

FERNANDA DE MELO MUNDIM

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merril) QUANTO A ESTABILIDADE, ADAPTABILIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA.

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

Orientador:

Prof. Dr. Osvaldo Thoshiyuki Hamawaki

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

FERNANDA DE MELO MUNDIM

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA (*Glycine max (L.) Merril*) QUANTO A ESTABILIDADE, ADAPTABILIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA.

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

APROVADA em 28 de março de 2016.

Profa. Dra. Larissa Barbosa Sousa

UFU

Profa. Dra. Ana Paula Oliveira Nogueira

UFU

Dra. Flávia Aparecida Amorim

USP

Prof. Dr. Osvaldo Thoshiyuki Hamawaki

ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- M965a
2016
- Mundim, Fernanda de Melo, 1989
Avaliação de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) quanto a estabilidade, adaptabilidade e qualidade fisiológica / Fernanda de Melo Mundim. - 2016.
41 f. : il.
- Orientador: Osvaldo Thoshiyuki Hamawaki.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Soja - Semente - Teses. 3. Sementes - Aspectos fisiológicos - Teses. 4. Sementes - Qualidade - Teses. I. Hamawaki, Osvaldo Thoshiyuki. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

“Cada dia que amanhece assemelha-se a
uma página em branco, na qual gravamos
os nossos pensamentos, ações e atitudes.

Na essência, cada dia é a preparação
de nosso próprio amanhã.”

Chico Xavier

Aos meus pais, Jânio e Luci Mary, pelo exemplo de vida e de humildade, pelos ensinamentos e pela dedicação à minha formação pessoal e profissional

Ao meu noivo, Diogenes, pelo amor, pelo carinho, pelo companheirismo, pelo incentivo, pelo auxílio e por ter acreditado nos meus sonhos, apoiando-me sempre

Aos meus irmãos, Bruno e Murilo, pelo apoio, pelo companheirismo e pelos conselhos

Ao meu orientador, Osvaldo, pelos ensinamentos, conselhos e paciência.

A todos os professores e alunos que participaram da pesquisa

Como prova de meu amor e gratidão,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida e não somente nestes anos como estudante, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A minha mãe e ao meu pai, Luci Mary e Jânio, heróis que me deram apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço e apesar de todas as dificuldades me fortaleceu.

Ao meu noivo, Diogenes, pelo amor e pelo apoio que sempre me proporciona, compreendendo os momentos de ausência e estresse.

A minha criança, que mesmo antes de nascer participa do meu sucesso e é a principal responsável pelas minhas escolhas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Osvaldo Thoshiyuki Hamawaki pela oportunidade e apoio na *elaboração deste trabalho*.

A minha co-orientadora, Profa. Dra. Larissa Barbosa Sousa, pela orientação, apoio, confiança e amizade, acreditando no meu potencial.

A Prof. Dra Ana Paula Oliveira Nogueira, sempre muito dedicada a nos passar conhecimento, e pelos conselhos e paciência.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração, especialmente aos *funcionários do ICIAG*, pela atenção, apoio e profissionalismo.

A todos os *professores*, por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de *formação profissional*, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos *professores* dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

A Capes, pelo auxílio e apoio concedido, que foi de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos alunos do curso de graduação de Agronomia, Leandro, Renato, Monique e Lucas, pela ajuda na condução do experimento.

Aos mestrandos e doutorandos, Beliza e Paulo, pelo companheirismo.

Ao técnico do Lasem Adilio, por todo apoio e ajuda na condução das análises.

Aos estagiários e bolsistas do Grupo de Melhoramento de Soja, pela ajuda e apoio na condução do experimento.

CAPÍTULO 1: Avaliação dos genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merril (L.) Merril) para os diferentes testes de qualidade fisiológica .

Resumo.....	01
Abstract.....	02
1. Introdução.....	03
2. Material e Métodos.....	06
3. Resultados e Discussão.....	11
4. Conclusões.....	17
Referências.....	18

CAPÍTULO 2: Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por métodos paramétricos, não paramétricos e multivariado.

Resumo	21
Abstract	22
1. Introdução.....	22
2. Material e Métodos.....	24
3. Resultados e Discussão	29
4. Conclusões	41
Referências	42

CAPÍTULO 1

MUNDIM, FERNANDA DE MELO. **Avaliação dos genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) para os diferentes testes de qualidade fisiológica**, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Resumo: A avaliação da qualidade fisiológica é um importante componente de qualidade para a produção de grãos. Desta forma o presente trabalho foi planejado e conduzido com o objetivo de testar e identificar as possíveis metodologias para a avaliação do vigor dos genótipos proveniente do banco de germoplasma da Universidade Federal de Uberlândia e também verificar os materiais superiores quanto a qualidade fisiológica. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Campus Umuarama, no Laboratório de Análises de Sementes LASEM e em Casa de Vegetação. Os lotes das sementes foram amostrados e submetidos às seguintes determinações: vigor de plântulas, emergência das plântulas em substrato de areia, velocidade de emergência em areia, teste peroxidase, dano mecânico e envelhecimento acelerado. O delineamento foi de Blocos Casualizados. As médias foram comparadas pelo método de Tukey ($P < 0,05$), testou-se a homogeneidade e normalidade através do teste de Levene e Shapiro Wilk, com exceção do teste de peroxidase, em que se avaliou a reação ou não dos genótipos. Dentre as cultivares proveniente do banco de germoplasma da UFU as metodologias emergência das plântulas em substrato de areia, dano mecânico pelo teste do hipoclorito de sódio e vigor de plântulas foram as capazes de diferenciar a qualidade fisiológica das cultivares.

Palavras chave: vigor, sementes, metodologias.

Abstract: The evaluation of physiologic quality is an important component for the production of grain. Thus, the present study was planned and conducted in order to test and identify possible methodologies for assessing the effect of genotypes from the germplasm bank of the Federal University of Uberlândia and also check the upper material and the physiological quality. The experiment was conducted at the Federal University of Uberlândia (UFU) - Campus Umuarama in Lasem Seed Analysis Laboratory and green house. Lots of seeds were sampled and subjected to the following determinations: seedling vigor, seedling emergence in sand substrate, sand emergence speed, peroxidase test, mechanical damage and accelerated aging. The design was a

randomized complete block. Means were compared by Tukey method ($P < 0.05$), tested the homogeneity and normality through Levene and Shapiro-Wilk test, except for the peroxidase test, which evaluated the reaction or not genotypes. Among the cultivars from the germplasm bank of the UFU emergency methodologies of sand substrate in seedlings, mechanical damage by the test of sodium hypochlorite and seedling vigor were able to differentiate the physiological quality of cultivars.

Key words: vigor, seed, methodologies.

1 Introdução

Nos últimos anos a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tornou-se a mais importante leguminosa cultivada no mundo (BORNHOFEN et al., 2015). Esta oleaginosa constitui objeto de intensa pesquisa, visando o aumento da produtividade de grãos e expansão seu cultivo se torne possível (BORNHOFEN et al., 2015).

A sojicultura teve rápida expansão no Brasil, devido ao seu valor econômico e graças ao seu desenvolvimento, por meio de melhoramento genético de novas cultivares mais adaptadas às condições do país. No entanto, lotes de sementes mais vigorosas proporcionam elevadas produtividades, fazendo com que ocorra um estabelecimento adequado da cultura e a consecução de rendimentos satisfatórios (SCHEEREN et al., 2010)

A produção de soja está entre as atividades econômicas que apresentou o maior crescimento e ele é justificado pela consolidação no mercado internacional dos produtos do complexo da soja, pois apresenta grande importância como fonte protéica (produção animal) e pelo aumento de sua exploração (SEDIYAMA et al., 2009). Esta cultura apresenta sobre a economia brasileira uma enorme importância, fazendo com que ocorra a procura pelo aumento da produção, seja pelo incremento do rendimento por área ou então expansão das áreas agrícolas. Com isso, a utilização de sementes com valor agregado, com qualidade fisiológica, física e sanitária faz com que o potencial produtivo desta espécie seja alcançado (SILVA et al., 2013).

São vários os testes que determinam as qualidades fisiológicas das sementes, como por exemplo, o teste de germinação sob condições controladas, sendo muito útil para avaliar o potencial germinativo, mas não fornece informações sobre o vigor das

sementes. Com isso Guedes et al. (2009) afirma que os testes de vigor têm a finalidade de fornecer informações que complementem os testes de germinação, além de possibilitar a estimativa do potencial de emergência no campo em várias condições ambientais.

A definição do termo vigor não tem uma única redação, sendo que as duas principais associações tecnologistas de sementes apresentam conceitos distintos. Para a AOSA (Association of Official Seed Analysts) (1983) o vigor de sementes são aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência uniforme e rápida e para o desenvolvimento de plântulas normais em várias condições ambientais. Segundo ISTA (International Seed Testing Association) (1981) o vigor é a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de seu lote durante a germinação e emergência de plântula.

