or wide adaptability and high stability. The objective of this work was to study the adaptability and stability of 25 soybean lines and phenotypic and genotypic correlation of 24 soybean lines, all from the soybean breeding program at the Federal University of Uberlândia. The study of adaptability and stability was conducted with 30 genotypes, 25 strains and five witnesses (BRSMG Garantia UFUS Impacta, UFUS Xavante UFUS Milionária, M-Soy 8914) in a randomized complete block design with three replications in three seasons sowing (November 2006, November 2007 and November 2008) in the city of Campo Alegre-GO. In each plot was determined the productivity of grains. For the study on adaptability and stability, we used the methods of Eberhart and Russell (1966), Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998) and Centroid (ROCHA, 2005). The average grain yield was 3104.201 kg ha⁻¹. As UFUS strains 6, 21 and UFUS-cultivars UFUS Impacta and UFUS Xavante stood out to have high average yield, wide adaptation and high stability for all methods studied. To study the correlations between agronomic characters of soybean, an experiment was conducted at Capim Branco Farm, Uberlândia, MG. On May 24, 2012, it was done a conventional sowing of 24 strains derived from the soybean breeding program UFUS and 3 cultivars (BR/MG46-Conquista, UFUS UFUS Carajás and UFUS Guarani). It was evaluated the characters, the days to flowering and maturity respectively; plant height at flowering and maturity, number of nodes on the main stem at flowering and maturity respectively, first pod height, grain yield per plant, total number of pods per plant, and average weight of a hundred grains. Statistical analyzes were performed by the computer program in genetics and statistics GENES (Cruz, 2009). For the determination coefficient, the highest values were found for average weight of hundred grains (95.01%) and the lowest for the total number of pods (36.54%). The characters mean weight of one hundred grains and total number of pods were positively correlated with grain yield and thus can be used as an indirect selection criterion.

Keywords: Glycine max. Breeding. Indirect selection.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que é de grande importância, em um programa de melhoramento genético, a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, tais como herdabilidades, correlações genéticas e fenotípicas, pois, por meio delas, torna-se possível a tomada de decisões para a escolha do método mais adequado para seleção (FARIAS, 2008).

O melhoramento de caracteres como produtividade de grãos, altura da planta na maturidade, acamamento da planta na maturidade, ciclo da planta e tamanho das sementes são fundamentais para a obtenção de novas cultivares competitivas em relação às já existentes. Sabe-se que, em caracteres com baixa herdabilidade, a eficiência do processo de seleção é dificultada, principalmente devido à influência ambiental, que ao interagir com os genótipos pode alterar as estimativas de herdabilidade (YOKOMIZO; DUARTE; VELLO, 2000).

As correlações medem o grau de associação entre duas variáveis (STEEL; TORRIE, 1980). Altas correlações podem viabilizar a prática da seleção indireta em gerações precoces ou no decorrer do ciclo vegetativo, podendo ser úteis na obtenção de ganhos genéticos (CARPENTIERI; GASTALDI; PÍPOLO, 2005). Para quantificar a magnitude de uma correlação entre caracteres existe uma padronização que varia de -1 a 1, em que zero indica ausência de relação linear, 1 indica perfeita relação linear positiva, ou seja, os componentes variam no mesmo sentido e -1, quando há perfeita relação linear negativa, variando em sentidos contrários (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004).

O conhecimento da magnitude das estimativas de herdabilidade, dos coeficientes de correlação genética e fenotípica, das estimativas de ganho esperado com seleção, e as implicações dos efeitos ambientais sobre estas estimativas, refletidas na interação entre genótipo e ambiente são de fundamental importância para a tomada de decisões. (ROSSMANN, 2001).

Existem dois tipos de correlação, a genética e a fenotípica. As principais causas das correlações genéticas são o pleiotropismo e as ligações gênicas transitórias. O pleiotropismo é o fenômeno pelo qual um gene afeta simultaneamente duas ou mais características (FALCONER; MACKAY, 1996).

Vários estudos sobre correlação podem ser encontrados na literatura, como o de Salimi e Moradi (2012) que estudaram o efeito da correlação, regressão e análise de

trilha em genótipos de soja sob condição hídrica normal e de alta umidade. Almeida; Peluzio; Aferri (2010) estudaram correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins.

