

FABIANO FARIA BISINOTTO

**CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES COMO CRITÉRIO DE
SELEÇÃO INDIRETA, 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 a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

Co-Orientadora
Profª. Drª. Ana Paula Oliveira Nogueira

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

FABIANO FARIA BISINOTTO

**CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO
INDIRETA, 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 a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 30 de agosto de 2013

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Oliveira Nogueira
(Co-Orientadora)

UFU

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

UFU

Prof^a. Dr^a. Sybelli M. C. Gonçalves Espindola

UNIFEB

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

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

Aos meus pais, Leonardo José Bisinotto e Maria Inês de Faria Bisinotto, pelo exemplo de pessoas. Pelo amor, pela dedicação e pela abdicação empregadas para apoiar e incentivar meus sonhos.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus agradeço pela dádiva da vida, por iluminar e guiar sempre meus passos e por permitir a conclusão de mais uma etapa de minha vida.

À minha família, pela base sólida que sempre me deu forças para enfrentar a vida; todos sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado em todos os momentos; só vocês sabem as derrotas e vitórias que tive até então. Especialmente aos meus pais, pelo amor incondicional, pelos ensinamentos e exemplos de vida; se hoje chego até aqui é graças a vocês que, nas horas boas ou ruins, na proximidade ou na distância, sempre estiveram comigo de alguma forma. A minha irmã, pela amizade, pelo amor e pelo companheirismo. E à minha “segunda família” que, em Uberlândia, deu apoio, em especial ao meu “amor”, pelo amor, pelo companheirismo, pela paciência, pela lealdade e pela ajuda para vencer esta etapa.

Ao meu orientador o Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki, pela oportunidade concedida, pelo apoio, pelos ensinamentos e pela paciência durante esta caminhada.

À Prof^a. Dr^a. Sybelli M. C. Gonçalves Espindola, pelos ensinamentos que me ajudaram desde a época de graduação, pela amizade, pela paciência e empenho que colaborarão para a conclusão deste trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Ana Paula Oliveira Nogueira, pelos ensinamentos, pela amizade, pela paciência que me ajudaram na conclusão deste trabalho.

À Céleres Consultoria, pela oportunidade e a todos os colegas que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

À todas as instituições que cederam áreas e recursos humano para a condução dos ensaios, em especial à Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU, e aos amigos do GEMEP, Grupo de Estudo em Melhoramento de Plantas, pelo trabalho e esforço para a condução dos ensaios e foi ai que essa jornada se iniciou.

A todos os estagiários e integrantes do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia, que deram todo apoio e se esforçaram para a realização dos experimentos, pois, sem vocês, seria impossível a conclusão.

Enfim a todos os que, de alguma forma, participaram dessa etapa o meu **MUITO OBRIGADO!**

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Origem, classificação taxonômica e botânica da soja	16
2.2 Produção e importância econômica da soja.....	17
2.3 Melhoramento genético da soja	18
2.4 Programa de melhoramento e cultivares de soja UFU	20
2.5 Correlações entre caracteres e análise de trilha	21
2.6 Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade e estabilidade	22
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO I - CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES E ANÁLISE DE TRILHA EM SOJA.....	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO.....	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1 Características do local.....	33
2.2 Instalação e execução do experimento	35
2.3 Caracteres agronômicos avaliados.....	35
2.4 Análises estatísticas	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4 CONCLUSÕES	47
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO II - ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE SOJA.....	51
RESUMO	52
ABSTRACT	53
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1 Características dos locais dos experimentos realizados	56
2.2 Instalação e execução dos experimentos	56

2.3 Produtividade de grãos	58
2.4 Análises estatísticas	58
2.4.1 Análise de variância.....	58
2.4.2 Avaliação da adaptabilidade e estabilidade	60
2.4.2.1 Metodologia de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998)	60
2.4.2.2 Metodologia Centroide	61
2.4.2.3 Metodologia proposta por Annicchiarico (1992)	63
2.4.2.4 Metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989)	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4 CONCLUSÕES	74
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I: CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES E ANÁLISE DE TRILHA EM SOJA

TABELA 1. Coeficiente de determinação genotípico para os caracteres agronômicos de soja, avaliados em 35 genótipos, na safra 2011/12. Uberlândia-MG..... 41

TABELA 2. Correlações fenotípicas (rf) e genotípicas (rg) entre nove caracteres agronômicos avaliados em 35 genótipos de soja, na safra 2011/12, Uberlândia-MG..... 42

TABELA 3. Estimativa dos efeitos diretos, indiretos fenotípicos (E.F) e genotípicos (E.G) dos caracteres APF, NDM, APM, AIV, NNM, NV3, PMG, NTV sobre a produtividade de grãos em 35 genótipos de soja em Uberlândia – MG. 45

CAPÍTULO II: ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE SOJA

TABELA 1. Municípios, coordenadas geográficas, altitude e tipos de solo dos locais dos experimentos. 56

TABELA 2. Codificação dos ambientes de instalação dos experimentos. 57

TABELA 3. Resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos de produtividade de grãos (kg ha^{-1}), em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes. 64

TABELA 4. Decomposição da parte complexa da interação genótipos x ambientes entre pares de ambientes, para o caráter produtividade de grãos. 65

TABELA 5. Média de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998) em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes. 67

TABELA 6. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método Centroide em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes.... 68

TABELA 7. Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992) em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes. 69

TABELA 8. Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989)

em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes..... 71

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

FIGURA 1. Efeitos da interação genótipos x ambientes, ilustrado por dois pares de genótipos e dois pares de ambiente; (A) Ausência de interação; (B) Interação simples e (C) Interação complexa. 23

CAPITULO I: CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES E ANÁLISE DE TRILHA EM SOJA

FIGURA 1. Acompanhamento de temperatura máxima, mínima e média na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2011/12, durante os meses de novembro de 2011 a maio de 2012. 34

FIGURA 2. Incidência de precipitação mensal na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2011/12, durante os meses de novembro de 2011 a maio de 2012. 34

FIGURA 3. Acompanhamento da umidade relativa na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2011/12, durante os meses de novembro de 2011 a maio de 2012.... 34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GxA	Genótipos x Ambientes
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
NC	Número de Condição
RNC	Registro Nacional de Cultivares
SECEX	Secretaria de Comercio Exterior
SSD	<i>Single Seed Descent</i>
VCU	Valor de Cultivo e Uso

RESUMO

BISINOTTO, FABIANO FARIA. Correlações entre caracteres como critério de seleção indireta, adaptabilidade e estabilidade em genótipos de soja. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) — Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma *Fabaceae* originária da China. Atualmente, é largamente cultivada no mundo e no Brasil, pois é fonte de óleo e de proteína, muito importante na alimentação humana e na animal. É um produto valorizado no comércio, sendo considerada uma *commodity*. Os programas de melhoramento de soja possuem como objetivo principal a obtenção de cultivares altamente produtivas, associadas a outras características de interesse, tais como, caracteres agronômicos, resistência a pragas e doenças, ampla adaptação, obtenção de sementes de melhor qualidade, eficiência no aproveitamento dos nutrientes, aumento do teor de óleo e de proteína. Nesse contexto, o conhecimento da correlação entre caracteres é de grande importância para o melhoramento, pois a seleção para um caráter pode influenciar positiva ou negativamente em outro. Durante o processo de melhoramento, a fim de obter uma nova cultivar, a ocorrência de interação genótipos x ambientes é uma das principais dificuldades para encontrar cultivares amplamente adaptadas e estáveis. Assim, este trabalho teve como objetivos avaliar a correlação entre caracteres agronômicos, estudar a análise de trilha em soja, estudar a interação genótipos x ambientes e determinar a adaptabilidade e a estabilidade produtiva em linhagens de soja. Para o estudo das correlações, o delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com 35 genótipos e três repetições, sendo 31 linhagens do programa de melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia e quatro cultivares comerciais (UFUS 7910, BRSGO 7560, UFUS Xavante, M-Soy 8866). Os caracteres avaliados foram: número de dias para o florescimento; altura da planta no florescimento, número de dias para maturidade, altura da planta na maturidade, altura da inserção da primeira vagem, número de nós na haste principal na maturidade, número de vagens com um, dois e três grãos por planta, número total de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos. Os caracteres altura de planta na maturidade e número de nós na maturidade apresentaram correlações fenotípicas e genotípicas positivas e significativas. O caráter peso de cem grãos foi positivamente correlacionado com produtividade de grãos, aliado ao alto efeito direto fenotípico e genotípico, sendo, portanto, útil para a seleção indireta visando ao aumento de produtividade de grãos em soja. Para estudar a adaptabilidade e a estabilidade, o delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com dezoito genótipos e três repetições, sendo quatorze linhagens do programa de melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia e quatro cultivares utilizadas como testemunhas (Emgopa 316, UFUS Guarani, UFUS Riqueza e M-Soy 8001). Os genótipos UFUS-09, UFUS-10 e UFUS-13 apresentaram ampla adaptabilidade e estabilidade nos ambientes testados, pois foram assim classificados em três metodologias analisadas. Para ambientes favoráveis, podem ser recomendados os genótipos UFUS-01, UFUS-06 e UFUS-08 e para ambientes desfavoráveis são recomendados os genótipos UFUS-11, UFUS-14 e a cultivar Emgopa 316 que foram assim classificados por três metodologias.

Palavras-chave: *Glycine Max*. Seleção. Adaptação. Intereração. Genótipos. Ambientes

¹ Comitê Orientador: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki-UFU e Ana Paula Oliveira Nogueira-UFU.

ABSTRACT

BISINOTTO, FABIANO FARIA. Correlations between characters as criteria for indirect selection, adaptability and stability between soybean genotypes. 77p. Dissertation (Master's Degree in Agronomy/Plant) — Federal University of Uberlândia.²

Soybean [*Glycine max (L.) Merrill*] is a *Fabaceae*, which comes from China. Currently, it is widely grown in the world and in Brazil, as it is a source of oil and protein, very important in feeding in general. It is a valued product in commerce, considered a commodity. Soybean breeding programs are to obtain highly productive cultivars, associated with other features of interest, such as agronomic characters, resistance to pests and diseases, wide adaptation, obtaining better quality seeds, efficiency in the use of fertility, increased oil and protein content. In this context, the knowledge of the correlation between characters is of great importance for the improvement as the selection of a character can positively or negatively influence another. During the breeding process to obtain new cultivars, one of the main difficulties to find cultivars widely adapted and stable is the occurrence of genotype x environment interaction. Thus, the aim of this study was to evaluate the correlation between agronomic characters, study soybean path analysis and the genotype x environment interaction, and establish adaptability and productive stability in soybean lines. For the study of correlations, the experimental design used was a complete randomized block with three repetitions and 35 genotypes, being 31 lines from the breeding program at Federal University of Uberlândia and four commercial cultivars (UFUS 7910, BRSGO 7560, UFUS Xavante, M-Soy 8866). The characters evaluated were: number of days to blooming, plant height at blooming, number of days to maturity, plant height at maturity, height of first pod, number of nodes on the main stem at maturity, number of pods with one, two and three grains per plant, total number of pods per plant, number of seeds per pod and grain productivity. The characters plant height at maturity and number of nodes at maturity showed positive and significant correlation between phenotypic and genotypic. The character of a hundred grains weight was positively correlated with grain productivity and combined with the high direct effect phenotypic and genotypic, therefore being useful for indirect selection in order to increase grain productivity in soybean. To study the adaptability and stability, the experimental design used was a complete randomized block with three repetitions and 18 genotypes, being 14 lines of the breeding program at Federal University of Uberlândia and four cultivars used as witnesses (Emgopa 316 UFUS Guarani UFUS Riqueza and M-Soy 8001). The UFUS-09-10 and UFUS UFUS-13 genotypes were considered to be widely adapted and stable in the environments tested, because they were thus classified in at least three methodologies analyzed. To favorable environments the UFUS-01-06 and UFUS UFUS-08 genotypes can be recommended, which were thus classified by three methodologies, studied. And to unfavorable environments are recommended UFUS-11-14 UFUS genotypes and cultivar Emgopa 316, which were thus classified by three methods. The use of more than one method can help and give greater confidence and safety on the recommendation of cultivars to the environments studied.

Keywords: *Glycine Max*. Selection. Adaptation. Interaction. Genotype. Environment

²Guidance Committee: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki – UFU e Ana Paula Oliveira Nogueira – UFU.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], é uma espécie largamente cultivada no mundo, pois é fonte principal de óleo e de proteína, importante na alimentação humana e na animal. É um produto valorizado no comércio, sendo considerada uma *commodity*; atualmente, o Brasil é o segundo produtor mundial dessa oleaginosa, sendo precedido apenas pelos Estados Unidos, no entanto, é maior exportador de grãos no mundo.

Para que o Brasil ocupasse essa posição de destaque na produção da soja, foram primordiais para a expansão do cultivo da oleaginosa na região central do Brasil os incentivos fiscais para a abertura de novas áreas de produção agrícola, o baixo valor de terras, a topografia plana favorável à mecanização, as boas condições físicas do solo da região, o desenvolvimento de um conjunto de tecnologias para a produção em zonas tropicais e principalmente o trabalho dos programas de melhoramentos para o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas e baixas latitudes (SEDIYAMA *et al.*, 2009).

Os programas de melhoramento, em geral, possuem como objetivo a obtenção de cultivares aprimoradas para um conjunto de caracteres e enfatizam a necessidade do conhecimento da natureza e da magnitude das correlações entre caracteres-alvo no melhoramento (FERREIRA *et al.*, 2003).

Cruz *et al.* (1988) e Vencovsky e Barriga (1992) afirmam que estudos de correlações fornecem informações para o melhoramento genético. O conhecimento da correlação entre caracteres é importante, pois auxilia na seleção de caracteres que são difíceis de serem mensurados, identificados ou possuem baixa herdabilidade (FERREIRA *et al.*, 2008; CARPENTIERI-PÍPOLO; GASTALDI; PÍPOLO, 2005).

Para resultados positivos na produtividade, a interação genótipos x ambientes (GxA) possui grande importância no resultado final, e para isso a planta precisa ter boa adaptabilidade, que está relacionada com a capacidade genotípica de resposta à melhoria do ambiente; e estabilidade, que corresponde à capacidade do genótipo de apresentar comportamento previsível de acordo com as mudanças ambientais (BARROS *et al.*, 2010). Assim, a condução de redes de experimentos abrangendo diversos ambientes e genótipos distintos é considerada como uma importante estratégia na avaliação da interação genótipos x ambientes (GxA) e na adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados a fim de se obter

maior representatividade e confiabilidade na indicação de novas cultivares para determinadas regiões de cultivo.

Isso posto, este trabalho teve como objetivos avaliar a correlação entre caracteres agronômicos, proceder à análise de trilha em soja, estudar a interação genótipos x ambientes e determinar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em linhagens de soja provenientes do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia-UFU.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem, classificação taxonômica e botânica da soja

Há 5000 anos, foi descoberto um alimento benéfico para a saúde humana, rico em lipídeos, proteínas, fibras, vitaminas e minerais, denominado soja (XU *et al.*, 1989). A região da Manchúria, na China, é o provável centro de diversidade genética da cultura da soja (HADLEY; HYMOWITZ, 1973), onde, no século XVII houve sua domesticação. Segundo Sediyama (2005), a evolução dessa espécie ocorreu do cruzamento de duas espécies selvagens *Glycine soja* e *Glycine gracilis*.

A soja se difundiu, então, pela Coreia, Japão, Sudeste da Ásia (BONETTI, 1981) e chegou à Europa em 1712, local esse onde, em 1875, houve uma grande campanha incentivando o seu cultivo. Assim, já em 1910, quatro cultivares eram agricultadas como plantas hortícolas na França; na América do Norte, a primeira menção soja se deu em 1804.