França Neto et al. (2010) conceitua vigor como o inverso da deterioração, ou seja, quanto maior o vigor menor a deterioração e vice versa. Este mesmo autor conceitua vigor como sendo a soma dos acontecimentos que confere à semente o potencial para germinar e resultar em plântulas normais rapidamente sobre ampla diversidade de condições ambientais.

Independente do conceito, o vigor de sementes se torna importante para a agricultura, pois é o estabelecimento de uma população adequada de plântulas no campo e isso faz com que ocorra um possível retorno econômico do capital investido.

Silva et al. (2013) constatou que é comum um lote de semente apresentar variações na qualidade fisiológica entre as sementes, ou seja, lotes com menor vigor, devido a maior variação entre as sementes apresentam maior desuniformidade e menor velocidade de emergência. Assim, pelo teste de vigor é possível identificar lotes de sementes com maior ou menor probabilidade de desempenho no campo ou no armazenamento.

A eficiência do teste de vigor depende da escolha do método de acordo com os objetivos, sendo necessária uma boa relação com a emergência de plântulas em condições de campo, pois neste local que apresenta condições climáticas variadas que o sucesso inicial das plantas será analisado (SCHUAB et al., 2006)

Um dos principais insumos agrícolas para o agricultor é a semente, com isso a sua produção com alta qualidade, como por exemplo, apresentar excelentes características genéticas, fisiológicas e sanitária, é um dos grandes desafios para o setor sementeiro da soja (WENDT et al., 2014).

Uma cultivar de soja deve apresentar alta produtividade de grãos, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais diversos ambientes existentes na região onde é recomendada, com isso, a melhoria da cultura e o lançamento de novas cultivares no mercado tem sido uma das tecnologias que contribui para os aumentos de produtividade e estabilidade de produção (FRANÇA NETO et al., 2010).

O Programa de Melhoramento e Estudos Genéticos em Soja (PMEGS) na Universidade Federal de Uberlândia visa aplicar a nível acadêmico de graduação e de pós-graduação, estudos experimentais da genética e de melhoramento na soja. Entre as cultivares lançadas pelo programa da UFU estão a UFUS Riqueza, a UFUS 7401, a UFUS 6901, a UFUS 7910, a UFUS 7801 e a UFUS Guarani.

A UFUS 7910 apresenta forte tolerância aos veranicos e alta produtividade, já a UFUS 7801 tem como característica a resistência aos nematóides de galha. A cultivar UFU Guarani destaca-se devido à maturação ocorrer com 120 dias de ciclo, e também possui tipo de crescimento indeterminado, o que facilita o controle da ferrugem asiática da soja, por proporcionar uma arquitetura que permita a penetração de fungicidas até na parte inferior do dossel vegetativo (SAGATA et al., 2009). A UFUS 6901 também possui a característica de precocidade e é considerada resistente ao nematóide *Pratylenchus*, já a variedade UFUS Riqueza destaca-se pela resistência a ferrugem asiática uma das principais doenças na cultura da soja. A cultivar UFUS 7401 possui um ciclo de 120 dias e uma resistência média ao acamamento (SAGATA et al., 2009).

A qualidade das sementes está cada vez mais sendo controlada, devido a grande competitividade do mercado, tornando crescentes os investimentos nesta área. Avaliações rápidas que permitiram a obtenção de informações sobre a qualidade fisiológica das sementes são importantes para a tomada de decisões nas diferentes etapas de produção, inclusive no melhoramento.

Desta forma o presente trabalho foi planejado e conduzido com o objetivo testar e identificar as possíveis metodologias visando o vigor do material genético proveniente do banco de germoplasma da Universidade Federal de Uberlândia e também verificar os genótipos superiores quanto a qualidade fisiológica.

2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Campus Umuarama, no Laboratório de Análises de Sementes LASEM e na Casa de Vegetação no período de julho a outubro de 2015.

A pesquisa foi realizada com lotes de sementes de seis cultivares de soja (UFUS 6901, UFUS Guarani, UFUS 7910, UFUS Riqueza, UFUS 7401, UFUS 7801) cultivadas na safra 2013/2014 na Fazenda Capim Branco. Em todo o período experimental as sementes foram mantidas em embalagens de papel multifoliado e armazenadas em câmara fria a 10° Celsius e 60% de umidade.

Os lotes das sementes foram amostrados e submetidos às seguintes determinações:

2.1 Vigor de plântulas:

O experimento foi conduzido com cinco blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela composto por dois rolos de 50 sementes.

As sementes foram semeadas em papel para germinação umedecido com água destilada, utilizando a quantidade de água equivalente a 2,5 do peso do papel seco. Em seguida, os rolos foram levados para um germinador a 25° C.

As avaliações foram realizadas cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas fortes e fracas, o peso da parte aérea da plântula e das raízes também foi determinado, conforme metodologia de Nakagawa (1994).

2.2 Emergência das plântulas em substrato de areia:

A emergência das plântulas em substrato de areia foi conduzida em delineamento de blocos casualizados na Casa de Vegetação da UFU, totalizando cinco blocos, com 50 sementes de cada cultivar.

A areia utilizada foi esterilizada e colocada em bandejas plásticas (30 x 60 cm), sendo irrigada para acomodação do leito. Na semeadura foram abertos sulcos longitudinais em cada bandeja, com três centímetros de profundidade. A umidade foi mantida por meio de irrigações no período da manhã e a tarde.

Foram realizadas anotações diárias do número de plântulas emergidas até o oitavo dia após a germinação, quando não foi observada a emergência de novas plântulas. Avaliou-se a porcentagem de plântulas normais conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1992).

2.3 Velocidade de emergência em areia:

Este teste foi conduzido em conjunto com o teste emergência das plântulas em substrato de areia.

Como a contagem do número de plântulas emergidas foi realizada diariamente, desta maneira foi possível realizar a cada leitura diária, a velocidade de emergência (VE), o índice de velocidade de emergência (IVE), e o coeficiente de velocidade de emergência (CVE), empregando as fórmulas respectivamente:

$$VE = \frac{(N_1G_1) + (N_2G_2) + \dots + (N_nG_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

Em que:

VE: velocidade de emergência (dias);

G: número de plântulas emergidas observadas em cada contagem;

N: número de dias da semeadura a cada contagem.

$$IVE = \underline{G_1} + \underline{G_2} + \dots + \underline{G_n}$$

$$N_1 \quad N_2 \quad N_n$$

Em que:

IVE: índice de velocidade de emergência;

G: número de plântulas emergidas observadas em cada contagem;

N: número de dias da semeadura a cada contagem.

$$CVE = \frac{G_1 + G_2 + \dots + G_n}{(N_1G_1) + (N_2G_2) + \dots + (N_nG_n)} \times 100$$

Em que:

CVE: coeficiente de velocidade de emergência;

G: número de plântulas emergidas observadas em cada contagem;

N: número de dias da semeadura a cada contagem.

2.4 Teste peroxidase:

Em cada lote de semente de cada cultivar estudada, retirou-se uma amostra de 50 sementes para realizar o teste de reação à peroxidase.

De cada semente, retiraram-se os tegumentos os quais foram colocados separadamente dentro de tubos de ensaios.

Foram adicionadas 10 gotas de uma solução 0,5% de guaicol e após 10 minutos adicionou-se uma gota de água oxigenada (H₂O₂) a 40 volumes. Em seguida, avaliou-se a formação ou não de coloração no tubo, que foi mais evidente após 2 a 3 minutos.

As cultivares com alta atividade da peroxidase no tegumento produziram uma cor marrom avermelhada, designada como reação positiva (+). Em contra partida as cultivares de baixa atividade não mostraram alteração quanto a coloração, caracterizando a reação negativa (-).

2.5 Dano mecânico:

Para determinação dos danos mecânicos presentes nas cultivares, utilizou-se o teste do hipoclorito de sódio, em que as amostras foram colocadas em um recipiente de plástico e cobertas com a solução de hipoclorito a 5% por dez minutos.

Após este período a solução foi escorrida com auxílio de uma peneira de nylon e lavadas em água corrente. Em seguida, espalharam-se as sementes em um papel toalha e contabilizado o número de sementes que intumesceram.

Para cada amostra das cultivares foram utilizadas 100 sementes e com cinco repetições, obtendo-se as devidas médias de cada cultivar.

2.6 Envelhecimento acelerado:

Para este teste foram utilizadas caixas plásticas (11x11x3cm) com compartimento individual, conhecido como Método Ger-box.