Em estudos sobre correlações, Malik et al. (2007), obtiveram correlações genotípicas maiores quando comparadas com as fenotípicas. A correlação resultante do pleiotropismo expressa o efeito total de todos os genes em segregação. O desequilíbrio da ligação gênica é causa transitória da correlação e poderá ser alterado em gerações avançadas por quebra nos conjuntos gênicos pelas permutas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Nogueira et al. (2012), estudando análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura, concluíram que a época de semeadura influenciou nas correlações fenotípicas e genotípicas para a produtividade de grãos e a maioria dos caracteres agronômicos. A seleção de plantas mais altas, com maior número de vagens, florescimento e ciclo mais tardio associados à alta correlação com a produtividade de grãos, possibilitaria o melhoramento indireto para a produtividade de grãos, segundo o estudo realizado por Pelúzio et al. (2005).

A interpretação da magnitude de uma correlação simples pode, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção quando uma correlação alta entre dois caracteres for consequência do efeito indireto de outros caracteres (DEWEY; LU, 1959), com intuito de entender melhor as causas envolvidas nas associações entre caracteres.

A herdabilidade é uma das propriedades mais importantes de um caráter poligênico, pois, segundo Carvalho, Silva e Kurek (2001) expressa a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético, indicando em outras palavras, a superioridade fenotípica de origem genética que pode ser transmitida aos descendentes.

Para se obter sucesso em um programa de melhoramento, é fundamental que se possa identificar, a partir dos valores fenotípicos, os indivíduos de valores genotípicos desejáveis e a maior concentração de alelos favoráveis. De maneira geral, dois fatores dificultam o reconhecimento da superioridade genética de um indivíduo ou família: a dominância e o efeito aleatório do ambiente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

A importância do conhecimento da variabilidade genética nos programas de melhoramento genético de plantas ou a quantificação dessa variabilidade estão relacionadas a diferenças genéticas e permitem conhecer o potencial da população em que se pretende fazer seleção (MIRANDA, 1998).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar as correlações fenotípicas, genotípicas de 24 linhagens de soja oriundas do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia.

1. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia – MG, situada a uma latitude 18° 55' 23" S e longitude 48° 17' 19" W, a uma altitude média de 872 metros. A média anual pluviométrica se dá em torno de 1.250 a 1.500 mm. Anteriormente à semeadura foram realizadas as operações de aração, gradagem, sulcamento e adubação.

No dia 24 de maio de 2012, realizou-se a mensuração e o estakeamento da área. Posteriormente, foi realizada a semeadura manual dos materiais genéticos. O delineamento experimental adotado foi o de esquema de blocos completos casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 24 linhagens de soja oriundas do programa de melhoramento de soja UFUS e três cultivares (UFUS Carajás, UFUS Guarani e BR/MG46-Conquista).

Cada parcela foi representada por duas linhas de plantas de soja com 5 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre fileiras. A parcela útil foi de 5 m².

No momento da semeadura, as sementes foram tratadas com o inseticida Cruiser 350 FS®, com fungicida Vitavax® Thiram 200 SC e o fertilizante Néctar® respectivamente, na dosagem indicada para a cultura. Posteriormente, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, produto comercial Biomax® premium líquido na dosagem recomendada.

O controle de pragas foi realizado com os produtos Dimilin® Nortox® e Engeo TM Pleno; para o controle de doenças foram utilizados Opera®, Fox®, Aproach® Prima e Priori Xtra® todos na dosagem indicada para a cultura e a recomendação segundo Embrapa (2012).

O controle de plantas daninhas foi realizado com capinas manuais, à medida que se fizeram necessárias, e a irrigação realizada conforme a necessidade hídrica.

A metodologia de descrição dos estádios de desenvolvimento das plantas foi a proposta por Fehr e Caviness (1977), cujo processo é dividido em estádios vegetativos e reprodutivos. Os estádios vegetativos são designados pela letra V e os reprodutivos pela letra R, com exceção de VE (emergência) e VC (cotilédone); as letras V e R são seguidas de índices numéricos que identificam estádios específicos, nessas duas fases do desenvolvimento da planta. Os caracteres avaliados foram:

1.1 Número de dias para florescimento (NDF)

É o número de dias desde a emergência até o florescimento quando 50% das plantas da parcela apresentavam pelo menos uma flor completamente aberta (R_1-R_2).