No Brasil, a primeira referência de plantio experimental de soja foi em 1882, com a introdução de genótipos na Bahia e, em 1891, foi levada para os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. A partir de 1950, a cultura passou a adquirir importância inicialmente na região Sul, por sua melhor adaptação, posteriormente foi levada para as regiões Sudeste e Centro-Oeste (SEDIYAMA, 2013), assim que novas técnicas de plantio e cultivares mais adaptadas começaram a ser desenvolvidas.

A soja, atualmente cultivada no Brasil e em diversos países, pertence ao reino *Plantae*, divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* e forma cultivada denominada *Glycine max* (L.) Merrill (SEDIYAMA, 2009). Citologicamente, classificada como tetraploide diploizado (poliploide que se comporta como diploide) constituída por $2n = 40$.

Em termos botânicos, a planta da soja é anual, herbácea, ereta, autógama e suas características morfológicas sofrem influência ambiental. A altura da planta varia de 30 a 200 cm (MÜLLER, 1981) e possui diversidade quanto ao ciclo (número de dias da emergência à maturidade), variando de 70 dias para as cultivares precoces a 200 dias para as tardias. O ciclo total pode ser dividido em fase vegetativa, que é o período da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores, e a fase reprodutiva, denominada como o período do início da floração até a maturidade (BORÉM, 1999).

O tipo de crescimento é uma característica diferenciadora de cultivares de soja e abrange os tipos determinado, semideterminado e indeterminado. O crescimento determinado abrange plantas que possuem inflorescência racemosa terminal e axilar, tendo crescimento vegetativo paralisado após florescimento, ou estendendo, no máximo, 10% de sua altura final. O crescimento semideterminado é característico de plantas que apresentam inflorescência racemosa terminal e axilar, no entanto, na ocasião do florescimento, possuem 70% de sua altura final, podendo crescer após floração. Por fim, cultivares com crescimento indeterminado mantêm gema vegetativa após florescimento, desenvolvendo assim os nós, alongando seu caule e com ausência de inflorescência racemosa terminal (MÜLLER, 1981).

2.2 Produção e importância econômica da soja

No final dos anos 1970, mais de 80% da produção brasileira de soja ainda se concentrava nos três estados da região Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) embora o Cerrado, na região central do País, sinalizasse que participaria como importante ator no processo produtivo dessa oleaginosa, fato que efetivamente ocorreu a partir da década de 1980. Em 1970, menos de 2% da produção nacional foi colhida nessa região e estava concentrada no Estado de Mato Grosso do Sul. Na década de 1980, essa porcentagem passou para 20%, ultrapassando 40% em 1990 e, em 2007, superou os 60%, com tendência a ocupar maior espaço a cada nova safra (DALL'AGNOL *et al.*, 2008).

No entanto, as variedades cultivadas na região Sul do Brasil não estavam adaptadas para as médias e baixas latitudes do Brasil central. Assim, foi fundamental o empenho de pesquisas para desenvolvimento de cultivares adaptadas principalmente às condições de fotoperíodo do Centro-Oeste brasileiro, com a adaptação da soja às médias e baixas latitudes por meio da introdução de genes para período juvenil longo no germoplasma brasileiro (DALL'AGNOL, 2002).

Atualmente, o Brasil é o segundo produtor mundial de soja, com área plantada de 27,72 milhões hectares e 81,45 milhões de toneladas na safra 2012/13 e o maior exportador de grão do mundo chegando a 32,92 milhões de toneladas exportadas no ano de 2012, gerando uma receita de 17,46 bilhões de dólares (SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR, 2013). Em termos de produtividade, a média atingida na safra 2012/13 foi de 2.938 kg ha⁻¹, valor este que representa um aumento de, aproximadamente, 4% quando comparado com a

safra 2002/03; por outro lado, a área cultivada teve um aumento de 50% no mesmo período (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

Em âmbito nacional, o estado de Mato Grosso é o maior produtor, abrangendo uma área de 7,82 milhões de hectares na safra 2012/13, seguido por Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Minas Gerais. Nesse último estado, enquanto na safra 2002/03 a produtividade foi de 2670 kg ha⁻¹, a safra 2012/2013 atingiu 3010 kg ha⁻¹, significando que, nessa última década, a cultura da soja teve um acréscimo de 13% na produtividade (CONAB, 2013).

O aumento de área cultivada e da produtividade de soja visualizados nos últimos anos foram significativos graças aos avanços tecnológicos, à disponibilização de tecnologias para o setor produtivo e, principalmente, aos esforços dos programas de melhoramento genético da cultura, que, a cada ano, conseguem desenvolver cultivares cada vez mais adaptadas e estáveis, com alta capacidade produtiva em diversos ambientes de produção, o que possibilita a expansão e aberturas de novas fronteiras agrícolas.

2.3 Melhoramento genético da soja

O melhoramento genético é um meio de conseguir aumentos na produtividade e qualidade das espécies e promover alterações genéticas hereditárias, sendo passíveis de serem transmitidas aos descendentes, o que possibilita a perpetuação de vantagens agronômicas. O objetivo do melhoramento de plantas é aprimorar uma espécie sob uma série de aspectos importantes em termos de manejo, custo, qualidade e demais aspectos de interesse da cadeia produtiva e dos consumidores. Há, portanto, o trabalho com uma série de caracteres, tais como arquitetura da planta, produção de grãos, tolerância a doenças e insetos, qualidade de grãos, rendimento na indústria e teor de óleo (EMBRAPA, 2011). Os programas de melhoramento genético de soja no Brasil, desenvolvidos por meio de parcerias entre instituições públicas e privadas, resultaram no desenvolvimento eficiente de novas cultivares que permitiram ganhos em produtividade entre 1,5 e 2% ao ano (TOLEDO *et al.*, 2004).

A soja possui grande diversidade genética e morfológica devido ao elevado número de cultivares existentes e, assim, o melhoramento genético da soja normalmente envolve diversas fases, que abrangem desde o desenvolvimento das populações, processos de seleção até avaliações das linhagens selecionadas (ALMEIDA; KIIHL, 1998).

Na primeira fase, são desenvolvidas populações segregantes, por meio de hibridações artificiais, para atender aos objetivos gerais e específicos dos programas de melhoramento.

Em seguida, essas populações são conduzidas por várias gerações até que se obtenha um grau de homozigose genética. Assim, em outra fase, a partir de populações em gerações mais avançadas, são selecionadas plantas para o estabelecimento de testes de progênies e seleção de linhagens possuindo características agronômicas desejáveis. Na fase seguinte, avaliam-se produtividade de grãos e estabilidade de produção em um grande número de linhagens. Na seleção de genótipos superiores, é obrigatório empregar ensaios de avaliação, repetidos em vários ambientes (locais e anos), com a finalidade de identificar a interação do genótipo com o ambiente e a possível adaptação em função da produtividade e da estabilidade (ALMEIDA *et al.*, 1999).

De acordo com Sediayama *et al.* (2005), o principal foco dos programas de melhoramento da soja para o desenvolvimento de uma nova cultivar é o aumento de produtividade de grãos, todavia, existem vários aspectos que devem ser associados, tais como caracteres agronômicos, resistência a pragas e doenças, adaptação ao meio ambiente, obtenção de sementes de melhor qualidade, eficiência no aproveitamento dos nutrientes, aumento do teor de óleo e de proteína além do desenvolvimento de cultivares com sabor diferenciado para a alimentação humana.

Para se conduzirem os materiais por várias gerações até que se restarem a homozigose, os melhoristas dispõem de vários métodos de melhoramento entre os quais os mais utilizados são: Método genealógico (pedigree), Método da população (bulk) e Método descendente de uma única semente (SSD - *single seed descent*). O método SSD prevê que uma semente F3 de cada indivíduo F2 seja colhida de forma aleatória para posterior agrupamento e plantio, constituindo assim a geração F3, e similarmente, uma semente F4 dos indivíduos da população F3 é colhida; esse procedimento se repete até a geração F5, na qual as plantas são submetidas ao teste de progénie e há a seleção (BORÉM, 2009).

Após a aplicação de método de melhoramento, as plantas são selecionadas para o teste de progénie quando, geralmente em F5, já possuem elevado grau de homozigose. Os aspectos que são considerados nas progênies são uniformidade do ciclo, tipo de crescimento, porte, atributos para produtividade de grãos, resistência à deiscência de vagens, acamamento, resistência a doenças e outras características de interesse (SEDIYAMA *et al.*, 2005). Assim, após identificadas, as linhagens são avaliadas em ambientes distintos e analisadas em grupos de maturidade e são recomendadas as linhagens que possam contribuir para aumento de produtividade e estabilidade do cultivo em função de suas boas qualidades (SEDIYAMA *et al.*, 2005).

Portanto, a associação do crescimento de produção, aumento da capacidade competitiva da soja, avanço científico e disponibilização de tecnologias do setor produtivo promove o desenvolvimento de projetos e tecnologias que visam à introdução e à expressão de genes de valor econômico em cultivares de soja.

2.4 Programa de melhoramento e cultivares de soja UFU

O programa de melhoramento e estudos genéticos em soja da Universidade Federal de Uberlândia – UFU foi implantado em 1995 sob coordenação do professor Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki. Desde o início, foram estabelecidos alguns objetivos prioritários, tais como: desenvolvimento cultivares de soja convencionais adaptadas às regiões do Cerrado Brasileiro, cultivares com ampla base genética, altas produtividades de grãos, precocidade, resistência a nematoides, pragas e doenças e maior teor de óleo.

A ampliação da base genética dos cultivares de soja é de extrema importância para diminuir os riscos de vulnerabilidade genética e para elevar os patamares de produção (VELLO, 1992). Alguns resultados já foram alcançados com a incorporação de germoplasmas exóticos no programa de melhoramento UFU, e estudos realizados por Hamawaki *et al.* (2002) comprovaram a eficiência de cruzamentos óctuplos no aumento da variabilidade genética, selecionando genótipos superiores para caracteres de importância agronômica.

A partir do ano 2000, iniciaram-se os testes de valor de cultivo e uso (VCU) das linhagens desenvolvidas pelo programa, inicialmente nas principais regiões produtoras de Minas Gerais e, ao longo dos anos, foram feitas parcerias com Instituições de ensino e pesquisadores em vários locais para a condução dos ensaios de VCU. Atualmente, as novas cultivares do programa são testadas em nove estados brasileiros: São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Piauí, Maranhão, Mato Grosso do Sul e Bahia.

Ao longo dos anos de trabalho e empenho, o programa já desenvolveu sete novas cultivares de soja, quatro das quais são protegidas e todas registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As principais características das cultivares são a alta produtividade e elevado teor de óleo com a UFUS 7910 chegando a patamares de 5000 kg ha⁻¹ e 23% respectivamente, UFUS Impacta e UFUS Milionária apresentam tolerância à ferrugem asiática (HAMAWAKI *et al.*, 2005) e outras cultivares que apresentam resistência a nematoides.

Por meio de parcerias com multiplicadores de sementes, a produção de sementes é uma realidade para o programa e as cultivares UFU já são semeadas por produtores de grãos de vários estados brasileiros.

2.5 Correlações entre caracteres e análise de trilha

Os programas de melhoramento, no geral, possuem como objetivo a obtenção de cultivares aprimoradas para um conjunto de caracteres, enfatizando, assim, a necessidade do conhecimento da natureza e da magnitude das correlações entre as características de interesse (FERREIRA *et al.*, 2003). Segundo Ramalho *et al.* (2012), correlação é a medida de intensidade de associação linear de duas variáveis; pode ser positiva ou negativa. Coeficientes de correlação são adimensionais, oscilando positiva ou negativamente de 0 a 1, em que correlação nula evidencia não ausência e falta de relação linear entre características (NOGUEIRA, 2012) e coeficientes de correlação situados de -0,5 a -1 e de 0,5 a 1 são valorizados devido a magnitude dos valores na interpretação aplicada das correlações (LOPES *et al.*, 2002).

A correlação estimada pode ser fenotípica, genotípica e ambiental, e sua principal função é avaliar as relações existentes entre os caracteres analisados. A correlação fenotípica é estimada por medidas fenotípicas resultantes de causas genéticas e ambientais, ao passo que a correlação genotípica corresponde à porção genética da correlação fenotípica e é empregada em programas de melhoramento, pois é a única que pode ser transmitida aos descendentes (FERREIRA *et al.*, 2003). As causas da existência da correlação genética são o pleiotropismo, designado pela propriedade gênica de influenciar dois ou mais caracteres e o desequilíbrio de ligação, que ocorre principalmente em populações originárias de cruzamentos divergentes (FALCONER; MACKAY, 1996). Por fim, a correlação ambiental ocorre quando as características são influenciadas pelas mesmas variações ambientais (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) e Vencovsky e Barriga (1992) afirmam que estudos de correlações fornecem informações para o melhoramento genético, como a possibilidade de identificação da proporção da correlação fenotípica que é devida a causas genéticas. A verificação de possibilidade de a seleção de um caráter afetar outro, quantificação de ganhos indiretos devido à seleção efetuada em caracteres correlacionados e avaliação da complexidade de caracteres. Assim, a importância do conhecimento da correlação de

caracteres é devida à possibilidade de seleção indireta de um caráter quantitativo, de difícil ganho de seleção, por meio de outro caráter diretamente a ele correlacionado, de maior ganho genético ou de maior facilidade de seleção visual (CARPENTIERI-PÍPOLO, 2005).

No melhoramento, a alteração de um caráter pode influenciar na alteração dos demais, e, para isso, existe o estudo das correlações genética e fenotípica. No entanto, quando muitas variáveis são mutuamente correlacionadas, o coeficiente de correlação simples produz uma informação incompleta. Isso ocorre devido ao fato de que uma correlação alta entre duas variáveis pode ser resultado de uma terceira, ou de um grupo de variáveis sobre as duas variáveis em questão (CARVALHO *et al.*, 2002).

A análise de trilha (*path analysis*) consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, nas quais variáveis são previamente padronizadas. Apesar de a correlação ser uma característica intrínseca a dois caracteres, em dada condição experimental, sua decomposição é dependente do conjunto de caracteres estudados, que normalmente são avaliados pelo pesquisador por meio do prévio conhecimento de sua importância e de possíveis inter-relações expressas em “diagrama de trilha” (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

A análise de trilha, apesar de envolver princípios de regressão, é, em essência, um estudo da decomposição do coeficiente de correlação, que permite avaliar se a relação entre duas variáveis é de causa e efeito ou determinada pela influência de outra ou outras variáveis. Essa análise pode, portanto, ser feita a partir de correlações fenotípicas, genotípicas ou ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

2.6 Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade e estabilidade

Genótipos iguais podem comportar-se de maneira diferente quando expostos a diferentes ambientes, que englobam condições endofclimáticas, práticas culturais, ocorrência de patógenos e outras variáveis que influenciam o desenvolvimento de plantas. Assim, por definição, a interação genótipos x ambientes (GxA) é o comportamento diferenciado de genótipos em função da diversidade ambiental (BORÉM, 2009). Essa interação pode dificultar a seleção de genótipos amplamente adaptados e inflacionar as estimativas de variância genética, ocasionando menores êxitos de programas de melhoramento devido à superestimativas de ganhos genéticos esperados com a seleção (DUARTE; VENCOVSKY,

1999). Bernardo (2010) afirma que características quantitativas afetadas pelo ambiente apresentam frequente significância do efeito dessa interação.

A interação G x A pode complicar o trabalho dos melhoristas, pois é necessário que se realize grande número de avaliações em diferentes ambientes, para que se tenha certeza e segurança na seleção e na recomendação de cultivares (RAMALHO *et al.*, 2012). Assim, para que a interação genótipos x ambientes seja detectada de maneira correta, é necessário que os genótipos distintos sejam avaliados em dois ou mais ambientes diferentes (ARIAS, 1996).