A umidade relativa no interior dessas caixas foi obtida pela adição de 40 mL de água (para obtenção de, aproximadamente, 100% U.R.) ao fundo de cada caixa plástica, de acordo com McDonald (1979).

As amostras foram distribuídas na superfície da tela metálica mantida no interior de cada caixa plástica, em um total de 200 sementes, com isto avaliou-se 5 blocos.

Os períodos de permanência das amostras no interior da câmara, a 41° C, foi de 48 horas, seguindo-se a condução de teste de germinação durante cinco dias, em rolos de papel toalha (Germitest), umedecidos e colocadas em germinador com temperatura regulada a 25°C, durante o período de sete dias. A contagem do número de plântulas normais, expressa em porcentagem, seguiu as recomendações estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

2.7 Estatística

Todas as avaliações foram conduzidas em delineamento de blocos casualizados. As médias foram comparadas pelo método de Tukey ($P < 0,05$), testou-se a homogeneidade e normalidade pelo teste de Levene e Shapiro Wilk, com exceção do Teste de peroxidase, onde detecta-se somente a reação + ou - .

3 Resultados e Discussão

No teste de emergência de plântulas no substrato areia (Tabela 1), as cultivares apresentaram índices de 80-98%, sendo que a UFUS 7801, UFUS 7401 e UFUS Riqueza se destacaram por possuírem valores acima de 90%, diferindo significativamente da cultivar UFUS 6901, que obteve uma porcentagem de 80%. Para soja França Neto et. al (2010) diz que uma planta é vigorosa quando a sua porcentagem fica acima de 75% e a UFUS 6901 apesar do número de emergência de plântulas serem a menos vigorosa ela apresenta uma porcentagem acima dos 75 % estabelecidos.

Schuab et. al (2006) verificou que o teste de emergência em areia apresentou menor sensibilidade na diferenciação do vigor entre as sementes de melhores qualidades.

Bracine (1994) afirmou que o teste de emergência de plântulas em areia superestimou a qualidade fisiológica dos genótipos de soja avaliados, tendo resultados superiores ao teste de germinação. Este resultado está associado ao fungo *Phomopsis sp.*, visto que a presença deste fungo está restrita na maioria dos casos apenas ao tegumento causando variações no testes de germinação.

De acordo com Schuch (2005), sementes vigorosas exibem maior capacidade de transformação e suprimento de reservas do tecido de armazenamento e incorporação destas pelo eixo embrionário, atingindo o processo de germinação e emergência.

O dano mecânico nas cultivares de soja oscilou de 1,0 a 18,8% (Tabela 2). Verificou-se que a cultivar UFUS 7401 e UFUS Riqueza apresentaram alta incidência de danos, superiores a 11%. Já as cultivares UFUS Guarani e UFUS 7801 foram as que apresentaram menor índice de danos mecânicos. Segundo Krzyzanowski (2004) se o percentual de sementes embebidas for superior a 10%, a semente está muito danificada.

Tabela 1 - Porcentagem de emergência de plântulas em areia, de sementes mortas, velocidade de emergência (VE), índice de velocidade de emergência (IVE) e coeficiente de velocidade de emergência (CVE), em seis cultivares de soja.

Cultivar	Emergência (%)	Sem. Mortas (%)	VE	CVE	IVE
UFUS 6901	80,0 b	20,0 b	2,82 a	32,92 a	4,36 a ⁺
UFUS Guarani	85,2 ab	14,8 ab	3,39 a	30,31 a	4,38 a ⁺
UFUS 7910	90,0 ab	10,0 ab	2,99 a	34,58 a	4,86 a ⁺
UFUS Riqueza	94,0 a	6,0 ab	2,93 a	34,92 a	4,99 a ⁺
UFUS 7401	95,6 a	4,4 ab	2,79 a	40,90 a	4,48 a ⁺
UFUS 7801	98,0 a	2,0 a	3,37 a	29,42 a	4,52 a ⁺
W	0,931	0,904	0,967	0,928	0,958
F	2,209	1,631	4,239	6,028	8,004
Fadd	1,395	1,380	0,743	0,471	1,025
DMS	6,79	8,58	1,27	17,63	1,38
CV(%)	7,56	29,97	21,09	26,20	14,82

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W, F, Fadd: estatísticas dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01% de significância, respectivamente. ⁺ Médias transformadas raiz de x.

Tabela 2 - Porcentagem de dano mecânico em seis cultivares de soja.

Cultivar	Dano mecânico (%)	Sem dano (%)
UFUS Guarani	1,0 a	99,0 a
UFUS 7801	3,4 b	96,6 b
UFUS 6901	6,2 c	93,8 c
UFUS 7910	7,2 c	92,8 c
UFUS Riqueza	11,2 d	88,0 d
UFUS 7401	18,8 e	81,2 e
W	0,930	0,240
F	29,156	18,876
DMS	2,27	2,27
CV(%)	14,58	1,26

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W, F: estatísticas dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância, respectivamente.

Bornhofen et al. (2015) para efeito de cultivares o dano mecânico ficou em torno de 2,4-10,9% e estes autores justificaram os danos ao tegumento pelo fato da exposição alternada das condições ambientais úmidas e secas, durante o período de pós-maturidade fisiológica.

Com o teste de peroxidase (Tabela 3) foi constatado que a cultivar UFUS 7910 apresentou uma dupla reação, o que pode ser justificada por uma provável mistura varietal na amostra usada no experimento.

Segundo França Neto (2012) o monitoramento da qualidade durante todo o processo produtivo faz com que a distinção e identificação dos cultivares seja um ponto crucial para que se possa ter uma garantia real no comércio de soja.

O método por si só não reconhece cultivares isoladamente, mas apresenta como vantagem a identificação rápida e fácil de materiais com características distintas.

Tabela 3 - Reações de seis cultivares de soja quanto à atividade da enzima peroxidase.

Cultivares	Reação da peroxidase
UFUS 7801	-
UFUS 7401	-
UFUS 7910	+/-
UFUS 6901	+
UFUS Riqueza	-
UFUS Guarani	+

+ reação positiva; - reação negativa; +/- dupla reação.

As porcentagens de germinação após o envelhecimento acelerado (Tabela 4), em todas as seis cultivares, foram semelhantes, variando de 37,2 a 56,4, mas não possibilitou distinção entre as cultivares. Resultados semelhantes foram encontrados por Marcos Filho (2002), onde estudou diferentes formas de condução do teste de envelhecimento.

Segundo Vanzolini (2007) o envelhecimento acelerado faz com que o número de plântulas anormais seja maior, no presente trabalho verifica-se que o somatório das porcentagens das sementes consideradas duras, infestadas e não germinadas é maior que a porcentagem de plântulas germinadas.

A cultivar UFUS Guarani foi a que apresentou maior número de sementes contaminadas (28,6%) e a 7401 foi a com menor porcentagem.

Na tabela 5 a cultivar UFUS Riqueza destacou-se na porcentagem de vigor de plântulas, consequentemente apresentou menor número de plântulas anormais. UFUS 7401 e UFUS 7801 também obtiveram número de plântulas anormais baixos, apesar do número de plântulas fortes ter sido menor quando comparado com UFUS Riqueza demonstrando seu maior potencial de vigor.

Para a variável peso de plântulas fortes não foi encontrado diferenças. Para o peso de plântulas fracas, verifica-se que a UFUS 6901, e UFUS 7910 apresentaram comportamento diferentes das outras cultivares estudadas.

A semente vigorosa tem como característica uma maior capacidade de transformação das reservas nos tecidos de armazenamento e maior incorporação dessas pelo eixo embrionário (KOLCHINSKI et al., 2006).

Para os genótipos proveniente do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia as metodologias emergência das plântulas em substrato de areia, dano mecânico pelo teste do hipoclorito de sódio e vigor de plântulas foram as capazes de diferenciar a qualidade fisiológica dos cultivares.

Tabela 4 - Dados médios em porcentagem de envelhecimento acelerado das seis cultivares do Programa de Melhoramento de Soja da UFU- 2015.

Plântulas				
Cultivar	Normais (%)	Anormais (%)	Dura (%)	Não germinada(%)
UFUS Guarani	37,2 a	28,6 d	2,4 a	31,8 a
UFUS 7801	40,0 a	16,8 bc	2,4 a	40,8 a
UFUS 6901	41,6 a	19,8 cd	5,0 a	33,6 a
UFUS 7910	46,2 a	15,4 abc	3,4 a	35,0 a
UFUS Riqueza	49,6 a	8,8 ab	6,6 a	34,6 a
UFUS 7401	56,4 a	6,4 a	4,4 a	32,6 a
W	0,498	0,678	0,401	0,432
F	1,067	1,202	1,762	0,637
Fadd	0,593	0,057	0,210	0,688
DMS	20,64	10,22	4,40	23,80
CV(%)	22,98	32,21	20,40	34,54

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W, F, Fadd: estatísticas dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância, respectivamente.