1.2 Número de nós no florescimento (NNF)

Realizou-se a contagem do número de nós na haste principal quando 50% das plantas da parcela encontravam-se no estádio R2.

1.3 Altura da planta na florescimento (APF)

Distância em cm, medida a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal, quando as plantas encontravam-se no estádio R2.

1.4 Número de dias para maturidade (NDM)

É o período de dias desde a emergência até a maturidade, quando 95% das vagens da área útil da parcela estavam maduras (R_8).

1.5 Altura da planta na maturidade (APM)

Quando se encontravam no estádio reprodutivo R_8 , em que 95% de vagens já atingiria a cor de vagem madura.

1.6 Número de nós na maturidade (NNM)

Foi contabilizado o número de nós na haste principal quando 90% da linha encontravam-se no estádio R8.

1.7 Altura de inserção de primeira vagem (APV)

É a distância a partir da superfície do solo até a inserção da primeira vagem na haste principal.

1.8 Produtividade de grãos (Prod)

Avaliada por meio da colheita da área útil de cada parcela e pesagem dos grãos obtidos. Os dados foram ajustados a partir do número de plantas contabilizados na área útil. Em seguida, foram transformados de gramas por parcela para kg ha^{-1} , sendo essa produtividade corrigida para teor de umidade de 13%, conforme a fórmula:

$$PF = \frac{PI \times (100 - UI)}{100 - UF}$$

Em que: PF: peso corrigido da amostra; PI: peso inicial da amostra; UI: umidade inicial da amostra; UF: umidade final da amostra (13%).

À medida que as plantas atingiam a maturação de colheita, quando os grãos se encontravam com 13 a 15% de umidade, foi feita a seleção visual das cinco plantas de cada linha, posteriormente foi realizada a colheita de toda a parcela. Após a colheita, foi contabilizado o número de vagens de cada planta das cinco plantas e trilhadas individualmente manualmente em saquinhos de papel; o restante das parcelas foi trilhado, beneficiado, pesado, identificado e armazenado em sacos de papel em câmara fria.

1.9 Peso de cem grãos (PCG)

Peso em gramas, obtido após a secagem dos grãos; foram feitas subamostras de 100 grãos e pesadas em balança digital.

1.10 Análise estatística

Após a tabulação de todos os dados, realizou-se a análise de correlações fenotípicas e genotípicas, adotando-se o efeito de genótipos como efeitos fixos, conforme estimadores que se seguem.

1.10.1 Correlação fenotípica

$$rf = \frac{PMG_{xy}}{\sqrt{QMG_x QMG_y}}$$

Em que: rf: estimador da correlação fenotípica; PMG_{xy}: produto médio entre os genótipos para os caracteres X e Y; QMG_x: quadrado médio entre os genótipos para o caráter X; QMG_y: quadrado médio entre os genótipos para o caráter Y.

1.10.2 Correlação genotípica

$$r_G = \frac{(PMG_{XY} - PMR_{XY})/r}{\sqrt{\phi_{g(X)} \phi_{g(Y)}}} = \frac{\phi_{g(XY)}}{\sqrt{\phi_{g(X)} \phi_{g(Y)}}}$$

$$\phi_{g(X)} = \frac{QMG_X - QMR_X}{r}$$

$$\phi_{g(Y)} = \frac{QMG_Y - QMR_Y}{r}$$

Em que: $\phi_{g(XY)}$:estimador da covariância genotípica; $\phi_{g(X)}$ e $\phi_{g(Y)}$ estimadores dos componentes quadráticos associados às variabilidade genotípicas para os caracteres X e Y, respectivamente.

1.10.3 Coeficiente de correlação genotípica

Em que: VT: componente quadrático da variação entre genótipos, dado por QT-QR/r, QT: quadrado médio de tratamentos, QR: quadrado médio do erro experimental e r: número de repetições.