A interação genótipos x ambientes ocorre quando há respostas diferenciais dos genótipos em relação à variação do ambiente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Para ilustrar o efeito da interação genótipos x ambientes, pode-se utilizar um par de ambientes e um par de genótipos conforme Figura 1.

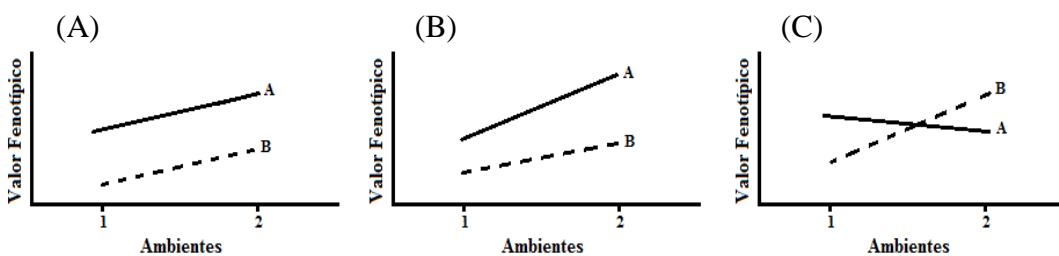


FIGURA 1. Efeitos da interação genótipos x ambientes, ilustrado por um par de genótipos e um par de ambiente; (A) Ausência de interação; (B) Interação simples e (C) Interação complexa.

Na Figura 1(A), as retas paralelas mostram que as cultivares (A) e (B) respondem igualmente à melhoria do ambiente e não ocorre interação. A Figura 1(B) mostra que existe interação, entretanto ela não altera a classificação dos genótipos, sendo denominada interação simples; e, por fim, na Figura 1(C), ocorre a inversão de comportamento dos genótipos, sendo assim classificada como interação complexa.

Segundo Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), a interação simples é proporcionada pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes e a interação complexa é dada pela falta de correlação entre os genótipos. A interação complexa mostra a inconsistência da superioridade de genótipos mediante a variação ambiental, havendo genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, o que dificulta sua seleção e recomendação.

A interação simples promove a recomendação de cultivares de maneira generalizada enquanto a complexa traz complicações para os melhoristas, pois indica a presença de

materiais adaptados a ambientes particulares e, portanto, restritos a ambientes específicos (RAMALHO *et al.*, 2012).

Diversos autores indicam estratégias para atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes quando ela é significante, por meio da identificação de cultivares específicas para cada ambiente; estratificação de ambientes agrupando ambientes ecologicamente semelhantes em sub-regiões, dentro das quais a interação passa a ser não significativa, realizando o zoneamento ecológico; e identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica (EBERHART; RUSSEL, 1966; RAMALHO *et al.*, 2012; SCAPIM *et al.*, 2000).

Existem análises estatísticas que permitem identificar cultivares de comportamento mais estável que respondem de maneira previsível a variações ambientais e permitem dividir efeitos da interação genótipos x ambientes em efeitos separados de genótipo e ambiente, revelando a contribuição de cada um desses parâmetros na interação total. Essas análises são denominadas adaptabilidade e estabilidade (ROCHA *et al.*, 2002). A adaptabilidade significa a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente estímulos ambientais e a estabilidade é denominada pela capacidade de genótipos serem previsíveis em função do ambiente em que se encontram (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Em geral, os programas de melhoramento de plantas objetivam a identificação de genótipos que possuam características como alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos variados ambientes da região para a qual são recomendados. Primeiramente, para a produtividade de grãos de soja, o fenótipo depende do genótipo, do ambiente e de sua interação, que ocorre devido à inconsistência do desempenho do genótipo nos variados ambientes, promovendo diferentes respostas do mesmo genótipo a mudanças ambientais (BARROS *et al.*, 2012). Assim, para que seja feita a avaliação de genótipos em termos de adaptabilidade e de estabilidade, devem-se conduzir experimentos precisos em uma grande variedade de condições ambientais. Essa é uma das etapas mais importantes em um programa de melhoramento.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. A de; KIIHL, R. A. S.. Melhoramento da soja no Brasil-Desafios e Perspectiva. In: CAMARA, Gil Miguel de Sousa (Org.). **Soja Tecnologia da produção.** Piracicaba: Publique, 1998. p. 40-54.

ALMEIDA, L. A. de. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999.

Annicchiarico P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of genetics and Plant Breeding** 46: 269-278, 1992.

ARAUJO, M. M. **Caracterização e seleção de linhagens de soja resistentes ou tolerantes à ferrugem asiática.** 2009. 77p. Dissertação (Mestrado em Genética) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ARIAS, E. A. R. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas no Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/1987 1993/1994.** 1996. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

BARROS, H. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal Of Biotechnology And Biodiversity**, Viçosa, v. 3, n. 2, p.49-58, 01 maio 2012.

BARROS, H. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.3, p. 359-366, mai/jun, 2010.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants.** 2. ed. Minnesota: Stemma Press, 369 p. 2010.

BONETTI, L. P. **Distribuição da soja no mundo.** In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.). A soja no Brasil. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p. 1-16.

BORÉM, A. Escape gênico. **Biotecnologia, ciência e desenvolvimento** - Encarte Especial, p. 101-107, 1999.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas.** 5ed. Viçosa: UFV, 2009. 529 p.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. C.; GASTALDI, L. F.; PÍPOLO, A. E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, 01 março 2005.

CARVALHO, C. G. P. de *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, mar. 2002.

CONAB (Companhia Nacional do Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira-Safra 2012/2013, Décimo Levantamento.** Agosto 2013. Disponível em: <

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portuguese_agosto_2013_port.pdf. Acesso em 10 de Agosto de 2013.

CORREIA, W. R. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Minas Gerais**. 2007. 29f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 2 v.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa: Ufv, 2012. 1 v.

CRUZ, C. D.; TORRES, R.A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, p.567-580,1989.

DALL'AGNOL, A. *et al.* O agronegócio da soja no Brasil e no Mundo. In: BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja - na região central do Brasil 2008**. Londrina: Embrapa, 2008. p. 11-30.

DALL'AGNOL, A. Sem medo de competir. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p. 42-43, fev. 2002.

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

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

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja. n. 15, 261p. 2011.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV 1987. 279p.

FERREIRA, A. *et al.* Utilização de bootstrap não-paramétrico para avaliação de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais, **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n.5, p. 657-663, 2008.

FERREIRA, M. A. J. F. *et al.* Correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 438-442, 01 setembro 2003.

HADLEY, H. H.; HYMOWITZ, T. **Speciation and cytogenetics**. In: CALDWELL, B.E. (Ed.). Soybeans: improvement, production and uses. Madson: American Society of Agronomy, 1973, p. 97-154.

HAMAWAKI, O. T. *et al.* UFUS Impacta: nova cultivar de soja para o Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p.523-524, 01 maio 2005.

HAMAWAKI, O. T.; VELLO, N. A.; HAMAWAKI, R. L. Seleção de progenies superiores em cruzamentos óctuplos de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 2, n. 18, p.49-58, 01 jan. 2002.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**. v. 24, n.2, p. 408-421, 01 dezembro 1970.

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

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

MULLER, L. **Taxonomia e morfologia**. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Eds). A soja no brasil. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.65-104.

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, nov./dez. 2012.

RAMALHO, M. B. S. *et al.* **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Ufla, 2012. 522 p.

ROCHA, M. de M. *et al.* Magnitude da interação genótipos x ambientes para o caráter teor de óleo em linhagens de soja. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p.617-625, 01 dez. 2002.

SCAPIM, C. A.; OLIVEIRA, V. R.; BRACCINI, A. L.; CRUZ, C. D.; ANDRADE, C. A. B.; VIDIGAL, M. C. G. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 2, p. 387-393, 2000.

SEDIYAMA, T. **Tecnologia de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. 314 p.

SEDIYAMA, T. Tecnologias de produção de sementes de soja. Londrina: Mecenas, 2013. 352 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM, A. (Ed). Melhoramento de espécies cultivadas. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 553-603.

TOLEDO, J. F. F. *et al.* **Soyben genetic in brasil**. In: World soybean research conference, junho 2004, Foz do Iguaçu. Proceedings. Londrina: Embraba, p. 209-215, 2004.

VELLO, N. A. **Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento de soja na ESALQ/USP**. In: CÂMARA, G. M. S., MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E. A. M., (Ed.) Simpósio sobre cultura e produtividade da soja. Piracicaba, FEALQ, p. 60-81, 1992.

VENCOVSKY R.; BARRIGA P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Edições Sociedade Brasileira de Genética. 1992. 496 p.

XU, B. *et al.* Three new evidences of the original area of soybean. 1989. In: Conferencia Mundial de Investigacion en Soja, 1989, Buenos Aires. **Actas**. Buenos Aires, p.124-128, 1989.

CAPÍTULO I

CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES E ANÁLISE DE TRILHA EM SOJA

RESUMO

O conhecimento de correlações entre caracteres, como a produtividade de grãos e caracteres agronômicos permite ao melhorista utilizar informações adicionais para descartar ou selecionar com precisão genótipos de interesse. Como as correlações não evidenciam relações de causa e efeito, as análises de trilha permitem desdobrar correlações em efeitos diretos e indiretos. O objetivo deste trabalho foi estudar as correlações e análise de trilha entre caracteres agronômicos de genótipos de soja. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com 35 genótipos e três repetições, sendo 31 linhagens do programa de melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia e quatro cultivares comerciais (UFUS 7910, BRSGO7560, UFUS Xavante, M-Soy 8866). A semeadura do experimento foi realizada na segunda quinzena do mês de dezembro de 2011. Os caracteres avaliados foram: número de dias para o florescimento; altura da planta no florescimento, número de dias para maturidade, altura da planta na maturidade, altura da inserção da primeira vagem, número de nós na haste principal na maturidade, número de vagens com um, dois e três grãos por planta, número total de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos. Após as avaliações, determinaram-se as correlações fenotípicas e genotípicas entre os caracteres. Antes de proceder à análise de trilha, foi necessário avaliar a multicolinearidade pelo número de condição das matrizes de correlações fenotípicas e genotípicas. A inclusão simultânea de número de vagens com um e dois grãos, número de grãos por vagem e número e dias para o florescimento proporcionou multicolinearidade moderada a forte nas matrizes de correlações fenotípicas e/ou genotípicas e, por essa razão, foram excluídos da análise de trilha. Os caracteres altura de planta na maturidade e número de nós na maturidade apresentaram correlações fenotípicas e genotípicas positivas e significativas. O caráter peso de cem grãos foi positivamente correlacionado com produtividade de grãos e com alto efeito direto fenotípico e genotípico, sendo, portanto, útil para a seleção indireta visando aumento de produtividade de grãos em soja.

Palavras-chave: *Glycine Max*. Seleção. Caracteres Agronômicos

ABSTRACT

The knowledge of correlations among characters such as grain productivity and agronomic characters allows the breeder to use additional information to precisely select or reject genotypes of interest. As the correlations do not show relations of cause and effect, the path analysis allows unfold correlations in direct and indirect effects. The aim of this research was to study the correlations and path analysis among agronomic characters of soybean genotypes. The experimental design used was a complete randomized block with three repetitions and 35 genotypes, being 31 lines from the breeding program at Federal University of Uberlândia and four commercial cultivars (UFUS 7910, BRSGO7560, UFUS Xavante, M-Soy 8866). The seeding experiment was conducted on the second fortnight of December 2011. The characters evaluated were: number of days to blooming, plant height at blooming, number of days to maturity, plant height at maturity, height of first pod, number of nodes on the main stem at maturity, number of pods with one, two and three grains per plant, total number of pods per plant, number of seeds per pod and grain productivity. After the evaluations, it was determined the correlations between the phenotypic and genotypic characters. Before proceeding with the path analysis, it was necessary to evaluate the multicollinearity by number of condition of phenotypic and genotypic correlations matrices. The simultaneous inclusion of number of pods with one and two grains, number of grains per pod and number and days to blooming provided moderate to strong multicollinearity in the phenotypic and/or genotypic correlation matrices and for that reason they were deleted from the path analysis. The characters plant height at maturity and number of nodes at maturity showed positive and significant correlation between phenotypic and genotypic. The character of a hundred grains weight was positively correlated with grain productivity, and combined with the high direct effect phenotypic and genotypic, therefore being useful for indirect selection in order to increase grain productivity in soybean.

Keywords: *Glycine Max.* Selection. Agronomic Traits

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, devido a aumentos na produção dessa cultura proporcionados pelo melhoramento genético e expansão na área de cultivo. Um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de soja é a obtenção de genótipos mais produtivos e tal característica é resultante da expressão e associação de diferentes componentes; trata-se, portanto, de um caráter complexo (CARVALHO *et al.*, 2002).

No melhoramento genético de plantas, o conhecimento de correlações entre caracteres é essencial visto que, em casos nos quais a seleção para determinado caráter é difícil (CRUZ; CARNEIRO, 2006), podem-se realizar alterações em um caráter realizando-se a seleção em outro caráter a ele correlacionado (RAMALHO *et al.*, 2012).

A correlação é a medida de intensidade de associação linear de duas variáveis pode ser positiva ou negativa. Coeficientes de correlação são adimensionais, oscilando positivamente ou negativamente de 0 a 1 (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; RAMALHO *et al.*, 2012). Pode ser fenotípica, genotípica e ambiental, e sua principal função é avaliar as relações existentes entre os caracteres analisados. A correlação fenotípica é estimada por medidas fenotípicas resultantes de causas genéticas e ambientais, ao passo que a correlação genotípica corresponde à porção genética da correlação fenotípica e é empregada em programas de melhoramento, devido ao fato de que é a única que pode ser transmitida aos descendentes (FERREIRA *et al.*, 2003).

O conhecimento de correlações sobre um caráter, como a produtividade de grãos, permite ao melhorista utilizar informações adicionais para descartar ou promover com precisão genótipos de interesse (PANDINI, VELLO; LOPES, 2002). Caracteres correlacionados, como os que determinam a produtividade, podem ser melhorados conjuntamente, evidenciando a importância da informação do comportamento associativo entre características de interesse; a correlação existente entre elas pode dificultar ou facilitar o processo de seleção.

Rodrigues *et al.* (2010) afirmam que coeficientes de correlações simples não representam a relação de causa e efeito entre caracteres, pois a correlação alta entre dois caracteres como consequência do efeito indireto de outras características pode ser enganosa (DEWEY; LU, 1959). Assim, Wright (1921) propôs um método para entender melhor as causas envolvidas nas associações entre caracteres provindas da análise das correlações, denominado análise de trilha.

A análise de trilha (*path analysis*) permite desdobrar correlações em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre um caráter básico (WRIGHT, 1921). Inicialmente, em plantas, essa análise foi realizada em 1959 por Dewey & Lu, e, posteriormente, por diversos autores (PANDEY; TORRIE, 1973; WAKANKAR *et al.*, 1974; ALI *et al.*, 1989; SHIVASHANKAR; VISWANATHA, 1989; AKHTER; SNELLER, 1996; BOARD *et al.*, 1997; Taware *et al.*, 1997 e SHUKLA *et al.*, 1998).