Tabela 5 - Porcentagem do número de plântulas classificadas quanto ao vigor em fortes, fracas e anormais; peso em gramas (g) das plântulas fracas e fortes.

Cultivar	Plantula Forte	Plantula Fraca	Anormal	Peso fraca	Peso forte
UFUS 6901	26,6 b	53,0 a	20,4 ab	14,9 a	14,9 a
UFUS Guarani	26,8 b	45,2 abc	28,0 b	11,2 b	11,2 a
UFUS 7910	45,2 ab	27,6 bc	27,2 b	13,2 a	13,1 a
UFUS Riqueza	62,8 a	25,6 c	11,0 a	12,6 b	12,6 a
UFUS 7401	39,6 b	48,4 ab	12,0 a	11,4 b	11,4 a
UFUS 7801	32,2 b	54,0 a	13,8 a	11,0 b	11,0 a
W	0,970	0,957	0,927	0,928	0,901
F	2,209	1,631	4,239	6,028	1,896
Fadd	0,994	0,172	0,031	1,102	0,371
DMS	21,59	26,81	12,38	0,513	3,91
CV(%)	27,94	22,55	18,83	21,56	14,14

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W, F, Fadd: estatísticas dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância, respectivamente.

4 Conclusões

A cultivar UFUS 7801 destacou-se no teste de emergência das plântulas em substrato de areia juntamente com a UFUS 7401 e UFUS Riqueza.

No teste de dano mecânico a UFUS Guarani e UFUS 7801 obtiveram melhor desempenho, e no vigor de plântulas a UFUS Riqueza apresentou melhor média.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983.

BORNHOFEN, Elesandro et al. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015.

BRACCINI, A. L. et al. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária da semente de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 2, p. 195-200, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 1992.365p.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 1-2, p. 37-38, 2010.

GUEDES, Roberta Sales et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 4, p. 793-802, 2009.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION- ISTA. **Handbook of Vigour Test Methods**, Zurich, Switzerland, ISTA, 1981. 72p.

KOLCHINSKI, Eliane Maria; SCHUCH, Luis Osmar Braga; PESKE, Silmar Teichert. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, NP da. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Embrapa Soja, 2004.

MARCOS FILHO, J. Testando o vigor de Sementes. **Seed News**, Pelotas, n2, p 12-13, 2002.

MCDONALD JR, Miller B.; WILSON, Dale O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. **Journal of Seed Technology**, p. 1-11, 1979.

NAKAGAWA, J.; VIEIRA, R. D.; CARVALHO, NM de. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 49-85, 1994.

SAGATA, É., HAMAWAKI, O. T., SOUSA, L. B., & HAMAWAKI, C. D. L. Desempenho agrônomo das linhagens de soja desenvolvidos pelo programa de melhoramento da UFU= Agronomic performance of the lines of soybean developed by UFU breeding program. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 6, 2009.

SCHEEREN, B. R. et al. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010..

SCHUAB, Sandra Regina Pelegrinello et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo-DOI: 10.4025/actasciagron.v28i4. 928. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2008.

SCHUCH, LOB. Maximizando a produção com sementes de alto vigor. **SEED News**, p. 8-11, 2006.

SEDIYAMA, T.(Ed). **Tecnologia de produção e uso da soja**. Londrina: Mecnas. p.309, 2009.

SEDIYAMA, Ts; TEIXEIRA, R. de C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. **Melhoramento de espécies cultivadas**, v. 2, p. 553-603, 2005.

DA SILVA, Clarissa Santos et al. Desempenho de plantas isoladas de soja, biometria e qualidade fisiológica das sementes. **Revista da FZVA**, v. 19, n. 1, 2013.

VANZOLINI, Silvelena et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.

WENDT, Letícia et al. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 44, n. 3, p. DOI: 10.1590/S1983-40632014000300011, 2014.

YORINORI, J. T. Situação atual das doenças potenciais no Cone Sul. In: **Congresso Brasileiro de Soja**. 2002. p. 171-186.

KOLCHINSKI, Eliane Maria; SCHUCH, Luis Osmar Braga; PESKE, Silmar Teichert. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

CAPÍTULO 2

MUNDIM, FERNANDA DE MELO. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por métodos paramétricos, não paramétricos e multivariado**, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Resumo: O desenvolvimento de novas cultivares é um processo contínuo e os programas de melhoramento tem como objetivo obter genótipos que tolerem aos riscos bióticos e abióticos que influenciam a produção de soja. O trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a adaptabilidade e estabilidade de 20 genótipos de soja provenientes do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia, nas regiões de Uberlândia (MG), Monte Carmelo (MG) e Porangatu (GO) nos anos 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016. Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos completos casualizados com quatro repetições. As análises de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram realizadas por meio de cinco métodos: método da ecovalência (WRICKE, 1965); índice de confiança (ANNICCHIARICHO, 1992); método do desvio do máximo ideal (LIN; BINNS, 1988); método da regressão linear simples (EBERHART; RUSSELL, 1966); e método multivariado AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) (MANDEL, 1971). As análises estatísticas foram realizadas no Programa Genes (CRUZ, 2013). A variação experimental foi influenciada pelos ambientes, a baixa variação genotípica indica estreita base genética entre linhagens melhoradas. O genótipo UFUS 13 foi o que apresentou maior adaptabilidade e estabilidade dos 20 genótipos de soja estudados.

Palavras Chave: *Glycine max (L.) Merril*, produtividade de Grãos, interação genótipo x ambiente.

Abstract: The development of new cultivars is a continuous process and improvement program aims to get genotypes to tolerate biotic and abiotic risks that influence soybean

production. The work was to study the adaptability and stability of 20 soybean genotypes from the Improvement Program of the Federal University of Uberlândia, in the regions of Uberlândia (MG), Mount Carmel (MG) and Porangatu (GO) in the years 2012 / 2013, 2013/2014, 2014/2015 and 2015/2016. The experiments were conducted in randomized complete block randomized with four replications. Adaptability analyzes and stability of genotypes were performed using five methods: Method of ecovalence (Wricke, 1965); confidence index (ANNICCHIARICHO, 1992); ideal maximum deviation method (LIN; BINNS, 1988); method of linear regression (EBERHART; Russell, 1966); and multivariate method AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) (MANDEL, 1971). Statistical analyzes were performed in the Genes Program (CRUZ, 2013).

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, Grain productivity, genotype x environment interaction.

1. Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a oleaginosa mais cultivada no mundo e base da alimentação de diversos povos, sendo importante fonte de matéria-prima para a indústria e alimentação humana e animal, apresentando constante desenvolvimento tecnológico, devido ao seu valor econômico e a sua potencialidade de cultivo em diversas condições, o que concedeu o aumento significativo de sua produtividade de grãos e expansão de fronteiras agrícolas (PIRES et al., 2012).

No Brasil a soja é um dos principais produtos de exportação, na safra 2015/16, a soja permanece como a responsável pelo aumento de área cultivada, sendo estimado o crescimento entre 2,1 e 3,8% em relação à safra 2014/2015, ou seja, 671,3 a 1.244,4 mil hectares (CONAB, 2015).

O aumento da produtividade desta oleaginosa nas ultimas safras ocorreu devido ao melhoramento genético e o desenvolvimento de tecnologias de produção, favorecendo a sua expansão a novas fronteiras agrícolas, em razão de a soja mostrar boa

capacidade de se adaptar a uma extensa diversidade de ambientes (FREITAS et al., 2011).

Segundo Almeida et al. (2011) o desenvolvimento de novas cultivares é um processo contínuo e os programas de melhoramento tem como objetivo a diminuição das limitações das cultivares diante aos fatores bióticos e abióticos que influenciam na produção da soja.

A combinação bem balanceada de genes faz com que a cultivar seja altamente produtiva, e quando atingido esse equilíbrio o aumento da produtividade torna-se mais difícil, devido a isso, muitas cultivares em uma determinada região possuem grande semelhança genética (POLIZEL et al., 2013).

Em varias regiões do mundo a soja é cultivada, devido a sua ampla capacidade adaptativa e a interação dos genótipos por ambientes ($G \times A$), com isso espera-se que esta interação interfira na manifestação fenotípica, devendo ser estimada e considerada na indicação de cultivares nos programa de melhoramento (COLOMBARI et al., 2013).

De acordo com o ano e local de cultivo uma mesma cultivar pode exibir comportamento diferenciado, essa alteração sempre é influenciada pela interação $G \times A$. A mesma cultivar de soja semeada em diversos ambientes apresenta diferentes potencialidades em relação às condições, que mudam de acordo com o espaço e com o tempo (PELUZIO et al., 2010; BARRROS et al., 2003).