A significância da correlação fenotípica foi estimada pelo test t com n-2 graus de liberdade, em que n corresponde ao número de genótipos avaliados. A significância das correlações genotípicas foi avaliada pelo *bootstrap* com 5.000 simulações. As análises estatísticas foram realizadas com o Programa Genes (Aplicativo computacional em Genética e Estatística) (CRUZ, 2009).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Populações cujos indivíduos compõem uma amostra aleatória têm sido utilizadas em estudos sobre herdabilidade. Segundo Fonseca (1978), quando aplicadas a um conjunto de materiais genéticos pré-selecionados a utilização da expressão coeficiente de determinação genotípica que é análoga ao coeficiente de herdabilidade, expressa a variabilidade genética para um dado caráter.

No presente trabalho, verificou-se que os coeficientes de determinação genotípica (H^2) dos caracteres oscilaram de 36,54% (número total de vagens) a 95,01% (peso de cem grãos). Altos valores de coeficientes de determinação genotípica, isto é, acima de 70% indicam a alta variabilidade genética e baixa influência ambiental na expressão dos caracteres (MATSUO et al., 2011).

Predominantemente, os coeficientes de determinação genotípica foram de alta magnitude, atestando que as variações de ambiente tiveram contribuição inferior às variações totais, indicando possibilidades de sucesso na seleção dos caracteres.

O H^2 para os caracteres número de dias para maturidade e peso de cem grãos foram superiores a 90%. Estes resultados corroboram aos obtidos por Yokomizo; Duarte; Vello (2000), os quais observaram H^2 de 95,55% para peso de cem grãos e 90,51% para número de dias para maturidade. Por outro lado, os mesmos autores verificaram H^2 de 57,57% para produtividade de grãos, inferior a 75,63% verificado nesse estudo (Tabela 1).

TABELA 1. Coeficiente de determinação genotípica para os caracteres agronômicos de soja, avaliados em 27 genótipos, na semeadura de 24 de maio de 2012. Uberlândia-MG.

Caracteres	(H^2)
Número de dias para o florescimento (NDF)	94,67
Altura da planta no florescimento (APF)	74,59
Número de nós na haste principal no florescimento (NNF)	70,12
Número de dias para maturidade (NDM)	90,63
Altura da planta na maturidade (APM)	74,03
Altura da inserção da primeira vagem (APV)	67,16
Número de nós na haste principal na maturidade (NNM)	78,71
Número total de vagens por planta (NTV)	36,54
Produtividade de grãos (PROD)	75,63
Peso de cem grãos (PCG)	95,01

Para fins de melhoramento, é importante identificar os caracteres de alta correlação com caráter principal e de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal modo que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

No presente trabalho, verificou-se que houve predominantemente, correlações genotípicas, para a maioria dos caracteres, com valores mais elevados do que as fenotípicas e de igual sinal (Tabela 2), sendo essa característica bastante favorável para um programa de melhoramento cujo objetivo é praticar seleção indireta. Contudo, é válido enfatizar, que uma alta correlação entre dois caracteres não implica que a seleção em um resultará em alteração no outro, pois deve-se levar em consideração a herdabilidade do caráter sob seleção.

TABELA 2. Correlações fenotípicas (rf) e genotípicas (rg) entre nove caracteres agronômicos avaliados em 27 genótipos de soja, na semeadura de maio de 2012, Uberlândia-MG.

Caráter		APF	NNF	NDM	APM	APV	NNM	NTV	Prod	PCG
NDF	rf	0,87**	0,65**	0,61**	0,58**	0,32 ^{ns}	0,53**	-0,33 ^{ns}	-0,43*	-0,39*
	rg	0,98 ⁺⁺	0,75 ⁺⁺	0,64 ⁺⁺	0,66 ⁺⁺	0,38	0,61 ⁺⁺	-0,54	-0,52 ⁺⁺	-0,41 ⁺
APF	rf		0,77**	0,54**	0,70**	0,47*	0,53**	-0,15 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,33 ^{ns}
	rg		0,84 ⁺⁺	0,65 ⁺⁺	0,69 ⁺⁺	0,56 ⁺	0,54 ⁺	-0,38	-0,23	-0,41 ⁺
NNF	rf			0,50**	0,66**	0,38*	0,70**	0,05 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,32 ^{ns}
	rg			0,63 ⁺⁺	0,72 ⁺	0,49	0,82 ⁺⁺	-0,06	-0,06	-0,39
NDM	rf				0,56**	0,27 ^{ns}	0,42*	-0,24 ^{ns}	-0,41*	-0,74**
	rg				0,67 ⁺⁺	0,30	0,49 ⁺⁺	-0,52	-0,54 ⁺⁺	-0,80 ⁺⁺
APM	rf					0,70**	0,83**	-0,02 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-0,48*
	rg					0,87 ⁺⁺	0,85 ⁺⁺	-0,17	-0,41	-0,57 ⁺⁺
APV	rf						0,60**	-0,05 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
	rg						0,68 ⁺⁺	-0,15	-0,19	-0,20
NNM	rf							0,02 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,39*
	rg							-0,09	-0,47 ⁺	-0,45 ⁺⁺
NTV	rf								0,38*	-0,02 ^{ns}
	rg								0,53	-0,04
Prod	rf									0,52**
	rg									0,60 ⁺⁺