De acordo com Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), a análise de trilha é definida como o coeficiente de regressão padronizado, sendo uma expansão analítica da regressão múltipla. O sucesso dessa análise reside na formulação correta do relacionamento de causa e efeito entre as variáveis (GONDIM *et al.*, 2008). Adicionalmente, o desdobramento de correlações é dependente do conjunto de caracteres estudados estabelecidos pelo conhecimento do melhorista, de sua importância e de possíveis inter-relações demonstradas em diagramas de trilha (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O objetivo deste trabalho foi identificar e estudar as correlações e a análise de trilha entre caracteres agronômicos de genótipos de soja oriundas do programa de melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia, cultivados em Uberlândia na safra 2011/12.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características do local

O trabalho foi conduzido em área experimental localizada na Fazenda Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, MG, a 805 m de altitude; 18°55'S e 48°17'W. Os dados meteorológicos da área experimental durante a condução do experimento podem ser observados nas Figuras 1, 2 e 3. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Escuro Distrófico de textura arenosa.

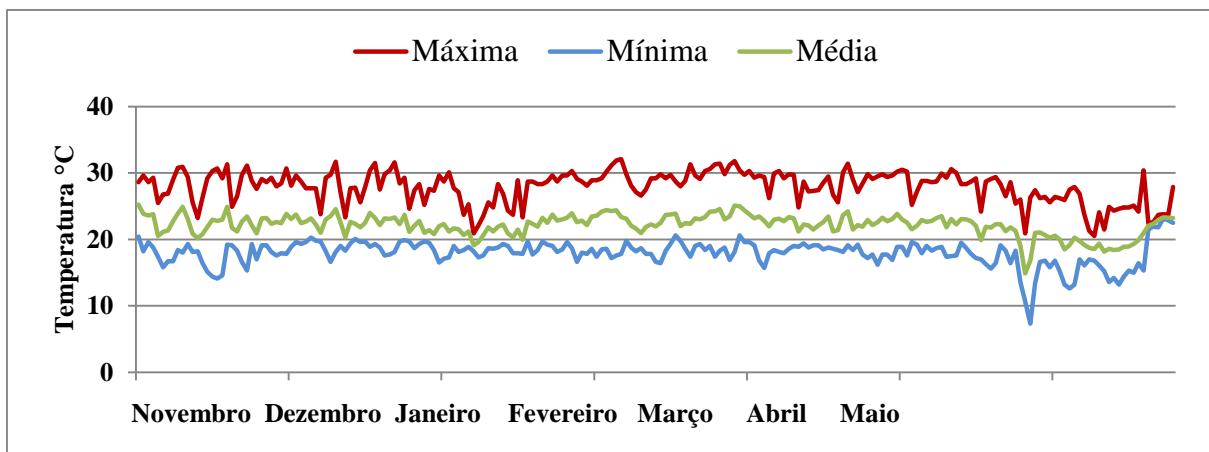


FIGURA 1. Temperatura máxima, mínima e média na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2011/12, durante os meses de novembro de 2011 a maio de 2012.

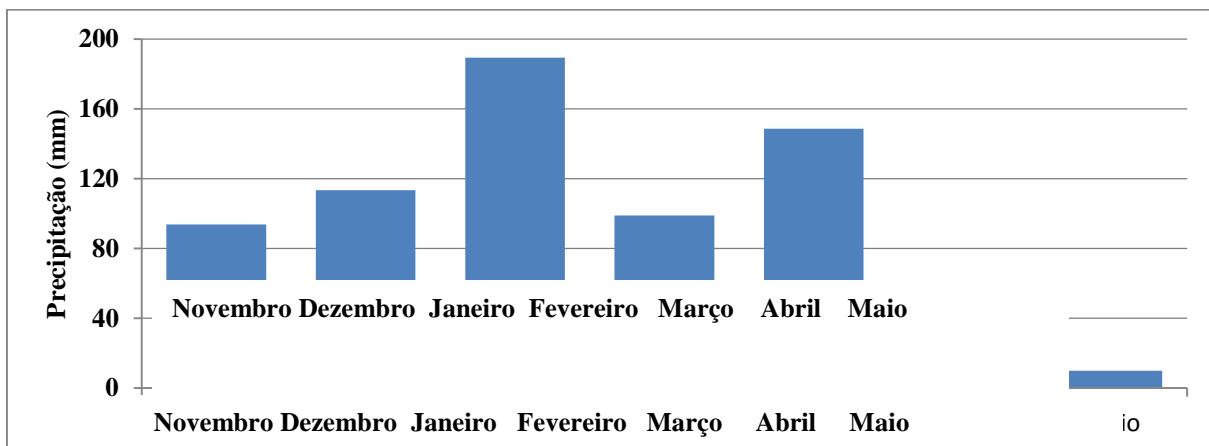


FIGURA 2. Incidência de precipitação mensal na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2011/12, durante os meses de novembro de 2011 a maio de 2012.

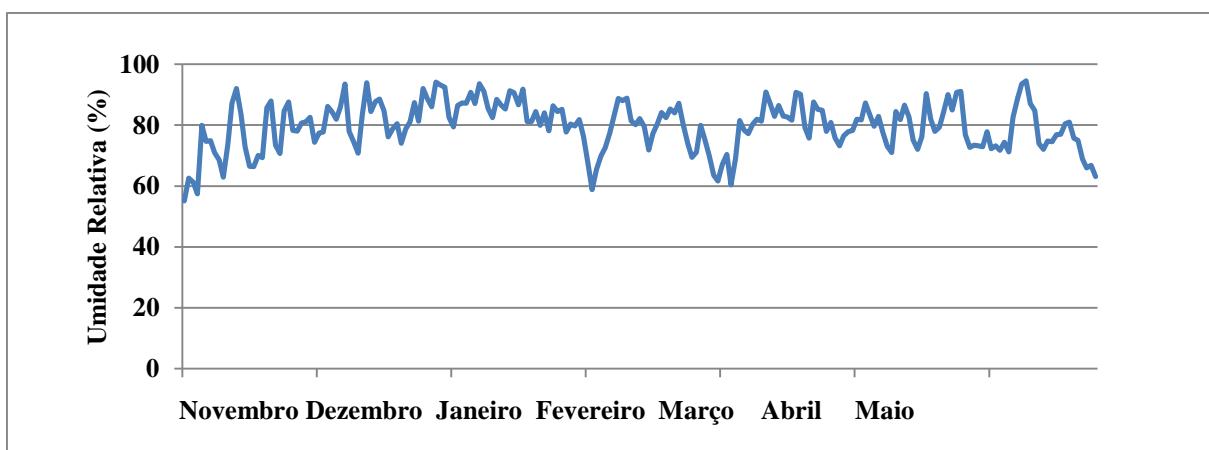


FIGURA 3. Umidade relativa na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2011/12, durante os meses de novembro de 2011 a maio de 2012.

2.2 Instalação e Execução do Experimento

O Experimento foi conduzido durante a safra 2011/12. Os tratamentos foram constituídos de 35 genótipos de soja, sendo 31 linhagens provenientes do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia e quatro cultivares recomendadas para a região, sendo UFUS 7910, BRSGO7560, UFUS Xavante, M-Soy 8866, foram utilizadas como testemunhas.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com três repetições, totalizando 105 parcelas experimentais. Devido à baixa quantidade de sementes de cada linhagem, cada unidade experimental foi composta por uma linha de plantas de soja com 5 m de comprimento. O espaçamento entre linhas foi de 0,5 m e a área útil utilizada para as avaliações foram os 4 m centrais de cada linha desprezando 0,5 m em ambas as extremidades, resultando em 2 m² para cada parcela.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional com duas arações e uma gradagem. A abertura de sulcos de semeadura foi realizada utilizando-se uma semeadora para plantio convencional, a qual abriu o sulco e incorporou o adubo sem fechar o sulco de semeadura.

A adubação de semeadura foi feita com 300 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-20. A semeadura foi realizada no dia 17/12/2011, manualmente direto no sulco. Por se tratar de uma área cultivada com soja há mais de dez anos, não foi realizada inoculação das sementes. Após a semeadura, o sulco foi coberto manualmente com aproximadamente 4 cm de solo. A bordadura foi composta por duas linhas de uma cultivar comercial, que foram semeadas em todo o perímetro do experimento.

Durante todo o desenvolvimento da cultura, foram realizados os tratos culturais de acordo com a necessidade e incidência de pragas e doenças, sempre respeitando o nível de dano econômico.

A colheita das plantas da área útil da parcela foi realizada manualmente e as plantas foram trilhadas em equipamento apropriado.

2.3 Caracteres Agronômicos Avaliados

Para efeito de avaliação e determinação das correlações, foram avaliados os caracteres agronômicos de maior relevância em cultivares de soja, sendo as avaliações realizadas por

meio de medições e observações, sempre obedecendo aos estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura proposto por Fehr e Caviness (1977). Os caracteres agronômicos avaliados foram:

a) Número de dias para o florescimento (NDF)

Determinado como o número de dias entre a emergência das plantas até o florescimento, quando 50% das plantas apresentam pelo menos uma flor aberta em um dos nós da haste principal, caracterizando o estádio fenológico R1.

b) Altura da planta no florescimento (APF)

Determinada pela medida entre a superfície do solo até a extremidade da haste principal, quando 50% das plantas apresentam pelo menos uma flor aberta em um dos nós da haste principal, caracterizando o estádio fenológico R1. A mensuração foi realizada de forma aleatória em cinco plantas da parcela útil.

c) Número de dias para a maturidade (NDM)

Determinado como o número de dias entre a emergência das plantas até a maturidade, quando 50% das plantas apresentam 95% das vagens com coloração característica madura, caracterizando o estádio fenológico R8.

d) Altura da planta na maturidade (APM)

Determinada pela medida entre a superfície do solo até a extremidade da haste principal, quando 50% das plantas apresentam 95% das vagens com coloração característica para maturação, caracterizando o estádio fenológico R8. A mensuração foi realizada de forma aleatória em cinco plantas da parcela útil.

e) Altura da inserção da primeira vagem (AIV)

Determinada pela medida entre a superfície do solo até a primeira vagem da haste principal, quando as plantas se encontram no estádio fenológico R8. A mensuração foi realizada em cinco plantas amostradas aleatoriamente da parcela útil no momento da colheita.

f) Número de nós da haste principal na maturidade (NNM)

Determinado pela contagem do número de nós na haste principal, quando as plantas se encontram no estádio fenológico R8. A contagem foi realizada em cinco plantas amostradas na parcela útil.

g) Número de vagens com um grão (NV1)

Após a colheita, realizou-se a contagem do número de vagens com um grão em cinco plantas amostradas aleatoriamente da área útil da parcela.

h) Número de vagens com dois grãos (NV2)

Após a colheita, realizou-se a contagem do número de vagens com dois grãos em cinco plantas amostradas aleatoriamente da área útil da parcela.

i) Número de vagens com três grãos (NV3)

Após a colheita, realizou-se a contagem do número de vagens com três grãos em cinco plantas amostradas aleatoriamente da área útil da parcela.

j) Número total de vagens por planta (NVT)

Após a colheita, adicionou-se a contagem do número de vagens com um, dois e três grãos em cinco plantas amostradas aleatoriamente da área útil da parcela.

k) Peso médio de 100 grãos (PMG)

Após a colheita e beneficiamento das plantas da área útil da parcela, amostraram-se 100 grãos, cinco vezes, e foi determinada sua massa em balança de precisão. O peso de cada amostra foi corrigido para umidade de 13%.

l) Número de grãos por vagem (NGV)

Obtido pela contagem da quantidade total de vagens e grãos de cada, assim podendo fazer a média aritmética e encontrar o número de grãos por vargem.

m) Produtividade de grãos (PROD)

Após a colheita e beneficiamento da área da parcela útil, realizou-se a pesagem da massa de grãos. A colheita foi realizada manualmente, as plantas foram trilhadas em equipamento próprio e foram retiradas as impurezas da amostra, em seguida foi aferida a umidade para que a produtividade final ficasse em umidade de 13% conforme a fórmula que se segue:

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

Em que:

PF: Peso final da amostra;

PI: Peso inicial da amostra;

UI: Umidade inicial da amostra;

UF: Umidade final da amostra.

2.4 Análises estatísticas

Os dados dos caracteres agronômicos avaliados foram submetidos a análise estatística. Determinaram-se as correlações fenotípicas e genotípicas conforme estimadores que se seguem:

a) 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;

b) Correlação genotípica:

$$r_g = \frac{PMG_{xy} - PMR_{xy})/r}{\sqrt{\hat{\phi}_{g(X)} \hat{\phi}_{g(Y)}}} = \frac{\hat{\phi}_{g(xy)}}{\sqrt{\hat{\phi}_{g(X)} \hat{\phi}_{g(Y)}}}$$

$$\hat{\phi}_{g(X)} = \frac{QMG_X - QMR_X}{r}$$

$$\hat{\phi}_{g(Y)} = \frac{QMG_Y - QMR_Y}{r}$$

Em que:

$\hat{\phi}_{g(XY)}$: estimador da covariância genotípica;

$\hat{\phi}_{g(X)}$ e $\hat{\phi}_{g(Y)}$: estimadores dos componentes quadráticos associados a variabilidade genotípica para os caracteres X e Y, respectivamente;

A significância da correlação fenotípica foi estimada pelo teste 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.

O modelo matemático que explica a produção de grãos em soja é multiplicativo dado por: Produção de grãos (PROD) = número de vagens por planta (NVT) x número de grãos por vagem (NGV) x peso médio de um grão (PMG). Desse modo, realizou-se a logaritmização do modelo, com intuito de torná-lo aditivo, pois uma das premissas da análise de trilha é a aditividade (SANTOS *et al.*, 1995).

O diagnóstico de multicolinearidade foi realizado envolvendo doze Caracteres. Na matriz $X'X$, o grau de multicolinearidade foi estabelecido conforme os critérios sugeridos por Montgomery e Peck (1981), em que os valores do determinante e do número de condição (NC), dado pela razão entre o maior e menor autovalor da matriz. Para identificar os caracteres que contribuíram para o aparecimento da multicolinearidade, analisaram-se os elementos dos autovetores associados aos autovalores, conforme descrito por Belsley *et al.* (1980). As variáveis que contribuíram para a multicolinearidade moderada a severa foram eliminadas da análise de trilha, conforme Bizeti (2004).

As interpretações dos resultados de trilha foram realizadas conforme Singh e Chaudary (1979) como citado por Vencovsky e Barriga (1992), e consistem em: coeficientes de correlação e efeitos diretos (coeficiente de trilha) altos indicam que essas variáveis explicam grande parte da variável básica; coeficientes de correlação positivos ou negativos mas o coeficiente de trilha é de efeito diferente, variáveis de efeitos indiretos devem ser consideradas simultaneamente para explicação da variável básica

As análises foram realizadas por meio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de determinação genotípico (H^2) dos genótipos estudados estão apresentados na Tabela 1. Verificou-se que o H^2 oscilou de 44,42 a 95,04% respectivamente para os caracteres número total de vagens e número de sementes por vagem. Coeficientes altos de H^2 indicam que a natureza da variabilidade é predominantemente de causa genética (RAMALHO *et al.*, 2012); (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Resultados semelhantes foram encontrados por Silveira *et al.* (2006), Lopes *et al.* (2002) e Yokomizo e Vello (2000), que estudaram alguns desses caracteres em soja.

TABELA 1. Coeficiente de determinação genotípico para os caracteres agronômicos de soja, avaliados em 35 genótipos, na safra 2011/12. Uberlândia-MG.

Caracteres	(H^2)
Número de dias para o florescimento (NDF)	82,15
Altura da planta no florescimento (APF)	66,89
Número de dias para maturidade (NDM)	91,64
Altura da planta na maturidade (APM)	86,30
Altura da inserção da primeira vagem (AIV)	81,71
Número de nós na haste principal na maturidade (NNM)	81,32
Número de vagens com um grão por planta (NV1)	74,60
Número de vagens com dois grãos por planta (NV2)	74,65
Número de vagens com dois grãos por planta (NV3)	84,50
Número total de vagens por planta (NTV)	44,42
Peso de 100 grãos (PMG)	77,37
Número de grãos por vagem (NGV)	95,04
Produtividade de grãos (PROD)	72,95

Um caráter útil para seleção indireta no melhoramento se caracteriza pela ocorrência de correlações fenotípicas e genotípicas de alta magnitude com outro caráter de interesse. Além disso, para o sucesso da seleção indireta, faz-se necessário que o caráter sob seleção apresente altos valores de herdabilidade (RAMALHO *et al.*, 2012).