O conhecimento e a avaliação da interação apresentam importância para o melhoramento, mas não fornecem informações sobre o comportamento individual de cada cultivar, assim a capacidade de uma cultivar aproveitar vantajosamente as variações ambientais é a adaptabilidade, já a estabilidade é a sua competência de apresentar um comportamento altamente previsível com as variações ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

A avaliação do desempenho de genótipos em diferentes locais e anos se tornaram importante nos processos de seleção e recomendação de cultivares uma vez que varia devido à interação genótipos \times ambientes, o que torna uma etapa onerosa e trabalhosa (BARROS et al., 2009).

Estudos de adaptabilidade por metodologia paramétrica como Wricke (1965), Eberhat e Russell (1966), e por metodologias não-paramétricas como Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), AMMI (1988) e Annicchiarico (1992), tem sido amplamente estudados em soja para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos (MARQUES et al., 2011; CARVALHO et al., 2013; POLIZEL et al., 2013).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a adaptabilidade e estabilidade de 20 genótipos de soja provenientes do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia.

2. Material e métodos

Avaliaram-se 20 genótipos de soja sendo, 16 linhagens e 4 testemunhas provenientes dos ensaios finais de avaliação do comportamento agrônomo, do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia, conduzidos nos estados de Minas Gerais e Goiás, em quatro anos agrícolas, 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016. Os experimentos foram conduzidos em três locais: Uberlândia, Monte Carmelo e Porangatu (Tabela 1). Dos 20 genótipos quatro era cultivares padrão (UFUS 7415, UFUS 7910, MSOY 6101 e UFUS Guarani).

Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas foram formadas por quatro fileiras de plantas de soja (5 m), espaçadas em 0,50 m entre as fileiras. A área útil da parcela foi de 3,6 m², sendo colhidas as duas fileiras centrais, desprezando 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Tabela 1- Cidades avaliadas durante as safras agrícolas e suas latitudes e longitudes.

Cidades	Estados	Safras	Latitude	Longitude
Uberlândia	MG	2012-2013	18° 55' 07" S	48° 16' 38" W
Uberlândia	MG	2013-2014	18° 55' 07" S	48° 16' 38" W
Porangatu	GO	2013-2014	13° 26' 27" S	49° 08' 55" W
Uberlândia	MG	2014-2015	18° 55' 07" S	48° 16' 38" W
Monte Carmelo	MG	2015-2016	18° 43' 29" S	47° 29' 55" W

Para o preparo da área foi realizada uma dessecação pré-plantio 14 dias antes da semeadura, utilizando Roundup WG® na dosagem de 1,5 kg.ha⁻¹, a adubação de

semeadura foi feita de acordo com a recomendação para a cultura, utilizando-se o formulado 2-28-18, nas doses de 400 kg.ha⁻¹.

A semeadura ocorreu no sistema de plantio convencional, com uma aração e duas gradagens, sendo que a última gradagem foi efetuada às vésperas do sulcamento e adubação de semeadura. A profundidade de semeadura foi de dois cm, em que foram distribuídas uniformemente 15 sementes por metro linear. Sempre que necessário, o controle de plantas daninhas por meio de capinas manuais até o fechamento da cultura foi feito. Foram efetuadas pulverizações com Orthene 750 Br[®] (inseticida) e FOX[®] (fungicida) indicados para a cultura, sempre que necessário.

A colheita manual foi realizada quando as plantas estavam em estágio R8, segundo escala de Fehr e Caviness (1977), efetuou-se, nas duas linhas centrais de cada parcela. Após a colheita e trilhagem das plantas os grãos foram levados a secagem, até que os mesmos atingissem 13% de umidade, com isso obteve-se o peso total sendo este transformado para produtividade em quilogramas por hectare.

Após as etapas para a obtenção dos dados, foram realizadas as análises de variâncias individuais (cada região e safra) e conjunta. Anterior à análise conjunta avaliou-se a homogeneidade das variâncias residuais, pela razão entre o maior e o menor quadrado médio do erro e sendo este inferior a 7.

As análises de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram realizadas após a identificação da interação G x A por meio de cinco métodos: método da ecovalência (WRICKE, 1965); índice de confiança (ANNICCHIARICHO, 1992); método do desvio do máximo ideal (LIN; BINNS, 1988 modificado por CARNEIRO (1998)); método da regressão linear simples (EBERHART; RUSSELL, 1966); e método multivariado AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) (MANDEL, 1971). As análises estatísticas foram realizadas no Programa Genes (CRUZ, 2013) e o programa de Estabilidade (AMMI).

2.1 Método proposto por Eberhart & Russell (1966) modificado por carneiro (1998)

A metodologia de Eberhart & Russell (1966) usa uma análise de regressão linear simples em que o efeito do ambiente é a variável independente e a produtividade média de cada genótipo em cada ambiente caracteriza variável dependente.

Os parâmetros coeficiente de regressão na avaliação individual dos genótipos, a produtividade média do genótipo (μ_i), o seu coeficiente de regressão (β_i) e a variância dos desvios dessa regressão (σ^2_{di}) são estimados por:

$$\bar{Y}_j = \frac{\sum_j Y_{ij}}{a}$$

$$\hat{\beta}_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, \text{ onde } Y_{ij} \text{ é a média do genótipo } i \text{ (} i=1,2,\dots,g \text{) no ambiente } j \text{ (} j=1,2,\dots,a \text{)}$$

$$I_j = \frac{\sum_j Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ng} = \text{o índice ambiental;}$$

$$\hat{\sigma}^2_{di} = \frac{\left[\sum_j Y_{ij}^2 - \left(\sum_j Y_{ij} \right)^2 / n \right] - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{n-2}$$

2.2 Método proposto por Lin e Binns (1988)

Lin e Binns (1988) definiram como medida de estabilidade o parâmetro P_i , que representa o quadrado médio da distância entre a resposta de um determinado genótipo em relação à resposta do genótipo que apresenta produtividade máxima, entre todos os genótipos, num determinado ambiente. Com isso pode ser estimado por:

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

Em que: P_i é igual a estimativa da estabilidade e adaptabilidade do cultivar i ; X_{ij} é a produtividade do i -ésimo cultivar no j -ésimo local; M_j é a resposta máxima observada entre todos os cultivares no local j e n é o número de locais. O genótipo estável é aquele que apresentar o menor P_i .

2.3 Método proposto por Annicchiarico (1992)

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se no chamado índice de confiança genotípico, considera-se simultaneamente o desempenho do genótipo e sua estabilidade de forma que os valores dos índices de recomendação são obtidos para aqueles de maior percentual e menor desvio. Este método é obtido por:

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

em que I_i é o índice de confiança (%); \bar{Y}_i é a média geral da cultivar i em porcentagem média ambiental; S_i é o desvio padrão dos valores percentuais da cultivar i , Z é o percentil $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada e α é o nível de significância pré-fixado.

2.4 Metodologia proposta por Wricke (1965)

Nesta metodologia, são considerados estáveis os genótipos com baixos valores de ω_i , o qual indica que estes possuem menores desvios em relação aos ambientes. É uma medida apropriada para expressar a imprevisibilidade do material genético avaliado.

A estatística de estabilidade do método de Wricke, denominada ecovalência (ω_i), é estimada por:

$$\omega_i = \sum_j (Y_{ij} - Y_i - Y_j - Y_{..})^2$$

Em que Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ; Y_i é a média do genótipo i ; Y_j é a média do ambiente j ; $Y_{..}$ é a média geral; n é o número de ambientes.

2.5 Metodologia AMMI

A análise AMMI (additive main effects and multiplicative interaction analysis) significa modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa.

Zobel et al. (1988) descreve como vantagens deste método: permitir a análise mais detalhada da interação $G \times A$; garantir a seleção de genótipos, capitalizando suas interações positivas com os ambientes; proporcionar estimativas mais precisas das respostas genotípicas e possibilitar fácil interpretação gráfica dos resultados, nos chamados biplots (representação gráfica simultânea dos genótipos e ambientes).

A estimativa pelo método de AMMI procede por meio do modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + r_{ij} + \varepsilon_{ij},$$

Em que Y_{ij} : é a resposta média do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, G$ genótipos) no ambiente j ($j = 1, 2, \dots, a$ ambientes); μ : é a média geral dos ensaios; g_i : é o efeito fixo do genótipo i ; a_j : é o efeito aleatório do ambiente j ; λ_k : é o k -ésimo valor singular (escalar) da matriz de interações original (denotada por GA); γ_{ik} : é o elemento correspondente ao i -ésimo genótipo no k -ésimo vetor singular coluna da matriz GA ; α_{jk} : é o elemento correspondente ao j -ésimo ambiente no k -ésimo vetor singular linha da matriz GA ; p_{ij} : é o ruído associado ao termo $(ga)_{ij}$ da interação clássica do genótipo i com o ambiente j ; $\bar{\varepsilon}_{ij}$: é o erro experimental médio. As coordenadas de genótipos e de ambientes nos eixos principais de interação (IPAC's) são representadas em um gráfico denominado "biplot", permitindo descrever a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos aos ambientes de teste.