**,* : Significativo a 1 e 5%, pelo teste t, respectivamente.++,+ : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo método de bootstrap com 5000 simulações.. NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade respectivamente; APF e APM: altura da planta no florescimento e maturidade respectivamente; NNF e NNM: número de nós na haste principal no florescimento e maturidade respectivamente; APV: altura da primeira vagem; PG: produtividade de grãos por planta; NVP: número total de vagens por planta; PCG: peso médio de cem grãos.

Para os caracteres NDF e NNF houve correlação fenotípica significativa positiva com estimativa de 0,65. A floração é a etapa em que a planta passa do estádio

vegetativo para o reprodutivo; com isso, conforme haja um prolongamento do estádio vegetativo, haverá um maior crescimento da planta e, consequentemente, maior quantidade de nós na haste principal.

Verificou-se correlação significativa, negativa de média magnitude entre NDF e PROD nos valores de -0,43 e -0,52 (Tabela 2), fenotípica e genotípica respectivamente, divergente ao encontrado por Almeida; Peluzio; Aferri (2010), que apresentaram uma correlação de forte magnitude, significativa e de sinal positivo entre essas características. Também foi encontrada correlação de média significância de diferente sinal entre APM e PCG; verificou-se que, quanto maior a altura da planta a tendência é de que menor seja o peso dos grãos, pois haverá maior demanda de fotoassimilados para o crescimento da planta, tornando menor o peso da semente. De acordo com Carvalho; Lorencetti; Benin (2004), se o coeficiente apresentar sinal negativo, os caracteres avaliados tendem a variar em sentidos contrários.

Para o caráter NDM com PROD, houve uma correlação negativa, significativa de média magnitude discordando com o encontrado por Lopes et al. (2002), que encontraram correlação alta, positiva e significativa para esse caráter. Segundo Cruz; Regazzi; Carneiro (2012), deve-se ficar atento quando um caráter se correlaciona negativamente com alguns e positivamente com outros, pois corre-se o risco de selecionar e provocar mudanças indesejáveis em outros caracteres.

Houve correlação significativa e positiva para os caracteres NDF e NDM de 0,61 e 0,64 para as correlações fenotípica e genotípica, respectivamente (Tabela 2), corroborando com o encontrado por Salimi e Moradi (2012), que verificaram resultados similares, ao estudarem o efeito da correlação, regressão e análise de trilha em genótipos de soja sob condições normais e de alta umidade. A soja é sensível ao fotoperíodo, por isso, a época de semeadura é também um fator de elevada importância, mesmo que haja uma alta herdabilidade para o ciclo da planta, o ambiente influencia além do rendimento, a arquitetura e o comportamento da planta (AMORIM et al., 2011).

A correlação significativa, positiva entre APF e NNF e de alta magnitude comprova a tendência de uma planta mais alta possuir uma maior quantidade de números de nós na haste principal, sendo essa uma característica a ser levada em conta já que o referencial da correlação genotípica apresentou maior valor quando comparado à correlação fenotípica.

Segundo Falconer (1996), as correlações positivas são, possivelmente, devidas ao pleiotropismo ou desequilíbrio de ligações gênicas, que favorece a seleção de dois ou mais caracteres.

Verificaram-se correlações significativas e negativas para alguns caracteres; parte dessas correlações negativas se deve à época de semeadura, Nogueira et al. (2012) concluíram que a época de semeadura influenciou na magnitude das correlações fenotípicas e genotípicas entre diferentes caracteres.