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas de correlações fenotípicas e genotípicas. Para realizar a interpretação de correlações, devem ser considerados três aspectos: a magnitude, a direção e a significância (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). As estimativas com coeficientes de correlação positivos indicam a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta ao passo que coeficientes de correlação negativos indicam tendência de uma variável aumentar enquanto a outra diminui.

TABELA 2. Correlações fenotípicas (rf) e genotípicas (rg) entre nove caracteres agronômicos avaliados em 35 genótipos de soja, na safra 2011/12, Uberlândia-MG.

Caráter		APF	NDM	APM	AIV	NNM	NV3	NVT	NGV	PMG	PROD
NDF	rf	0,13 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,41*	0,34*	0,08 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,48**	-0,35*
	rg	0,30 ^{ns}	0,35 ⁺	0,17 ^{ns}	0,50 ⁺⁺	0,47 ⁺	0,12 ^{ns}	0,55 ⁺	-0,09 ^{ns}	-0,56 ⁺⁺	-0,42 ⁺
APF	rf		0,10 ^{ns}	0,41*	0,40*	0,13 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,2 ^{ns}
	rg		-0,10 ^{ns}	0,44 ⁺	0,48 ⁺	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,28 ^{ns}
NDM	rf			0,09 ^{ns}	0,41*	0,34*	-0,05 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,55**
	rg			0,13 ^{ns}	0,49 ⁺⁺	0,41 ⁺	-0,04 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,68 ⁺⁺
APM	rf				0,44 ^{**}	0,68 ^{**}	-0,28 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,2 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,07 ^{ns}
	rg				0,48 ⁺⁺	0,74 ⁺⁺	-0,38 ⁺	-0,34 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,07 ^{ns}
AIV	rf					0,38*	0,18 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
	rg					0,42 ⁺	0,19 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,20 ^{ns}
NNM	rf						-0,07 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
	rg						-0,17 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
NV3	rf							0,29 ^{ns}	0,82 ^{**}	0,16 ^{ns}	0,34*
	rg							0,14 ^{ns}	0,87 ⁺⁺	0,19 ^{ns}	0,37 ^{ns}
NVT	rf								-0,28 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}
	rg								-0,36 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,31 ^{ns}
NGV	rf									0,17 ^{ns}	0,12 ^{ns}
	rg									0,19 ^{ns}	0,14 ^{ns}
PMG	rf										0,67*
	rg										0,70 ⁺⁺

**, *: 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; NNM: número de nós na haste principal na maturidade; AIV: altura de inserção da primeira vagem; PROD: produtividade de grãos; NVT: número total de vagens por planta; PMG: peso médio de 100 grãos; NV3 números de vagens com três grãos; NGV número de grãos por vagem.

Segundo Lopes *et al.* (2002), existe uma tendência entre os melhoristas de plantas para valorizarem mais o sinal, positivo ou negativo, e a magnitude dos valores encontrados na interpretação das mesmas, apesar de terem sido adicionados níveis de significância estatística às estimativas de correlações. Assim, um critério utilizado consiste na valorização das estimativas de abaixo -0,5 e acima de 0,5. Por essa razão, para interpretar os resultados das correlações deste estudo, adotaram-se os critérios sugeridos por Lopes *et al.* (2002) e Cruz, Regazzi e Carneiro (2012).

Na Tabela 2, observa-se que as maiores estimativas de correlações fenotípicas e genotípicas significativas foram encontradas entre altura de planta na maturidade e número de nós na maturidade, peso médio de cem grãos e produtividade de grãos, número de dias para maturidade e produtividade de grãos, número de dias para floração e peso médio de cem grãos, número de dias para floração e altura de inserção da primeira vagem, número de dias para floração e número total vagens por planta, número de dias para floração e produtividade

de grãos, número de vagens com três grãos e produtividade de grãos. Pôde-se observar que, para todos os caracteres correlacionados, as correlações genotípicas foram superiores às fenotípicas.

O número de vagens com três grãos e o número de grãos por vagem foram correlacionados significativamente, positivos e de alta magnitude, evidenciando que as linhagens avaliadas apresentaram grande número de vagens com três grãos, refletindo a competitividade das linhagens do estudo perante as cultivares elite atuais.

Os resultados de correlações fenotípicas e genotípicas entre altura de planta na maturidade e número de nós na maturidade foram significativos, positivos e de alta magnitude, corroborando aos resultados encontrados por Nogueira *et al.* (2012) e Bizeti *et al.* (2004).

As correlações entre número de dias para floração e peso médio de cem grãos foram significativas e negativas, resultado semelhante ao verificado por Bizeti *et al.* (2004) e Nogueira *et al.* (2012), que também encontraram tais resultados avaliando correlações entre caracteres de soja em duas épocas de semeadura.

As estimativas de correlação entre número de dias para floração e altura de inserção de primeira vagem e número de dias para floração e número total de vagens foram significativos e positivos. Resultados semelhantes foram encontrados por Nogueira *et al.* (2012) para a semeadura realizada em dezembro e por Pelúcio *et al.* (2005), que avaliaram essas características em nove cultivares semeadas na safra 2000/01 em Gurupi-TO. Para semeadura realizada em fevereiro, Nogueira *et al.* (2012) encontraram correlações não significativas entre o número de dias para floração e o número de total de vagens. Resultados discordantes do presente trabalho foram encontrados por Almeida *et al.* (2010) que avaliaram a correlação entre caracteres em doze genótipos de soja no estado do Tocantins na entressafra de 2007. Assim, salienta-se que a correlação entre esses caracteres pode variar entre genótipos e ambientes avaliados.

As correlações fenotípicas e genotípicas entre produtividade de grãos com número de dias para floração e maturidade foram significativas e negativas (TABELA 2). Esses resultados discordam dos encontrados por Nogueira *et al.* (2012), que observaram correlações positivas e significativas em estudos realizados com 90 genótipos de soja cultivados em duas épocas de semeadura, bem como de Carvalho *et al.* (2002), que encontraram resultados distintos aos verificados neste estudo, avaliando correlações entre caracteres agronômicos de

soja em linhagens provenientes de diferentes cruzamentos em três épocas de semeaduras em duas safras.

Por outro lado, resultado semelhante foi encontrado por Salimi e Moradi (2012), que estudaram correlações entre caracteres de soja em condições normais de umidade e em condições de estresse hídrico. Esses autores observaram correlações significativas e positivas entre o número de dias para maturidade e a produtividade de grãos em condições normais de umidade, todavia, em condições de estresse hídrico, a correlação foi significativa e negativa. Observando os dados meteorológicos coletados durante a condução do experimento (FIGURA 2), pôde-se verificar que, durante o ciclo da cultura, a precipitação foi de, aproximadamente, 500 mm. De acordo com a EMBRAPA (2011), a cultura da soja necessita de até 800 mm de água para completar seu ciclo dependendo da região. Machikowa e Laoswan (2011); Arshad *et al.* (2006), em condições normais de cultivo, também encontraram correlações negativas entre dias para maturidade e produtividade de grãos.

Analizando as correlações entre peso médio de 100 grãos e produtividade de grãos, as estimativas encontradas foram significativas e positivas (TABELA 2). Isso implica que a produtividade é influenciada positivamente pelo peso médio dos grãos, resultado esse inverso ao encontrado por alguns autores (NOGUEIRA *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2002). Esses últimos autores ressaltam que a soja frequentemente promove uma compensação no tamanho de grãos em função do número de vagens. Assim, pode-se explicar a ausência de correlação entre número total de vagens e produtividade de grãos.

Antes de proceder à análise de trilha, foi necessário avaliar a multicolinearidade pelo número de condições das matrizes de correlações fenotípicas e genotípicas. A inclusão simultânea de número de vagens com um e dois grãos, número de grãos por vagem e número e dias para o florescimento proporcionaram multicolinearidade nas matrizes de correlações fenotípicas e/ou genotípicas. Por essa razão, os caracteres número de vagens com dois grãos, número de sementes por vagens e número de dias para o florescimento foram excluídos das análises de trilha, tendo-se adotado o critério sugerido por Bizeti (2004).

Os resultados da análise de trilha, resultante dos desdobramentos das correlações fenotípicas e genotípicas, estão apresentados na Tabela 3. Os coeficientes de determinação da análise de trilha foram de 0,8 e 1,0, respectivamente, para análise de trilha fenotípica e genotípica, indicando que a maior parte da variação da variável básica, isto é, produtividade de grãos, foi explicada pelos caracteres incluídos no diagrama de trilha.

TABELA 3. Estimativa dos efeitos diretos, indiretos fenotípicos (E.F) e genotípicos (E.G) dos caracteres APF, NDM, APM, AIV, NNM, NV3, PMG, NTV sobre a produtividade de grãos em 35 genótipos de soja em Uberlândia – MG.

Descrição dos efeitos	Componente Primário		Descrição dos efeitos	Componente Primário		
	Produtividade			Produtividade		
	E.F	E.G		E.F	E.G	
Efeito direto de APF	0,0608	-0,4947	Efeito direto de NNM	-0,1567	-0,9652	
Efeito indireto via NDM	-0,0332	-0,0047	Efeito indireto via APF	0,0078	-0,0442	
Efeito indireto via APM	0,1370	0,7555	Efeito indireto via NDM	-0,1172	-0,0135	
Efeito indireto via AIV	-0,1087	-0,2940	Efeito indireto via APM	0,2279	1,2598	
Efeito indireto via NNM	-0,0201	-0,0863	Efeito indireto via AIV	-0,1053	-0,2529	
Efeito indireto via NV3	0,0362	0,0966	Efeito indireto via NV3	-0,0086	-0,0768	
Efeito indireto via PMG	0,1219	0,1353	Efeito indireto via PMG	0,0666	0,0580	
Efeito indireto via NTV	0,0618	0,1776	Efeito indireto via NTV	0,0111	-0,0873	
Total	0,2558	0,2853	Total	-0,0744	-0,1222	
Efeito direto de NDM	-0,3434	-0,0325	Efeito direto de NV3	0,2761	0,7384	
Efeito indireto via APF	0,0059	-0,0710	Efeito indireto via APF	0,0080	-0,0648	
Efeito indireto via APM	0,0300	0,2294	Efeito indireto via NDM	-0,0124	-0,0017	
Efeito indireto via AIV	-0,1133	-0,2949	Efeito indireto via APM	-0,0844	-0,5498	
Efeito indireto via NNM	-0,0535	-0,4003	Efeito indireto via AIV	-0,0498	-0,1181	
Efeito indireto via NV3	0,0099	0,0396	Efeito indireto via NNM	0,0048	0,1004	
Efeito indireto via PMG	-0,0609	-0,0689	Efeito indireto via PMG	0,1551	0,1670	
Efeito indireto via NTV	-0,0225	-0,0785	Efeito indireto via NTV	0,0766	0,1386	
Total	-0,5477	-0,6769	Total	0,3741	0,4097	
Efeito direto de APM	0,3353	1,6969	Efeito direto de PMG	0,4902	0,4530	
Efeito indireto via APF	0,0249	-0,2203	Efeito indireto via APF	0,0151	-0,1478	
Efeito indireto via NDM	-0,0308	-0,0044	Efeito indireto via NDM	0,0427	0,0049	
Efeito indireto via AIV	-0,1223	-0,2890	Efeito indireto via APM	0,0528	0,2396	
Efeito indireto via NNM	-0,1065	-0,7166	Efeito indireto via AIV	-0,0128	-0,0378	
Efeito indireto via NV3	-0,0695	-0,2392	Efeito indireto via NNM	-0,0213	-0,1235	
Efeito indireto via PMG	0,0772	0,0639	Efeito indireto via NV3	0,0874	0,2721	
Efeito indireto via NTV	-0,0348	-0,2164	Efeito indireto via NTV	0,0052	0,0206	
Total	0,0734	0,0750	Total	0,6593	0,6814	
Efeito direto de AIV	-0,2776	-0,6066	Efeito direto de NVT	0,2530	0,7432	
Efeito indireto via APF	0,0238	-0,2398	Efeito indireto via APF	0,0149	-0,1182	
Efeito indireto via NDM	-0,1401	-0,0158	Efeito indireto via NDM	0,0306	0,0034	
Efeito indireto via APM	0,1477	0,8086	Efeito indireto via APM	-0,0461	-0,4941	
Efeito indireto via NNM	-0,0595	-0,4024	Efeito indireto via AIV	-0,0240	-0,0669	
Efeito indireto via NV3	0,0496	0,1437	Efeito indireto via NNM	-0,0069	0,1134	
Efeito indireto via PMG	0,0226	0,0282	Efeito indireto via NV3	0,0836	0,1377	
Efeito indireto via NTV	0,0219	0,0820	Efeito indireto via PMG	0,0100	0,0125	
Total	-0,2115	-0,2021	Total	0,3151	0,3311	
Efeito Residual				0,4417	0,0000	
R ²				0,8049	1,1059	

R²: Coeficiente de determinação; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturidade; APM: altura da planta na maturidade; AIV: altura de inserção da primeira vagem; NNM: número de nós na haste principal na maturidade; NV3 números de vagens com três grãos; PMG: peso médio de cem grãos; NVG número de sementes por vagem.

Para a interpretação da análise de trilha não há um teste estatístico. Por essa razão, a interpretação é feita, tendo-se como base o efeito residual, salientando-se que valores de efeitos diretos e indiretos superiores ao efeito residual são considerados relevantes.

Pela análise de correlações, verificou-se que os caracteres úteis para a seleção indireta de produtividade de grãos foram o número de vagens com três grãos e o peso médio de cem grãos. Pela análise de trilha apresentada na Tabela 3, notou-se que o número de vagens com três grãos teve efeito direto fenotípico baixo sobre a produtividade de grãos.

Por outro lado, detectou-se efeito direto fenotípico e genotípico de alta magnitude do caráter peso médio de cem grãos sobre a produtividade de grãos, existindo, assim, a potencialidade de seleção indireta via peso médio de grãos, uma vez que esse caráter apresentou coeficiente de determinação genotípico alto (acima de 70%). Esses resultados corroboram com os encontrados por El-Badawy e Mehasen (2012), que avaliaram a correlação entre caracteres agronômicos de cinco genótipos de soja semeados em três densidades de plantio em dois anos de cultivo, bem como com os de Arshad *et al.* (2006) que estudaram as correlações entre caracteres agronômicos em 33 genótipos de soja.

Considerando os demais efeitos diretos e indiretos, concomitantemente fenotípicos e genotípicos, os resultados foram irrelevantes, pois apresentaram baixas magnitudes e valores inferiores aos efeitos residuais.

4 CONCLUSÕES

Os caracteres altura de planta na maturidade e número de nós na maturidade apresentaram correlações fenotípicas e genotípicas positivas e significativas.