3. Resultados e Discussão

A relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro ($QMr + / QMr -$), da análise de variância conjunta foi de 4,82(Tabela 2). De acordo com Gomes (1976) as variâncias residuais são homogêneas e a análise conjunta adequada quando a relação $QMr + / QMr -$ é menor que sete.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos para a característica de produtividade, de vinte genótipos de soja em cinco ambientes. Anos agrícolas: 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016; Uberlândia-MG, Monte Carmelo-MG e Porangatu-Go.

Fonte de variação	Gaus de liberdade	Quadrados médios
Blocos/Ambientes	10	612237,09
Genótipos (G)	19	1585911,49**
Ambientes (A)	4	30218057,33**
G x A	76	2281978,25**
Resíduo	190	477265,59
Média geral		3113,26
CV(%)		22,19

** - Significativo a 1% pelo teste de F; ns - não significativo pelo teste F. Relação maior(Qmr)/menor(Qmr) = 4,82.

Os efeitos da interação G x A apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2), e o coeficiente de variação foi de 22,19%, considerado ideal ao cultivar os 20 genótipos de soja em cinco ambientes que compreendem três micro-

regiões sojícolas. Isso indica que o comportamento relativo dos genótipos foi influenciado distintamente pelas condições ambientais (JUNIOR et al., 2006).

A ocorrência de interação G x A indica a existência de resposta diferencial dos genótipos com a oscilação ambiental. Não permite inferir em relação aos ambientes em separado, o qual tem outro teste F para ele. Resultados semelhantes foram observados por Marchiori et. al., (2016) quando estudou a interação genótipos x locais para produtividade de grãos de soja em dezesseis ambientes de cultivo, notaram também o efeito de linhagens e da interação entre eles.

A utilidade do estudo de adaptabilidade e estabilidade é justificada pelo fato de permitir o alcance de informações específicas de cada genótipo, contribuindo na recomendação de cultivares.

Todos os pares de ambientes apresentaram interação do tipo complexa (Tabela 3), ou seja, ocorreu inconsistência na superioridade do cultivar com a variação ambiental, o que dificulta a designação dos cultivares e genótipos, pois não é possível, nessas circunstâncias, fazer recomendação uniforme para todos os locais sem prejuízo considerável na produção obtida relativamente ao seu potencial (BARROS et. al., 2012).

Tabela 3 - Pares de ambientes, correlação entre ambientes e porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambiente, segundo metodologia de Cruz e Castoldi (1991), nos ensaios de competição de linhagens de soja, de vinte genótipos de soja em cinco ambientes. Anos agrícolas: 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016; Uberlândia-MG, Monte Carmelo-MG e Porangatu-Go.

Pares ambientais	% C	Classificação
Udia (2012/2013) x Udia (2013/2014)	68,70	Complexa
Udia (2012/2013) x Pora. (2013/2014)	90,50	Complexa
Udia (2012/2013) x Udia (2014/2015)	95,64	Complexa
Udia (2012/2013) x MC (2015/2016)	103,97	Complexa
Udia (2013/2014) x Pora. (2013/2014)	104,49	Complexa

Udia (2013/2014) x Udia (2014/2015)	95,67	Complexa
Udia (2013/2014) x MC (2015/2016)	99,12	Complexa
Pora. (2013/2014) x Udia (2014/2015)	82,68	Complexa
Pora. (2013/2014) x MC (2015/2016)	78,25	Complexa
Udia (2014/2015) x MC (2015/2016)	97,27	Complexa

C: Complexa; Udia: Uberlândia; MC: Monte Carmelo; Pora: Porangatu.

Nas análises de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992) foi possível classificar em relação ao índice ambiental, conforme a Tabela 3. Notou-se que dos cinco ambientes avaliados, dois foram classificados em favoráveis e três como ambientes desfavoráveis.

Tabela 4 – Índice ambiental de genótipos de soja nas safras 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 nas regiões Uberlândia-MG, Monte Carmelo-MG e Porangatu-Go, com base na metodologia de Annicchiarico (1992).

Ambiente	Média	Índice	Classificação
Udia (2012/2013)	3021,14	-92,12	Desfavorável
Udia (2013/2014)	3304,66	191,40	Favorável
Pora (2013/2014)	2951,83	-161,43	Desfavorável
Udia (2014/2015)	4129,58	1016,32	Favorável
MC (2015/2016)	2159,09	-954,17	Desfavorável

Udia: Uberlândia; Pora: Porangatu; MC: Monte Carmelo

Segundo Annicchiarico (1992) a estabilidade é estabelecida pela superioridade do genótipo em relação à média em cada ambiente, a partir do índice de confiança (ω_i). (Tabela 5), ou seja, o genótipo que apresenta melhor desempenho é aquele de maior índice de recomendação (ω_i).

As linhagens UFUS 15, UFUS 13 e UFUS 05 exibiram os maiores valores de ω_i , sendo, deste modo, recomendadas para amplas condições ambientais mas não para ambiente desfavorável. Estas linhagens juntamente com as testemunhas UFUS 7910, UFUS 7415 e Msoy 6101 obtiveram ω_i superiores a 100 (Tabela 5). Carvalho et al.

(2013) avaliando 16 cultivares de soja transgênicas e as classificando pelo método de Annicchiarico também observaram valores acima de 100 % para o parâmetro ω_i .

Os genótipos de soja mais estáveis em ambientes favoráveis foram os que apresentaram valores de ω_i superiores a 100, dentre eles estão: UFUS 05, UFUS 07, UFUS 12, UFUS 13, UFUS 14 e UFUS 16 e as testemunhas UFUS 7910, UFUS 7415 e Msoy 6101 (Tabela 5). Marchiori et al. (2015) estudando o desempenho, a adaptabilidade e a estabilidade de 20 de genótipos de soja do Programa de Melhoramento da Monsanto do Brasil - Monsoy em três macro-região sojícola 3 obteve resultados semelhantes, em que os genótipos de soja mais estáveis em ambientes favoráveis foram os que obtiveram valores de ω_i superiores a 100.

Em ambientes desfavoráveis foram as linhagens UFUS 02, UFUS 03, UFUS 04, UFUS 08 e UFUS 15 que apresentaram maiores valores de ω_i , sendo estes valores superiores a 100 (Tabela 5).

O genótipo é considerado ideal quando apresenta B1 igual a um. De acordo com Mauro (1991) nestas condições ($B1=1$) o genótipo tem desempenho diretamente proporcional à melhoria do ambiente, sendo adaptados a ambientes desfavoráveis $B1<1$ e a ambientes favoráveis $B1>1$.

Tabela 5 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de genótipos de soja nas safras 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 nas regiões Uberlândia-MG, Monte Carmelo-MG e Porangatu-Go, com base na metodologia de Annicchiarico (1992).

Genótipos	Geral		Favoráveis		Desfavoráveis	
	Média original	ω_i	Média original	ω_i	Média original	ω_i
UFUS 01	2981,62	88,37	3018,01	73,07	2957,37	97,13
UFUS 02	3074,78	92,31	2962,56	73,16	3149,60	107,61
UFUS 7415	3692,83	104,03	5134,39	136,83	2731,79	87,07
UFUS 03	2911,37	87,79	2759,39	62,83	3012,69	105,03
UFUS 7910	3408,64	101,12	4724,52	119,52	2531,39	91,59
UFUS 04	2776,40	86,25	2454,17	62,53	2991,23	106,63
UFUS 05	3297,14	101,56	4071,84	105,30	2780,68	98,71
UFUS 06	2719,16	82,59	3164,61	83,89	2422,70	82,84
UFUS 07	3119,36	95,53	3971,47	103,53	2551,29	90,62
UFUS 08	2673,70	82,72	2219,27	57,12	2976,67	108,24

UFUS 09	2892,13	84,62	3573,54	80,06	2437,86	87,84
UFUS 10	2650,23	82,36	3023,13	78,55	2401,63	85,20
UFUS 11	2999,12	93,76	3505,70	90,95	2661,40	95,37
UFUS 12	2985,85	91,06	3960,65	104,82	2335,98	83,55
UFUS 13	3631,58	104,45	5241,05	140,84	2558,59	88,85
UFUS 14	2932,66	81,58	4149,28	100,51	2088,25	70,92
UFUS 15	3399,73	114,76	3556,69	99,30	3528,43	124,36
Msoy 6101	3339,92	102,19	4127,40	105,05	2814,95	99,75
UFUS Guarani	3170,21	92,44	4057,16	93,91	2578,91	91,74
UFUS 16	3308,45	97,37	4217,70	110,45	2702,29	88,82

De acordo com Eberhart & Russell (1966) a cultivar ideal é a que apresenta produtividade média superior à média geral indicando que estes genótipos são de adaptabilidade ampla, de acordo com a Tabela 6 os genótipos com valores acima de 31817,7 kg.ha⁻¹ (média geral) foram UFUS 05, UFUS 13, UFUS 15, UFUS 16 e as testemunhas UFUS 7415, UFUS 7910 e a Msoy 6101.