Segundo Komori et al. (2002) semeadura em época inadequada pode causar redução drástica no rendimento, bem como dificultar a colheita mecânica de tal modo que as perdas, nessa operação, possam chegar a níveis muito elevados, porque ocorrem alterações na altura da planta, na altura de inserção das primeiras vagens, no número de ramificações e no acamamento.

Houve correlação significativa e negativa entre NDM e PCG, corroborando o encontrado por Arshad et al. (2006), que, estudando correlações e análise de trilha em soja, observaram correlação significativa e negativa para os mesmos caracteres.

Almeida et al. (2010) ao estudarem correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada no sul do Tocantins, encontraram correlação significativa positiva entre PCG e NDF diferente ao encontrado neste presente trabalho, que encontrou, para essas características, correlação significativa negativa.

Para os caracteres NNM com APM e APV, houve correlação significativa, positiva e de alta magnitude (Tabela 2). A correlação entre NDF com APF foi positiva, significativa e de alta magnitude cujas estimativas de correlações fenotípica e genotípica foram de 0,87 e 0,98 respectivamente (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Nogueira et al. (2012), que encontraram valores de alta magnitude, positivos e significativos para os mesmos caracteres em duas épocas de semeadura.

Pelúzio et al. (1998), estudando correlações fenotípicas da soja no estado de Tocantins, encontraram uma correlação fenotípica significativa de mesmo sinal, assim como a encontrada no presente trabalho entre os caracteres NDM e APM nos valores de 0,56 e 0,67 respectivamente para as correlações fenotípica e genotípica.

O conhecimento das correlações entre os caracteres ligados à produtividade de grãos é primordial nos programas de melhoramento genético, pois facilita a seleção dos genótipos favoráveis e permite um direcionamento a metodologia de seleção (PELUZIO et al., 1998).

O número total de vagens é um dos componentes que resultam na produtividade de grãos. Verificou-se correlação positiva significativa entre NTV e PROD, resultados concordantes com os obtidos por Arshad, Ali e Ghafoor (2006).

Entre APF e APM notou-se uma correlação de alta magnitude, significativa de mesmo sinal, cujas estimativas de correlações fenotípica e genotípica foram de 0,70 e 0,69 respectivamente (Tabela 2). Quando dois caracteres apresentem correlação genética favorável, é possível obter ganho para um deles por meio da seleção indireta (FALCONER; MACKAY, 1996).

Correlações positivas, significativas e de média magnitude podem ser verificadas entre NDM e NNM, pois quanto maior o ciclo da planta, maior seu crescimento, aumentando o número de internódios produtivos, levando a este resultado.

De acordo com EMBRAPA (2012) a sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento é atrasado. O ciclo da planta está intimamente ligado com a indução da planta à floração, acarretando assim na correlação positiva, significativa de média magnitude entre o NDF e APM, pois quanto mais dias para indução à floração a planta terá um maior ciclo vegetativo resultando em maior valor da altura final.

Diferente ao encontrado por Arshad, Ali e Ghafoor (2006), foi observada correlação negativa não significativa entre os caracteres NTV e PCG. Por se tratar de um caráter complexo, a produtividade é resultado da expressão e de associação de diferentes componentes (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004).

A correlação positiva significativa de média magnitude entre PROD e PCG pode ser explicada pela compensação que normalmente ocorre com a planta de soja; ocorre o aumento ou diminuição do tamanho das sementes devido à quantidade de vagens em desenvolvimento.

Para a característica APV, a maior correlação foi com APM, cujas estimativas de correlações fenotípica e genotípica foram de 0,70 e 87, respectivamente, corroborando os valores encontrados por Nogueira et al. (2012), que estudaram análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura, e divergindo em alguns aspectos conforme encontrado por Neto et al. (2012) que comprovaram que o caráter altura da primeira vagem (APV) foi o que menos teve correlações com as demais variáveis.

Outras características além da produtividade devem também ser melhoradas, ressaltando a importância de se conhecer o comportamento associativo entre os vários caracteres de interesse, pois a correlação existente pode vir a dificultar ou a facilitar o processo de seleção de caracteres em associação (YOKOMIZO; DUARTE; VELLO, 2000).