O caráter peso de cem grãos foi positivamente correlacionado com produtividade de grãos e com alto efeito direto fenotípico e genotípico, sendo, portanto, útil para a seleção indireta visando aumento de produtividade de grãos em soja.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKHTER, M.; SNELLER, C. H. Yield and yield components of early maturing soybean genotypes in the mid south. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 4, p. 877-882, July/Aug. 1996.
- ALI, A. A. D. M.; FRAJ, B. H.; IBRAHEEN, S. A. **Correlation and path coefficient analysis of yield and certain characters of soybean (*Glycine max (L.) Merr.*)** in Iraq. In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN EN SOJA, 4., 1989, Buenos Aires. Actas... Buenos Aires: AASOJA, 1989. t. 2, p. 974-982.
- Almeida R. D. de; Peluzio J. M.; & Afferri F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições de várzea irrigada, Sul de Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 95-99, fev. 2010.
- ARSHAD, M.; ALI, N.; GHAFOOR, A. Character correlation and path coefficient in soybean *Glycine max (L.) Merrill*. **Pakistan Journal Of Botany**, Islamabad, v.38, n.1, p. 121-130. 2006.
- BELSLEY D. A.; KUH E.; WELCH R. E. **Regression diagnostics: identifying data and sources of collinearity**. New York: John Wiley e Sons 1980. 292p.
- BIZETI, H. S. et al. Path analysis under multicollinearity in soybean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba, v. 47, n. 5, p. 669-676. Sept. 2004.
- BOARD, J. E.; KANG, M. S.; HARVILLE, B. G. Path analysis identify indirect selection criteria for yield of late planted soybean. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 3, p. 879-884, May/June 1997.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GASTALDI, L. F.; PIPOLI, A. E. Phenotypic correlations between quantitative characteristics in soybean. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, mar. 2005.
- CARVALHO, C. G. P. de 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, mar. 2002.
- CRUZ, C. D. Programa Genes - **Estatística Experimental e Matrizes**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. v. 1. 285 p.
- CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa: Ufv, 2012. 1 v.
- DEWEY, D. R.; LU, K. H. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 9, p. 515-518, Sept. 1959.

El-Badawy, M. El. M.; Mehasen, S. A. S. Correlation and Path Coefficient Analysis for Yield and Yield Components of Soybean Genotypes Under Different Planting Density. **Asian Journal of Crop Science**, v. 4, p. 150-158, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de Produção de Soja** - Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja. n. 15, 2011. 261p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p

FERREIRA, M. A. J. F. *et al.* Correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 438-442, 01 setembro 2003.

GONDIM, T. C. O.; ROCHA, V. S.; SEDIYAMA, C. S.; MIRANDA, G. V. Análise de trilha para componentes do rendimento e caracteres agronômicos de trigo sob desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 487-493, 2008.

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.

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

MACHIKOWA, T.; LAOSUWAN, P. Path coefficient analysis for yield of early maturing soybean. **Songklanakarin Journal Of Science And Technology**, Songkhla, v.33, n.4, p. 365-368. set. 2011.

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

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, nov./dez. 2012.

PANDEY, J. P.; TORRIE, J. H. Path coefficient analysis of seed yield components in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 5, p. 505-507, Sept./Oct. 1973.

PELUZIO, J. M. *et al.* Correlação entre caracteres de soja, em Gurupi, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 779-786, 2005.

RAMALHO, M. B. S. *et al.* **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Ufla, 2012. 522 p.

RODRIGUES, G. B.; MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H.; MATTEDE, A. P.; ALMEIDA, V. S. Análise de trilha de componentes de produção primários e secundários em tomateiro do grupo Salada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2010.

SALIMI, S.; MORADI, S. Effect The Correlation, Regression and Path Analysis in Soybean Genotypes (*Glycin Max L.*) Under Moisture and Normal Condition. **International Journal Of Agronomy And Plant Production**, Tehran, v. 10, n. 3, p.447-454, 2012.

SANTOS C. A. F.; REIS M. S.; CRUZ C. D.; SEDIYAMA C. S; SEDIYAMA T. Adequação de modelos no estudo de coeficiente de trilha nos componentes primários e secundário de progêniens F6 de soja (*Glycine max (L.) Merrill*). **Revista Ceres** v. 42 p. 111-121 1995.

SHIVASHANKAR, G.; VISWANATHA, S. R. **Soybean introduction and improvement in Karnataka state of India**. In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN EN SOJA, 4., 1989, Buenos Aires. Actas... Buenos Aires: AASOJA, 1989. t. 3, p. 1204-1208.

SHUKLA, S.; SINGH, K.; PUSHPENDRA. Correlation and path coefficient analysis of yield and its components in soybean (*Glycine max L. Merrill.*). **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, v. 25, p. 67-70, May 1998.

SILVEIRA, G. D. da; DIMAURO, A. O.; CENTURION, M. A. P. da C. Selection of soybean genotypes for the region of Jaboticabal (SP), Brazil. (Cropping season of 2003-2004). **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.92 - 98, 2006.

Taware, S. P.; HALVANKAR, G. B.; RAUT, V. M.; PATIL, V. P. Variability, correlation and path analysis in soybean hybrids. **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, v. 24, p. 96-98, May 1997.

VENCOVSKY R; BARRIGA P. Genética biométrica no fitomelhoramento Ribeirão Preto **Revista Brasileira de Genética** 1992 496p.

WAKANKAR, S. M.; YADAV, L. N.; KELKAR, G. M. Path coefficient analysis for some characters in soybean. **JNKVV Research Journal**, Jabalpur, v. 8, n. 3/4, p. 196-201, 1974.

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

YOKOMIZO, G. K.; VELLO, N. A. Coeficiente de determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2223-2228, nov. 2000.

CAPÍTULO II

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE SOJA

RESUMO

Atualmente, os programas de melhoramento buscam a obtenção de genótipos de soja com elevadas produtividades de grãos e adaptabilidade a diversos ambientes, sendo, portanto, necessária a execução de vários experimentos em diferentes regiões com a finalidade de avaliar o desempenho agronômico de linhagens de soja. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a interação genótipos x ambientes, a adaptabilidade e a estabilidade produtiva de genótipos de soja. Os experimentos foram conduzidos em seis municípios nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, nas safras 2007/08, 2008/09 e 2009/10 totalizando oito ambientes. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com dezoito genótipos e três repetições, sendo quatorze linhagens do programa de melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia e quatro cultivares utilizadas como testemunhas (Emgopa 316, UFUS Guarani, UFUS Riqueza e M-Soy 8001). A semeadura dos experimentos foi realizada na segunda quinzena do mês de novembro de cada ano. Durante o desenvolvimento da cultura, os tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade e com a incidência de pragas e doenças. No modelo estatístico da análise conjunta, foram considerados fixos os efeitos de genótipos e ambientes. Uma vez detectada a interação genótipos x ambientes significativa, realizou-se sua decomposição, estimando a porcentagem da parte complexa segundo metodologia de Cruz e Castoldi (1991). A adaptabilidade e estabilidade produtiva foram analisadas utilizando os métodos de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998), Centroide, Annicchiarico (1992) e Cruz, Torres e Vencovsky (1989). Os genótipos UFUS-09, UFUS-10 e UFUS-13 foram considerados como de ampla adaptação e estabilidade nos ambientes testados, pois foram assim classificados por três metodologias analisadas. Para ambientes favoráveis, podem ser recomendados os genótipos UFUS-01, UFUS-06 e UFUS-08 que foram assim classificados por três métodos estudados. Em ambientes desfavoráveis são recomendados os genótipos UFUS-11, UFUS-14 e a cultivar Emgopa 316 que foram assim classificados em três metodologias.

Palavras-chave: Linhagens. Produtividade de Grãos. Interação. Genótipo. Ambiente.

ABSTRACT

Currently, breeding programs seek to obtain soybean genotypes with high grain productivity and adaptability to different environments, being therefore required the execution of several experiments in different regions, in order to evaluate the agronomic performance of soybean lines. The aim of this study was to evaluate the genotype x environment interaction, the adaptability and productive stability of soybean genotypes. The experiments were conducted in six cities in the following states: São Paulo, Minas Gerais and Goiás; and in three seasons (2007/08, 2008/09 and 2009/10) a total of eight environments. The experimental design used was a complete randomized block with three repetitions and 18 genotypes, being 14 lines of the breeding program at Federal University of Uberlândia and four commercial cultivars used as witnesses (Emgopa 316 UFUS Guarani UFUS Riqueza and M-Soy 8001). The seeding experiments were performed in the second fortnight of November of each year. During the development of the culture, the treatments were performed according to the needs and the incidence of pests and diseases. In the statistical model of the joint analysis, genotypes and environments were considered fixed effects. Once detected a significant genotype x environment interaction, its decomposition is held, estimating the percentage of the complex part according to the methodology of Cruz and Castoldi (1991). The adaptability and productivity stability were analyzed using the methods of Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998), Centroide, Annicchiarico (1992) and Cruz, Torres and Vencovsky (1989). The UFUS-09-10 and UFUS UFUS-13 genotypes were considered to be widely adapted and stable in environments tested, because they were thus classified by at least three methodologies analyzed. To favorable environments can be recommended the UFUS-01-06 and UFUS UFUS-08 genotypes, which were thus classified by three methodologies studied. In unfavorable environments are recommended the UFUS-11-14 UFUS genotypes and cultivate Emgopa 316, which were thus classified into three methods. The use of more than one method can help and give greater confidence and safety on the recommendation of cultivars to the environments studied.

Keywords: Lines. Grain Yield. Interaction. Genotype. Environment.

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma cultura de importância mundial, que entre várias aplicações, tem sido amplamente utilizada para a elaboração de rações animais, produção de óleo e de biocombustível, além do seu consumo *in natura* que tem aumentado nas últimas décadas. No Brasil, é uma cultura que possui grande extensão da área cultivada, que vai desde o estado do Rio Grande do Sul até o Maranhão, Piauí e Roraima. O Brasil se destaca como segundo maior produtor mundial dessa oleaginosa, com uma produção estimada de 81,45 milhões de toneladas na safra 2012/13 (CONAB, 2013).

Tanto o crescimento da produção quanto o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira estão associados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo. Os programas de melhoramento genético da cultura são essenciais para atender à crescente demanda por maiores produções, possibilitando, por meio da criação de variabilidade e ampliação da base genética, a seleção dos melhores genótipos de uma população, capazes de superar os patamares já alcançados de produtividade.

Carvalho *et al.* (2002) e Carpentieri-Pípolo *et al.* (2005) afirmam que um dos objetivos primordiais dos programas de melhoramento é a obtenção de genótipos de soja com elevadas produtividades e adaptabilidade a diversos ambientes. Uma importante contribuição para a extensão da fronteira agrícola brasileira é o desenvolvimento de cultivares com adaptação às condições edafoclimáticas das principais regiões do país e, para isso, faz-se necessária a execução de vários experimentos em diferentes regiões, com a finalidade de avaliar o desempenho agronômico e as diferentes características agronômicas, nos chamados ensaios de competição de linhagem para Valor de Cultivo e Uso (VCU's) (BORÉM, 2009).

Sabe-se que a soja, no Brasil, é comumente submetida a inúmeras variações ambientais e, assim,,, é esperado que a interação genótipos x ambientes (GxA) tenha papel essencial na manifestação fenotípica e, portanto, deve ser estimada e considerada na indicação de cultivares e em programas de melhoramento genético (PRADO *et al.*, 2001). Torna-se, assim, necessário um estudo pormenorizado de cada genótipo frente às distintas condições ambientais e isso é fornecido por análises de adaptabilidade e estabilidade que possibilitam a identificação de cultivares que possuam comportamento previsível e que respondam às variações ambientais em condições amplas ou específicas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Como definido por Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) adaptabilidade é a capacidade de genótipos aproveitarem de maneira vantajosa os estímulos ambientais, ao passo que

estabilidade é a capacidade de genótipos possuírem um comportamento previsível em função do estímulo do ambiente. Para estudar tais parâmetros, vários métodos estatísticos têm sido propostos e utilizados para interpretar a interação genótipos x ambientes, tais como Plaisted e Peterson (1959); Finlay e Wilkenson (1963); Wricke (1965); Eberhart e Russell (1966); Verma *et al.* (1978); Annicchiarico (1992); Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Linn e Binns (1988).

O método Linn e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), propõe, como medida para estimar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos, o quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima obtida no ambiente.

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 método proposto por Annicchiarico (1992) baseia-se na estimação de um índice de confiança de um determinado genótipo mostrar seu comportamento relativamente superior.

A metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) baseia-se na análise da regressão bisegmentada e tem como parâmetros de adaptabilidade a média ($\hat{\beta}_{0i}$) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) e aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$). A estabilidade dos genótipos é avaliada pelo desvio da regressão de cada cultivar em função das variações ambientais ($\hat{\sigma}_{di}^2$).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja, com intuito de realizar indicações mais específica e adequada a cada ambiente estudado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características dos locais dos experimentos realizados

O trabalho foi realizado em áreas experimentais localizadas em seis municípios pertencentes aos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, observados na Tabela 1.

Tabela 1. Município, coordenadas geográficas, altitude e tipos de solo dos locais dos experimentos.

Município	Coordenadas	Altitude (m)	Tipo de solo
Buritizeiro - MG	17°24'S e 44°59'W	517	Latossolo vermelho amarelo distrófico
Capinópolis - MG	18°43'S e 49°33'W	620	Latossolo vermelho escuro distrófico
Senador Canedo - GO	16°43'S e 49°07'W	759	Latossolo vermelho distrófico
Porangatu - GO	13°26'S e 49°08'W	306	Latossolo vermelho amarelo distrófico
Uberaba - MG	19°44'S e 47°57'W	780	Latossolo vermelho distrófico
Ituverava - SP	20°21'S e 47°46'W	717	Latossolo vermelho eutrófico

2.2 Instalação e execução dos experimentos

Para analisar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento da Universidade de Uberlândia, foram instalados ensaios em seis municípios nas safras 2007/08, 2008/09 e 2009/10, perfazendo um total de oito ambientes conforme a Tabela 2.

Os tratamentos foram constituídos de dezoito genótipos de soja, sendo quatorze linhagens provenientes do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia e quatro cultivares recomendadas para as regiões, sendo Emgopa 316, UFUS Guarani, UFUS Riqueza e M-Soy 8001, que foram utilizadas como testemunhas.

TABELA 2. Codificação dos ambientes de instalação dos experimentos.

Ambiente	Código	Safra
Buritizeiro	BTZ1	2007/08
Capinópolis	CAP1	2007/08
Senador Canedo	SCD1	2007/08
Porangatu	PGT1	2007/08
Porangatu	PGT2	2008/09
Uberaba	URA1	2008/09
Uberaba	URA2	2009/10
Ituverava	ITV1	2009/10

O delineamento experimental utilizado em todos os experimentos foi o de blocos completos casualizados, com três repetições. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de soja com cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,5 m entre linhas. A parcela útil utilizada para a avaliação da produtividade de soja foi composta pelas duas linhas centrais desprezando 0,5 m em ambas as extremidades, perfazendo 4 m² de parcela útil.

O preparo do solo em todos os experimentos foi realizado de forma convencional por meio de duas arações e uma gradagem. A abertura de sulcos de semeadura foi realizada utilizando-se uma semeadora para plantio convencional que abriu o sulco e incorporou o adubo sem fechá-lo.

A adubação de semeadura em cada experimento foi realizada conforme resultados da análise de solo e recomendações para a cultura da soja em cada região. A semeadura dos experimentos foi realizada manualmente direto no sulco e a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* foi realizada no sulco logo após a semeadura. Posteriormente, o sulco foi coberto manualmente com, aproximadamente, quatro centímetros de solo. A semeadura em todos os ambientes sempre foi realizada na segunda quinzena do mês de novembro.

Durante todo desenvolvimento da cultura, foram realizados os tratos culturais, de acordo com a necessidade e incidência de pragas e doenças, sempre respeitando o nível de dano econômico.