O método de Wricke (1965) (Tabela 6) estima a decomposição da soma de quadrado da interação dos genótipos por ambiente, e pelo método quantifica-se a contribuição relativa de cada um dos genótipos para a interação (genótipos x ambientes), sendo que os com maior porcentagem são os que possuem maior estabilidade (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Com isso, os genótipos que apresentaram maiores valores de Wi(%) e consequentemente maior estabilidade foram UFUS 01, UFUS 08, UFUS 03, UFUS 13, UFUS 14 e a testemunha UFUS 7415 (Tabela 6) por esta metodologia quantifica-se a contribuição de cada genótipo para a interação G x A, identificando os de maior estabilidade. Suas desvantagens são devido à imprecisão do parâmetro de estabilidade e a falta de informação do ambiente avaliado (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Na Tabela 6, os genótipos UFUS 05, UFUS 07, UFUS 09, UFUS 12, UFUS 13, UFUS 14, UFUS 16 e as testemunhas UFUS 7415, UFUS 7910, UFUS guarani e MSOY 61011 apresentaram coeficientes de regressão maior do que um, ou seja, são genótipos adaptados aos ambientes favoráveis.

Os genótipos UFUS 01, UFUS 02, UFUS 03, UFUS 04, UFUS 06, UFUS 08, UFUS 10, UFUS 11, e UFUS 15 apresentam coeficiente de regressão menor do que um (Tabela 6), sendo classificados como genótipos de adaptabilidade a ambientes desfavoráveis.

Tabela 6 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade genótipos de soja nas safras 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 nas regiões Uberlândia-MG, Monte Carmelo-MG e Porangatu-Go, com base na metodologia de Wricke (1965), Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).

Genótipo	Média	Wricke	Eberhart e Russel			Lin e Binns (1988) modificado por		
		(1965)	(1966)			Carneiro (1998)		
		Wi %	B1	σ^2_{di}	R ² (%)	Pi	Pi	Pi
						Geral	Favorável	Desfavorável
UFUS 01	2981,63	10,63	0,17	1429624,7**	1,2	6421995	3070544	3351450
UFUS 02	3074,79	6,18	0,52	883410,8**	15,2	6010450	3116283	2894167
UFUS 7415	3692,83	7,43	2,30	132482,3 ^{ns}	92,4	4739040	1324700	3414340
UFUS 03	2911,37	13,76	-0,35	1259746,9**	5,5	6122428	3283893	2838535
UFUS 7910	3408,41	4,80	1,84	292774,5**	83,4	5112562	3283893	3449747
UFUS 04	2776,41	7,14	-0,42	-136364,7 ^{ns}	83,9	6643498	3535670	3107828
UFUS 05	3297,14	0,84	1,42	-117981,4 ^{ns}	97,1	5555099	2201218	3353881
UFUS 06	2719,46	4,18	0,25	273612,2**	9,0	6473059	2949611	3523448
UFUS 07	3119,36	1,;	1,14	54584,1 ^{ns}	80,4	5783920	3535670	3499907
UFUS 08	2673,71	7,48	-0,29	115111,2 ^{ns}	15,7	7002118	3729444	3272674

UFUS 09	2892,13	5,00	1,51	625209,0 ^{**}	66,3	6365136	2612277	3752859
UFUS 10	2650,23	1,50	0,54	-5838,9 ^{ns}	56,8	6786649	3066324	3720326
UFUS 11	2999,12	0,87	0,79	-18803,7 ^{ns}	75,2	6116108	2668238	3447870
UFUS 12	2985,85	1,51	1,16	114289,5 ^{ns}	76,9	5858958	2292939	3566019
UFUS 13	3631,58	6,50	2,19	132398,8 ^{ns}	91,7	4671255	1236711	3434544
UFUS 14	2932,66	6,27	2,15	158496,0 ^{ns}	90,7	6100652	2096092	4004559
UFUS 15	3699,73	5,32	0,24	487819,8 ^{**}	6,0	4836992	2296210	2540782
MSOY 6101	3339,92	1,26	1,50	-87775,4 ^{ns}	95,5	5441470	2155388	3286082
UFUS Guarani	3170,21	5,29	1,83	399044,8 ^{**}	80,1	5804896	2213330	3591566
UFUS 16	3308,45	2,81	1,43	253314,2 ^{ns}	77,1	5288496	2080897	3207599

Os genótipos mais estáveis são aqueles em que apresentam os desvios da regressão (σ^2_{di}) não significativos. De acordo com a Tabela 6, observou-se que os genótipos UFUS 04, UFUS 05, UFUS 07, UFUS 08, UFUS 10, UFUS 11, UFUS 12, UFUS 13, UFUS 14 e UFUS 16, juntamente com as testemunhas UFUS 7415 e MSOY 6101 apresentaram alta estabilidade, verificando apenas a significância de S^2_d .

Segundo Marchiori et. al. (2016) um genótipo que apresenta alto valor de R^2 mesmo com σ^2_{di} apresentando-se significativo considera-se como de alta previsibilidade. Neste presente trabalho os maiores valores de R^2 são os mesmos genótipos que apresentaram o desvio da regressão não significativo. Raizer e Vencovsky (1999) relatam que o coeficiente de determinação superior a 80% representa uma baixa dispersão dos dados, indicando alta confiabilidade no tipo de resposta ambiental determinado pelas regressões.

Cruz, Carneiro e Regazzi (2012) afirmam que esse valor deve ser utilizado como referencial para que a regressão explique satisfatoriamente o comportamento de um genótipo em função de um ambiente. Em estudo semelhante com linhagens de soja, Polizel et. al. (2013) descreveu a predominância de baixos valores de R^2 , o que ocorreu com poucos genótipos.

Carvalho et. al. (2013) analisando genótipos transgênicos em duas cidades no Tocantins no período de 2008 a 2012, encontrou 63% do total avaliado de baixa previsibilidade e classificou as cultivares para adaptação ampla e específica à ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) o desempenho genotípico é estimado pelo parâmetro (P_i), o qual compara à distância do genótipo avaliado ao melhor genótipo, de maneira que quanto menor o valor de P_i , maior será a adaptabilidade e estabilidade de comportamento do genótipo.

Na tabela 6 encontram-se os valores de P_i geral, P_i favorável e P_i desfavorável, dos genótipos de soja, com isso, verificou-se que as linhagens UFUS 05, UFUS 07, UFUS 12, UFUS 13, UFUS 15 e UFUS 16, juntamente com as testemunhas usadas no experimento são as que menores valores de P_i geral.

Os genótipos UFUS 05, UFUS 06, UFUS 13, UFUS 14, UFUS 16 e as testemunhas UFUS 7415 e MSOY 6101 foram os melhores genótipos para ambiente favorável, ou seja, que apresentaram menor valor do P_i favorável. Quanto ao ambiente desfavorável, as melhores linhagens foram as UFUS 02, UFUS 03, UFUS 15, indicando serem genótipos mais responsivos a este tipo de ambiente (Tabela 6).

O modelo AMMI (Tabela 7) vem sendo utilizado com sucesso na avaliação dos efeitos da interação $G \times A$, possibilitando fácil representação gráfica (Gráfico 1) dos genótipos e dos ambientes em dispersão multivariada (*biplot*), facilitando a interpretação dos dados (RAMALHO et al., 2012).

A análise de decomposição AMMI (Tabela 7) da interação genótipo \times ambiente, para produtividade de grãos apresentou diferenças significativas. Segundo Yokomizo et al. (2013), isto indica a possibilidade de se selecionar genótipos superiores e que os ambientes de teste foram consideravelmente discrepantes.

Observando a Tabela 7 o primeiro componente principal (PC1), apresenta a maior percentagem de explicação pela interação G x A, essa percentagem foi de 62,10%. De acordo com Oliveira et. al. (2006), o valor encontrado encontra-se dentro do padrão de pesquisas com soja, em que fica em torno de 26 a 71%, indicando que nas condições avaliadas mais da metade da variação relacionada com a aditividade dos efeitos principais pode ser capturada pelo componente principal da interação (YOKOMIZO et al., 2013).