Coeficientes de correlação igual a zero foram verificados entre alguns caracteres como o de NDF com APV e NTV, APF com NTV, PROD, PCG, NNF com NTV, PROD e PCG, NDM com NTV, APM com NTV e PROD, APV com NTV, PROD e PCG, NNM com NTV e PROD, NTV com PCG e NDM com APV (Tabelas 2) o que não implica na falta de relação, apenas expressa a ausência de relação linear entre eles segundo Cruz; Regazzi; Carneiro (2012).

CONCLUSÕES

O maior valor para o coeficiente de determinação genotípica (H^2) foi para os caráter peso de cem grãos (95,01%) o menor para o caráter número total de vagens (36,54%).

A correlação de maior magnitude fenotípica, genotípica, significativa e positiva foi para o caráter número de dias para o florescimento com altura da planta no florescimento.

Os caracteres peso médio de cem grãos e número total de vagens correlacionaram-se positivamente com o caráter produtividade de grãos, por se tratar de componentes importantes, poderão ser utilizados como critério de seleção indireta.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 95-99, 2010.
- AMORIM, F.A.; et al. Época de semeadura no Potencial produtivo de Soja em Uberlândia-MG. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1793-1802, 2011.
- ARSHAD M.; ALI N.; GHAFOOR A. B. Character correlation and path coefficient in soybean *Glycine max* (L.) Merrill. **Pakistan Journal Botany**, Karachi, v. 38 n. 1, p. 121-130, 2006.
- CARPENTIERI-PÍPOLO,V.; GASTALDI, L.F.; PIPOLO, A.E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja Phenotypic correlations between quantitative characteristics in soybean. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, 2005.
- CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J. **Estimativas e Implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: Editora da UFPel, 2001. 99p.
- CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e Implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, p 142. 2004
- CRUZ, C.D. **Programa genes**: diversidade genética. Viçosa: UFV, 2009. 278 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. I. 3 ed. Viçosa: UFV, 2012, 480p.
- DEWEY, J.R.; LU, K.H. A correlation and path co-efficient analysis of components of crested wheat seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, p.515-518, 1959.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2012**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 255p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**, 4.ed. Longmans Green, Harlow, Essex, UK, 1996, 464p.
- FARIAS, G.J. **Avaliação de progêneres F_{2;4} de uma população de soja e perspectiva de melhoramento**. Piracicaba, 2008. 62f. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento de plantas) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2008.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 12p. (Iowa State University. Special Report, 80), 1977.

FONSECA,T.C. **Estimação de parâmetros genéticos visando à seleção de híbridos artificiais da amoreira (*Morus alba* L.).** Piracicaba, 1978. 51f. Dissertação (Dissertação Mestrado), Universidade de São Paulo, 1978.

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; ALMEIDA, E. F. Época de semeadura da Soja na Região do Triângulo Mineiro. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v.36, n. 3, p. 10-15, 2002.

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

MALIK, M.F.A.; et al. Assessment of genetic variability, correlation and path analyses for yield and its components in soybean. **Pakistan Journal of Botany**. Islamabad, v.39, n.2, p. 405-413, 2007.

MATSUO, E.; et al. Genetic diversity in soybean genotypes with resistance to Heterodera glycines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, n.11, p. 304-312, 2011.

MIRANDA, G.V. **Diversidade genética e desempenho de cultivares de soja como progenitores.** Viçosa, 1998. 117f. Tese (Doutorado em Genética em Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

NETO, F.A.; et al. Desempenho agronômico de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no cerrado piauiense. **Comunicata Scientiae**, Teresina, v. 3,n.3, p. 215-219, 2012.

NOGUEIRA, A.P.O.; et al. 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.

PELUZIO, J.M.; et al. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre alguns caracteres de soja, em Pedro Afonso, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v.45, p.303-308, 1998.

PELÚZIO, J. M.; et al. Correlações entre caracteres de soja, em Gurupi, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, p. 779-786, 2005.

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos.** Piracicaba, 2001. 80p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2001.

SALIMI,S.; MORADI,S. Effect the Correlation, Regression and Path Analysis in Soybean Genotypes (*Glycin Max* L.) under Moisture and normal condition. **Journal of Agronomy and Plant Production.** Tehran, v. 3, n.10, p. 447-454, 2012.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics.**2. Ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633p.

YOKOMIZO, G.K.; DUARTE, J.B.; VELLO, N.A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.11, p.2235-2241, 2000.