2.3 Produtividade de grãos

Para efeito de avaliação da adaptabilidade e estabilidade produtiva dos genótipos, foi avaliada a produtividade de grãos logo após a colheita e beneficiamento das plantas da parcela útil. A colheita foi realizada manualmente, as plantas foram trilhadas em equipamento próprio e foram retiradas as impurezas da amostra; em seguida, houve a pesagem da massa de grãos, aferimento da umidade para que a produtividade final fosse convertida para umidade de 13% conforme seguinte fórmula:

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

Em que:

PF: Peso final da amostra;

PI: Peso inicial da amostra;

UI: Umidade inicial da amostra em %;

UF: Umidade final da amostra em %.

2.4 Análises estatísticas

Todos dados obtidos das avaliações foram submetidos a análise estatística de acordo com o objetivo proposto para o presente trabalho. As análises foram realizadas por meio o aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2006).

2.4.1 Análise de variância

Inicialmente, avaliaram-se a independência e a normalidade das variâncias residuais. Posteriormente, procedeu-se às análises de variâncias individuais. Em seguida, detectou-se a homogeneidade das variâncias residuais por meios da razão entre o maior e o menor quadrado médio residual das análises de variância individuais, considerando-se sete como o valor limite para proceder à análise conjunta (PIMENTEL-GOMES, 2000).

Realizou-se a análise conjunta conforme o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B/A + G_i A_j + Gx A_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Em que:

μ : média geral;

B_k/A_j : efeito do bloco k dentro de cada ambiente j ;

G_i : efeito do i -ésimo genótipo;

A_j : efeito do j -ésimo ambiente;

$Gx A_{ij}$: efeito da interação do i -ésimo genótipo com j -ésimo ambiente; e

ϵ_{ijk} : erro aleatório

No modelo estatístico da análise conjunta, foram considerados fixos os efeitos de genótipos e ambientes.

Uma vez detectada a interação $Gx A$ significativa, realizou-se sua decomposição, estimando a porcentagem da parte complexa segundo metodologia de Cruz e Castoldi (1991), conforme descrito abaixo:

$$C = \sqrt{(1-r)^3} \sqrt{Q_1 Q_2}$$

em que Q_1 e Q_2 corresponderam aos quadrados médios dos genótipos nos ambientes 1 e 2, respectivamente, e r a correlação entre as médias dos genótipos nos dois ambientes.

Foi estimado o coeficiente de determinação genotípico (h^2) com base no método da análise de variância dado por:

$$h^2 = \frac{\widehat{\phi}_g}{QMT/r}$$

$$\widehat{\phi}_g = \frac{(QMT - QMR)}{r}$$

Em que:

h^2 : coeficiente de determinação genotípico;

$\hat{\phi}_g$: componente quadrático genético;

QMT : quadrado médio de genótipos;

QMR : quadrado médio do resíduo;

r : número de repetições.

2.4.2 Avaliação da adaptabilidade e estabilidade

As análises de adaptabilidade e estabilidade foram realizadas utilizando os métodos de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998), Centroide, Annicchiarico (1992) e Cruz, Torres e Vencovsky (1989).

2.4.2.1 Metodologia de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998)

O método proposto Lin e Binns (1988) define o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente para estimar a adaptabilidade e estabilidade. 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;

n: número de locais.

A recomendação geral é feita com base no P_i original de Lin e Binns (1988), e baseado nisso, Carneiro (1998) propõe a decomposição do P_i em ambientes favoráveis e desfavoráveis, com base nos índices ambientais definidos como a diferença entre a média dos genótipos avaliados em cada ambiente e a média geral conforme os estimadores que se seguem:

O estimador do parâmetro de estabilidade para ambientes favoráveis é dado por:

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

em que:

f: número de ambiente favoráveis;

Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j;

M_j : resposta máxima observada entre todos os genótipos no local j.

O estimador do parâmetro de estabilidade para ambientes desfavoráveis é dado por:

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

d: número de ambientes desfavoráveis;

Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j;

M_j : resposta máxima observada entre todos os genótipos no local j.

2.4.2.2 Metodologia 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, definidos como:

Ideótipo I: O ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados.

Ideótipo II: O ideótipo de máxima adaptabilidade específica é aquele que apresenta máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis.

Ideótipo III: O ideótipo de máxima adaptabilidade específica é aquele que apresenta máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III).

Ideótipo IV: O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores em todos os ambientes estudados.

Para utilização desse método, os ambientes são classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental conforme modelo:

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

Em que:

I_j :

Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ;

$Y..$: total das observações;

a : número de ambientes;

g : número de genótipos.

A análise classificatória foi realizada calculando as distâncias euclidianas de cada genótipo aos centroides estabelecidos, por meio de:

$$D_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^a (X_{ij} - C_{ijk})^2}$$

Em que:

D_{ik} : distância do genótipo i ao centroide k ($k = 1, 2, 3$ e 4).

De posse dos valores de D_{ik} realiza-se a seguinte classificação:

Adaptabilidade geral: quando D_{i1} é o menor valor obtido;

Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis: quando D_{i2} é o menor valor;

Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis: quando D_{i3} é o menor valor obtido;

Não adaptado: quando D_{i4} é o menor valor obtido.

2.4.2.3 Metodologia proposta por Annicchiarico (1992)

O método proposto por Annicchiarico (1992) inicia-se com a transformação das médias dos genótipos em cada ambiente, em porcentagem da média do ambiente (Y_{ij}), sendo o desvio padrão (σ_i) e a média (\bar{Y}_i) das porcentagens de cada genótipo. Com isso pode-se estimar o índice de confiança (I_i) por meio do seguinte estimador:

$$I_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)}(\hat{\sigma}_i)$$

Schmildt e Cruz (2005), sugeriram a decomposição de I_i para ambiente favorável (I_{if}) e desfavorável (I_{id}) de acordo com os índices ambientais, definidos pela diferença entre a média dos genótipos em cada ambiente e a média geral. São considerados ambientes favoráveis aqueles que posuem índices maiores ou iguais a zero e desfavoráveis os com índices negativos, respectivamente conforme modelos:

$$I_{if} = \bar{Y}_{if} - Z_{(1-\alpha)}(\hat{\sigma}_{if})$$

$$I_{id} = \bar{Y}_{id} - Z_{(1-\alpha)}(\hat{\sigma}_{id})$$

2.4.2.4 Metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989)

A metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) baseia-se na análise da regressão bissegmentada e tem como parâmetros de adaptabilidade a média ($\hat{\beta}_{0i}$) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) e aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$). A estabilidade dos genótipos é avaliada pelo desvio da regressão de cada cultivar em função das variações ambientais ($\hat{\sigma}_{di}^2$). De acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \delta_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Em que:

I_j : índice de ambiente codificado;

$T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$;

$T(I_j) = I_j - \bar{I}_+$ se $I_j > 0$, sendo \bar{I}_+ a média dos índices I_j positivos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para produtividade de grãos (TABELA 3) mostram efeitos a 1% de probabilidade pelo teste F para todas as fontes de variação: genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes.

TABELA 3. Resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos de produtividade de grãos (kg ha^{-1}), em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios
Blocos/Ambientes	16	1006452,59259
Genótipos	17	563594,53064 **
Ambientes	7	4393878,25364 **
Genótipos x Ambientes	119	726922,37689 **
Resíduo	272	257421,54357
Média		2613,88
Coeficiente de Variação (CV%)		19,41
Coeficiente de determinação genotípico ($H^2\%$)		54,32

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

Segundo Pimentel-Gomes (2000), em experimentos de campo, coeficientes de variação menores que 10% podem ser considerados baixos, valores entre 10 a 20% são considerados médios, de 20 a 30% são considerados altos e acima de 30% muito altos. O coeficiente de variação experimental foi de 19,41%, ou seja, com médio controle das causas de variação sistemática dos ambientes experimentais, para a produtividade de grãos. Embora Carvalho *et al.* (2003) considerem o limite aceitável até 16% para produtividade de grãos em soja, 20% é o máximo recomendado pelo MAPA como requisito para determinação do valor de cultivo e uso de soja para inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC).

De acordo com Vasconcelos *et al.* (2012), o coeficiente de determinação genotípico é um parâmetro relacionado à herdabilidade, contudo, possibilita inferências acerca de genótipos, efeito fixo, e não da população, efeito aleatório, no caso da herdabilidade. O coeficiente de determinação genotípico foi de 54,32% (Tabela 3) evidenciando a natureza quantitativa do caráter produtividade de grãos que é muito influenciado pelo ambiente. Resultados próximos foram obtidos por alguns autores trabalhando com produtividade de grãos (YOKOMIZO; VELLO, 2000), (STORK e RIBEIRO, 2011), que encontraram 57 e 62% respectivamente.

A ocorrência de interação significativa (TABELA 3) justifica a necessidade de estudos de adaptabilidade e estabilidade, com intuito de pormenorizar o comportamento dos genótipos frente às oscilações ambientais, conforme sugerido por Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) e Ramalho *et al.* (2012). Adicionalmente, este estudo é necessário, haja vista a predominância de interação do tipo complexa (TABELA 4), evidenciando que a parte complexa da interação superou em todos os pares de ambiente o valor de 50%, assim caracterizando a presença de interação complexa Cruz, Regazzi e Carneiro (2012).

Esses estudos corroboram com os obtidos por Pelúzio *et al.* (2008a; 2008b), , Mendonça *et al.* (2007), Barros *et al.* (2010b; 2012), e Cella, (2012) que também observaram predominância de interação complexa para o caráter produtividade de grãos.

TABELA 4. Decomposição da parte complexa da interação genótipos x ambientes entre pares de ambientes, para o caráter produtividade de grãos.

Ambientes	% da parte complexa	Ambientes	% da parte complexa
URA1 x URA2	100,01	CAP1 x PGT1	97,51
URA1 x CAP1	103,76	CAP1 x SCD1	70,06
URA1 x BTZ1	83,32	CAP1 x PGT2	98,32
URA1 x PGT1	106,06	CAP1 x ITV1	72,89
URA1 x SCD1	101,41	BTZ1 x PGT1	99,53
URA1 x PGT2	94,57	BTZ1 x SCD1	76,80
URA1 x ITV1	58,40	BTZ1 x PGT2	84,15
URA2 x CAP1	89,71	BTZ1 x ITV1	99,80
URA2 x BTZ1	102,33	PGT1 x SCD1	75,27
URA2 x PGT1	90,98	PGT1 x PGT2	100,35
URA2 x SCD1	94,20	PGT1 x ITV1	120,59
URA2 x PGT2	114,12	SCD1 x PGT2	100,60
URA2 x ITV1	83,26	SCD1 x ITV1	118,75
CAP1 x BTZ1	97,51	PGT2 x ITV1	98,04

BTZ1: Buritizeiro, safra 2007/08; CAP1: Capinópolis, safra 2007/08; SCD1: Senador Canedo, safra 2007/08; PGT1: Porangatu, safra 2007/08; PGT2: Porangatu, safra 2008/09; URA1: Uberaba, safra 2008/09; URA2: Uberaba, safra 2009/10; ITV1: Ituverava, safra 2009/10.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das estimativas de parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade obtidos pelo método de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998) para a produtividade de grãos. A metodologia proposta por Lin e Binns (1988) orienta-se pela estimativa do parâmetro P_i que mensura o desvio da produtividade de um genótipo em relação à produtividade máxima de cada ambiente. Carneiro (1998) propôs alterações no método para determinar o comportamento dos genótipos em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Desse modo, o genótipo ideal é aquele que apresenta alta média de produtividade aliada ao menor valor de P_i .

Analisando os genótipos da Tabela 5, observou-se que o genótipo UFUS-09 é o que apresenta maior adaptabilidade geral, sendo de adaptabilidade ampla a todos os ambientes testados, com produtividade de 2.804,62 kg ha⁻¹ e menor valor de P_{igeral} , seguidos pelos genótipos UFUS-10, UFUS-13, UFUS-01 e UFUS-14 que apresentaram nesta ordem os menores valores para a estimativa P_{igeral} e produtividade acima da média geral e de todas as testemunhas.

No que diz respeito à adaptação a ambientes específicos pôde-se observar, na Tabela 5, que o genótipo UFUS-01 apresenta o menor valor de $P_{ifavorável}$ com alta produtividade, 2.816,33 kg ha⁻¹, assim sendo considerado o mais adaptado a ambientes favoráveis, seguido por UFUS-08, UFUS-09, UFUS-06 e UFUS-13 com os menores índices de $P_{ifavorável}$ e produtividade acima da média geral e todas as testemunhas. Com relação a ambientes desfavoráveis, o genótipo UFUS-11 apresentou o menor valor de $P_{idesfavorável}$ e produtividade de 2.617,30 kg ha⁻¹ valor muito próximo à média geral do ensaio, sendo assim considerado adaptado a ambientes desfavoráveis, seguido pelos genótipos UFUS-14, UFUS-10, a cultivar Emgopa 316 e UFUS-09 com os menores valores de $P_{idesfavorável}$ e produtividade acima da média geral.

Os genótipos UFUS-09 e UFUS-13 apresentaram produtividade acima da média geral e foram considerados pelo método de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998) de alta estabilidade, pois estão entre os menores estimativas de P_i nas três classes de avaliação: P_{igeral} , $P_{ifavorável}$ e $P_{idesfavorável}$. Hamawaki *et al.* (2009) em estudos de adaptabilidade e estabilidade com 28 genótipos em cinco ambientes nos estados de Minas Gerais e Goiás encontram resultado semelhante com cinco genótipos e Barros *et al.* (2010a) obtiveram igual resultado com três genótipos de soja em ensaios finais de competição de soja com dezessete genótipos em seis ambientes no estado de Mato Grosso, sendo assim, considerados de alta estabilidade.

TABELA 5. Média de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998) em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes.

Genótipos	Média (kg ha^{-1})	P_{geral}	$P_{\text{favorável}}$	$P_{\text{desfavorável}}$
UFUS-01	2816,33	488992,96	91634,08	886351,84
UFUS-02	2463,50	767394,03	542201,59	992586,48
UFUS-03	2515,46	631931,34	386679,70	877182,98
UFUS-04	2364,58	770723,49	627730,32	913716,65
UFUS-05	2487,92	675580,36	665407,04	685753,68
UFUS-06	2716,08	533333,26	241581,35	825085,16
UFUS-07	2703,04	520002,04	372869,39	667134,69
UFUS-08	2680,87	544235,50	178019,79	910451,21
UFUS-09	2804,62	371628,61	231486,92	511770,30
UFUS-10	2844,96	417111,11	416901,62	417320,60
UFUS-11	2617,33	731571,67	1152958,51	310184,83
UFUS-12	2309,62	919378,84	951712,44	887045,24
UFUS-13	2747,37	442928,47	287117,83	598739,12
UFUS-14	2672,62	506816,48	616427,12	397205,83
Emgopa 316	2597,58	594371,41	728194,60	460548,22
UFUS Guarani	2668,33	540745,33	313563,70	767926,96
UFUS Riqueza	2535,00	738710,59	404144,58	1073276,59
M-Soy 8001	2504,62	814542,20	893925,25	735159,14
Média	2613,88			

Na Tabela 6, estão apresentados os resultados das estimativas de parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade e a classificação dos genótipos em ambientes de acordo com o método centroide, para a produtividade de grãos. 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, definidos como Ideótipo I, Ideótipo II, Ideótipo III e Ideótipo IV respectivamente.

Verificou-se, na Tabela 6, que 55% dos genótipos foram classificados no grupo II apresentam melhores respostas às melhorias do ambiente. Os genótipos UFUS-01, UFUS-08, UFUS-06, UFUS Guarani e UFUS Riqueza apresentaram as maiores probabilidades dentro do grupo II.

TABELA 6. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método Centroide em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes.

Genótipos	Classificação	Centroide			
		Prob (I)	Prob (II)	Prob (III)	Prob (IV)
UFUS-01	II	0,2328	0,4257	0,1549	0,1866
UFUS-02	II	0,1979	0,3045	0,1969	0,3007
UFUS-03	II	0,2067	0,3080	0,1996	0,2857
UFUS-04	IV	0,1868	0,2643	0,2086	0,3403
UFUS-05	IV	0,2018	0,2485	0,2335	0,3163
UFUS-06	II	0,2392	0,3440	0,1884	0,2285
UFUS-07	II	0,2521	0,2696	0,2324	0,2459
UFUS-08	II	0,2103	0,4023	0,1651	0,2223
UFUS-09	II	0,2760	0,2961	0,2097	0,2181
UFUS-10	I	0,2849	0,2331	0,2620	0,2200
UFUS-11	III	0,2005	0,1722	0,3766	0,2507
UFUS-12	IV	0,1735	0,2230	0,2233	0,3802
UFUS-13	II	0,2680	0,2700	0,2304	0,2316
UFUS-14	III	0,2472	0,2167	0,2914	0,2447
Emgopa 316	III	0,2239	0,2099	0,2986	0,2676
UFUS Guarani	II	0,2392	0,3212	0,1995	0,2402
UFUS Riqueza	II	0,1958	0,3137	0,1920	0,2986
M-Soy 8001	IV	0,2104	0,2131	0,2814	0,2930

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

Observou-se que apenas o genótipo UFUS-10 foi classificado no grupo I com adaptabilidade geral ou ampla. Por outro lado, quatro genótipos foram classificados no grupo IV com mínima ou pouca adaptabilidade, sendo UFUS-12, UFUS-04, UFUS-05 e M-Soy 8001. Os genótipos que foram classificados como adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e se enquadram no grupo III são UFUS-11, Emgopa 316 e UFUS-14.

Na Tabela 7, são apresentados os resultados das estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método Annicchiarico (1992) e a média de produtividade de grãos, classificando os genótipos em três ambientes. Essa metodologia possui como estatística o índice de confiança (W_i) cujo resultado é expresso em porcentagem em relação à média dos ambientes analisados, classificando e recomendando genótipos estáveis para ambiente geral, favorável e desfavorável.

De acordo com a Tabela 7, o genótipo UFUS-09 apresenta maior valor do índice W_i , portanto, é considerado o mais adaptado e estável em ambiente geral, com uma média geral de $2.804,62 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido pelos genótipos UFUS-10, UFUS-13 e UFUS-01, respectivamente com os maiores índices W_i .

TABELA 7. Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992) em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes.

Genótipos	Ambiente Geral		Ambiente Favorável		Ambiente Desfavorável	
	Média (kg ha^{-1})	Wi (%)	Média	Wi (%)	Média	Wi (%)
UFUS-01	2816,33	100,34	3432,00	116,99	2200,66	86,37
UFUS-02	2463,50	89,07	2823,16	94,17	2103,83	84,18
UFUS-03	2515,46	93,02	2855,66	99,34	2175,25	87,64
UFUS-04	2364,58	88,23	2573,33	88,70	2155,83	87,65
UFUS-05	2487,92	91,60	2650,75	89,43	2325,08	93,26
UFUS-06	2716,08	98,07	3093,83	104,69	2338,33	91,12
UFUS-07	2703,04	97,09	2895,66	99,67	2510,41	95,43
UFUS-08	2680,87	97,75	3184,91	109,96	2176,83	88,23
UFUS-09	2804,62	104,22	3064,83	105,31	2544,41	103,01
UFUS-10	2844,96	102,90	2936,58	99,97	2753,33	105,95
UFUS-11	2617,33	93,99	2330,58	76,49	2904,08	115,92
UFUS-12	2309,62	84,66	2411,08	80,39	2208,16	88,87
UFUS-13	2747,37	100,51	2935,58	102,02	2559,16	99,07
UFUS-14	2672,62	97,84	2640,66	90,58	2704,58	105,79
Emgopa 316	2597,58	95,03	2561,83	87,83	2633,33	103,26
UFUS Guarani	2668,33	97,05	3004,33	101,46	2332,33	92,58
UFUS Riqueza	2535,00	92,02	2886,08	99,88	2183,92	84,90
M-Soy 8001	2504,62	90,03	2427,75	82,64	2581,50	98,55
Média	2613,88					

Analisando a classificação em ambientes favoráveis, o genótipo UFUS-01 apresenta o maior $W_{\text{ifavorável}}$ e pode ser considerado o genótipo com maior adaptabilidade e estabilidade em ambientes favoráveis com média de produtividade de grãos de $3.432,00 \text{ kg.ha}^{-1}$, seguido pelos genótipos UFUS-08, UFUS-09, UFUS-06, UFUS-13 e UFUS Guarani.

O genótipo UFUS-11 foi classificado como o mais adaptado e estável em ambiente desfavorável apresentando o maior valor para o índice $W_{\text{desfavorável}}$ e média de produtividade de $2.904,08 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido pelos genótipos UFUS-10, UFUS-14, Emgopa 316 e UFUS-09.

O genótipo UFUS-09, de acordo com a metodologia de Annicchiarico, pode ser recomendado para todas as classes ambientes propostas, ao passo que o genótipo UFUS-10 é recomendado para ambiente geral e ambiente desfavorável. Por outro lado, os genótipos UFUS-01 e UFUS-13 são recomendados para ambiente geral e para ambiente favorável.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados das estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) para a produtividade de grãos.

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), que se baseia na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade média ($\hat{\beta}_{0i}$) a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) e aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$).

O genótipo considerado como ideal pelo método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) é aquele que apresenta uma média alta ($\hat{\beta}_{0i}$ alto) seja menos exigente nas condições desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$ o menor possível), tenha capacidade de responder à melhoria ambiental ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ o maior possível) e alta estabilidade nos ambientes considerados ($\hat{\sigma}_{di}^2 = 0$ ou $R^2 > 80\%$). Analisando-se a Tabela 8, observa-se que o genótipo ideal preconizado pelo modelo bissegmentado não existe entre os avaliados.

Os genótipos UFUS-03, UFUS-04, UFUS-05, UFUS-06, UFUS-07, UFUS-13, Emgopa 316, UFUS Guarani e UFUS Riqueza apresentaram os parâmetros $\hat{\beta}_{1i}$, $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ igual a 1, portanto não significativos, podendo serem considerados de adaptação ampla a todos os ambientes. Entretanto foram considerados de baixa estabilidade UFUS-06, UFUS-07 e UFUS Riqueza, pois apresentam $\hat{\sigma}_{di}^2$ significativamente diferentes de zero, portanto não apresentaram estabilidade. Os demais podem ser considerados estáveis, pois têm $\hat{\sigma}_{di}^2$ significativamente diferentes igual a zero, no entanto apenas UFUS-13 e UFUS Guarani apresentam produtividade de grãos acima da média geral.

Para ambientes favoráveis, o genótipo UFUS-02, UFUS-10 e UFUS-12 apresentaram $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ significativamente maior que a unidade, evidenciando que são os mais adaptados a ambientes favoráveis, entretanto apenas UFUS-12 apresentaram $\hat{\sigma}_{di}^2$ igual a zero, indicando alta estabilidade nos ambientes testados.

TABELA 8. Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) em quatorze linhagens e quatro cultivares de soja, cultivadas em oito ambientes.

Genótipos	Coeficientes de regressão				$\hat{\sigma}_{di}^2$	R^2
	$\hat{\beta}_{0i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{2i}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$		
UFUS-1	2816,33	2,3492**	-1,9369	0,4123ns	4,7111**	53,76
UFUS-2	2463,50	1,3494ns	1,1899	2,5393*	2,4876*	61,76
UFUS-3	2515,46	1,6965ns	-0,3012	1,3953ns	0,3291ns	91,40
UFUS-4	2364,58	1,0989ns	-0,5423	0,5566ns	0,6032ns	68,19
UFUS-5	2487,92	0,5995ns	0,1428	0,7423ns	2,0830ns	20,69
UFUS-6	2716,08	1,0006ns	-0,7065	0,2942ns	5,3828**	15,84
UFUS-7	2703,04	0,2304ns	1,8075	2,0379ns	4,6590**	24,21
UFUS-8	2680,87	1,8914*	-1,5195	0,3719ns	1,9608ns	64,4
UFUS-9	2804,62	1,3308ns	-2,2041	-0,8733*	0,4927ns	80,2
UFUS-10	2844,96	1,2366ns	1,4984	2,7350*	3,1451*	56,51
UFUS-11	2617,33	-0,7477**	2,4362	1,6887ns	4,6657**	24,75
UFUS-12	2309,62	0,5888ns	2,3462	2,93506*	0,4950ns	87,02
UFUS-13	2747,37	1,5366ns	-0,9728	0,5638ns	2,0562ns	54,15
UFUS-14	2672,62	0,6557ns	-1,4566	-0,8009*	2,8745*	18,30
Emgopa 316	2597,58	0,4353ns	-0,07901	0,35625ns	3,2283ns	6,65
UFUS Guarani	2668,33	1,7553ns	0,1127	1,86801ns	1,9309ns	68,67
UFUS Riqueza	2535,00	1,0243ns	0,4947	1,51908ns	3,2062*	36,31
M-Soy 8001	2504,62	-0,0319*	-0,3097	-0,34163ns	5,5557**	0,74
Média (kg.ha^{-1})	2613,88					

**significativo a 1% de probabilidade e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O genótipo UFUS-08 apresentou todos os requisitos para adaptação aos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{0i} >$ média geral, $\hat{\beta}_{1i} > 1$, $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} < 1$ e $\hat{\sigma}_{di}^2$ próximo ou igual a zero).

Comparando a classificação entre as metodologias utilizadas para determinar a adaptabilidade e estabilidade produtiva dos genótipos avaliados, observa-se que houve similaridade para classificação entre os métodos utilizados.

Analizando os métodos estudados para a classificação de adaptabilidade e estabilidade em ambiente geral o genótipo UFUS-13, foi considerado adaptado e estável pelo método de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998), Annicchiarico (1992), e Cruz, Torres e

Vencovsky (1989), sendo classificado pelo método centroide como adaptado a ambientes favoráveis, todavia com estatística muito próxima de adaptação geral; o método centroide considerou apenas o genótipo UFUS-10 com sendo de adaptação geral. O genótipo UFUS-09 obteve essa classificação pelas metodologias de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998) e Annchiarico, UFUS-10 pelas metodologias Centroide e Annchiarico (1992) resultado que corrobora com o encontrado por Barros *et al.*, (2010a) que, estudando dezessete genótipos em seis ambientes no estado do Mato Grosso, encontraram cinco e três genótipos, respectivamente, classificados da mesma forma por esses métodos; para todas as metodologias estudadas por Barros, foram encontrados três genótipos com a mesma classificação.

Oliveira *et al.* (2012) estudando adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja nos estados de Goiás e Mato Grosso encontraram genótipos com classificação semelhante tanto para ambientes favoráveis, desfavoráveis e geral, em análise realizada com os métodos de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998), Annchiarico, Centroide e Eberhat e Russel (1966).

Nenhum genótipo foi considerado adaptado a ambientes favoráveis por todos os métodos utilizados. Os genótipos UFUS-01, UFUS-06 UFUS-08 foram considerados adaptados e estáveis pelos métodos Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998), Centroide e Annchiarico (1992) e UFUS-13, foi assim classificado, pela metodologia de Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998) e Annchiarico (1992).

Segundo estudos de Pereira *et al.*, (2009) que compararam quatro metodologias para avaliar adaptabilidade e estabilidade para produtividade de grãos de feijão, encontro-se correlação significativa entre os métodos de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Annchiarico (1992), justificando assim a mesma classificação de alguns genótipos por essas metodologias.

Analisando os genótipos em ambientes desfavoráveis os genótipos UFUS-11 e UFUS-14 foram considerados adaptados por Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998), Annchiarico (1992) e Centroide. O genótipo UFUS-09 foi considerado adaptado e estável por Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998) e Annchiarico (1992). O genótipo UFUS-10 e a cultivar Emgopa 316 foram assim classificados por Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998), Annchiarico (1992).

Hamawaki *et al.* (2009), estudando o comportamento de genótipos de soja no triângulo mineiro e em Goiatuba-GO, também encontraram genótipos com a mesma classificação pelo

método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Lin e Binns (1988, modificado por Carneiro, 1998).

4. CONCLUSÕES

Os genótipos UFUS-09, UFUS-10 e UFUS-13 foram considerados como genótipos de ampla adaptação e estabilidade nos ambientes testados, pois foram assim classificados em pelo menos três metodologias analisadas.

Para ambientes favoráveis, podem ser recomendados os genótipos UFUS-01, UFUS-06 e UFUS-08 que foram assim classificados por três métodos estudados.

Em ambientes desfavoráveis, são recomendados os genótipos UFUS-11, UFUS-14 e a cultivar Emgopa 316 que foram assim classificados em três metodologias.

A utilização de mais de um método pode auxiliar e dar maior confiança e segurança aos melhoristas de plantas para realizar a recomendação de cultivares para os ambientes estudados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of genetics and Plant Breeding** 46: 269-278, 1992.
- BARROS, H. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no Estado do Mato Grosso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, jun. 2010a.
- 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, p. 49-58. mai. 2012.
- 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, abr. 2010b.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5ed. Viçosa: UFV, 2009. 529 p.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V. C.; GASTALDI, L. F.; PÍPOLO, A. E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, mar. 2005.
- CARVALHO, C. G. P. de *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, mar. 2002.
- CARVALHO, C. G. P. de. Proposal to categorize coefficients of variation for yield and plant height in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 2, 2003. p.187-193.
- CELLA, A. J. da S. Métodos uni e multivariados para estudo de adaptabilidade e estabilidade em soja. 2012. 59 f. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Tocantins, Gurupi, 2012.
- CONAB (Companhia Nacional do Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira-Safra 2012/2013, Décimo Levantamento**. Agosto 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portugues_agosto_2013_port.pdf>. Acesso em 10 de Agosto de 2013.
- CRUZ, C. D. . Programa Genes - **Estatística Experimental e Matrizes**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. v. 1. 285 p.
- CRUZ, C. D., TORRES, R. A. A., VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 567-580, 1989.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa: Ufv, 2012. 1 v.
- CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexas. **Revista Ceres**, v.38, p.422-430, 1991.

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

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v.14, n.6, p.742-754, Jan. 1963.

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 Sciencie**, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.

MENDONCA, O. *et al.* Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42,n. 11, Nov. 2007 .

OLIVEIRA, L. G. *et al.* Adaptability and stability of soybean yield in two soybean producing regions. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 852-861, dez. 2012

PELÚZIO, J. M. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v. 55, n. 01, p. 34-40, 2008a.

PELÚZIO, J. M. *et al.* Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, p. 455-462. 01 jan. 2008b.

PEREIRA, H. S. *et al.* Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.374-383, abr. 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba, Nobel, 1990. 468p.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistency in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v.36, p.381-385, 1959.

PRADO, E. E. do *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n. 4, p.625-635, abr. 2001.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, p.255-266, 2005.

SCHMILDT, E. R.; CRUZ, C. D. Análise da adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e de Annicchiarico (1992). **Revista Ceres**, v. 52, n. 299, p. 45-58, 2005.

STORCK, L.; RIBEIRO, N. D. Valores genéticos de linhas puras de soja preditos com o uso do método de Papadakis. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, 2011.

VASCONCELOS, E. S. de *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p.65-76, 01 mar. 2012.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.53, n.1, p.89-91, Jan. 1978.

WRICKE G. Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. **Pflanzenzüchtung** **52**: 127-138. 1965.

YOKOMIZO, G. K.; VELLO, N. A. Coeficiente de determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, p. 2223-2228. 01 nov. 2000.