Tabela 7 - Proporção da taxa de interação para cada eixo principal da análise AMMI (additive main effects and multiplicative interaction analysis), para os 20 genótipos.

CP	Autovalores	% Explicação	% Explicação acumulada
1**	33352402,45	62,10	62,10
2**	12295812,94	22,90	85,00
3**	6269870,33	11,67	96,68
4**	1784262,94	3,32	100,00

** Significativo pelo teste F a 0,01 de probabilidade. CP: componente principal.

Observou-se significância estatística ($p < 0,01$) dos demais eixos, mas somando os dois primeiros obteve uma percentagem de 85. Então com a soma dos dois primeiros termos a explicação foi acima de 80%, resultados semelhantes foram encontrados por Cravero et al. (2010) e Ebdon e Gauch (2011).

De acordo com Gauch e Zobel (1996) a inclusão excessiva dos componentes principais poderia reduzir a precisão da análise, e para a construção de um gráfico *biplot* deve ser adotado os dois primeiros componentes principais.

Sousa et al. (2015) comenta que não há consenso sobre a proporção mínima da soma de quadrados da interação genótipos x ambientes, que deveria ser acumulado pelo primeiro componente principal para construir um *biplot*.

Os genótipos ou ambientes cujos pontos estão mais próximos da origem do sistema de coordenadas do gráfico *biplot* são os mais estáveis (LAVORANTI et. al., 2003). Com isso pelo do gráfico (Figura 1) o genótipo UFUS 11 é o mais estável, seguido por genótipos UFUS 07, UFUS 06, UFUS 12.

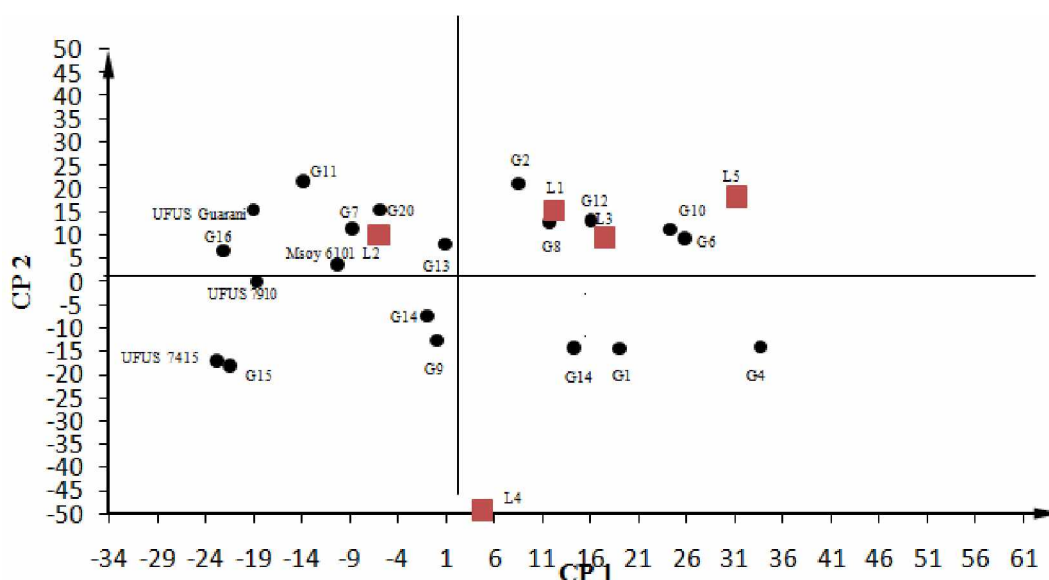


Gráfico 1. AMMI *biplot* com os dois principais componentes de interação (CP1 e CP2) correspondente à produtividade de 20 genótipos em cinco locais. Genótipos: G1 (UFUS 01), G2 (UFUS 02), UFUS 7415, G4 (UFUS 03), UFUS 7910, G6 (UFUS 04), G7 (UFUS 05), G8 (UFUS 06), G9 (UFUS 07), G10 (UFUS 08), G11 (UFUS 09), G12 (UFUS 10), G13 (UFUS 11), G14 (UFUS 12), G15 (UFUS 13), G16 (UFUS 14), G17 (UFUS 15), Msoy 6101, UFUS Guarani e G20 (UFUS 16). Ambientes: L1 (Uberlândia (2012/2013)), L2 (Uberlândia (2013/2014)), L3 (Porangatu (2013/2014)), L4 (Uberlândia (2014/2015)), L5 (Monte Carmelo (2015/2016)).

Segundo Sousa et al. (2015), tanto os genótipos mais estáveis quanto o mais instáveis são os mais produtivos, ou seja, não são eles que mais contribuem para a interação, sendo os mais desejáveis aqueles que apresentam elevado rendimento e estabilidade.

Na análise AMMI, quando o vetor que representa o genótipo no plano cartesiano (SOUSA et al., 2015) está próximo à posição de um dado ambiente, indica que o genótipo se sobressaiu nesse ambiente; essa característica pode ser notada nos genótipos UFUS 06 no ambiente Uberlândia (2012/2013) e no UFUS 10 no ambiente Porangatu (2013/2014).

Conforme já observado em todas as outras metodologias, os ambientes Uberlândia (2014/2015) e Monte Carmelo (2015/2016) foram considerados desfavoráveis, e provavelmente por causa disso, nenhum genótipo está posicionado próximo aos vetores destes ambientes, ou seja, nenhum genótipo sobressaiu-se neles.

Os genótipos que se encontram mais distantes da origem do gráfico contribuíram mais para aumentar a interação genótipos x ambientes, tais como os genótipos UFUS 01, UFUS 7415, UFUS 03, UFUS 09 e UFUS 13 foram os mais instáveis, e, portanto, os que mais contribuíram para a interação G x A.

O genótipo UFUS 13 se destacou pelas metodologias em estudo como o de maior estabilidade e adaptabilidade, sendo que somente pelo método AMMI que não sobressaiu, sendo que o genótipo mais estável foi UFUS 11.

4. Conclusões

A variação experimental foi influenciada pelos ambientes, e a baixa variação genotípica indica estreita base genética entre linhagens melhoradas de soja.

A análise AMMI foi capaz de capturar 85% da variação associada aos resíduos, dos quais 62,10% estavam retidos no primeiro componente principal da interação, e 22,90%, no segundo componente

O genótipo UFUS 13 foi o que apresentou maior adaptabilidade e estabilidade dos 20 genótipos de soja estudados pelos métodos propostos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Leones Alves et al. **Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes**. Embrapa. Mimeo, 1999.
- ANNICCHIARICO, P. **Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy**. 1992.
- BARROS, Hélio Bandeira et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, 2012.
- BARROS, Hélio Bandeira et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja, no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, 2009.
- DE CARVALHO, Edmar Vinícius et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 162-169, 2013.
- COLOMBARI FILHO, José Manoel et al. Upland rice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adaptability and grain yield. **Euphytica**, v. 192, n. 1, p. 117-129, 2013.
- CONAB (2015). **Acompanhamento da Safra Brasileira –Grãos**. Acesso em 16 de Janeiro de 2016, através: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_05_13_08_46_55_boletim_graos_maio_2015.pdf.
- CRAVERO, Vanina et al. Stability through years in a non-balanced trial of globe artichoke varietal types. **Scientia horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 73-79, 2010.
- CRUZ, Cosme Damiao; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Ed. UFV, 2004.
- CRUZ, Cosme Damiao; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Ed. UFV, 2012.
- DUARTE, J. B.; VENCOSKY, R. Interação Genótipos x Ambientes: Uma Introdução à Análise AMMI., Sociedade Brasileira de Genética. **Série Monografias. Ribeirão Preto**, 1999.

EBDON, J. S.; GAUCH, H. G. Direct validation of AMMI predictions in turfgrass trials. **Crop science**, v. 51, n. 2, p. 862-869, 2011.

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

FREITAS, Márcio de Campos Martins de. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera, Goiânia**, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 6a edição. **Editora Nobel (São Paulo)**. 403p, 1976.

JÚNIOR, Waldir Camargos et al. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

LAVORANTI, Osmir José. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “Bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LIN, Chuang-Sheng; BINNS, Michael R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar× location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

MANDEL, John. A new analysis of variance model for non-additive data. **Technometrics**, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1971.

MARCHIORI, Rodrigo et al. Adaptability and stability of transgenic soybean lines and cultivars in the Brazilian macroregion 3 assessed by using parametric and nonparametric methods. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 49, p. 3248-3256, 2016.

MARQUES, Marcelo Cunha et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura= Adaptability and stability of soybean genotypes under different times of sowing. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, 2011.

MAURO, Antonio Orlando. **Adaptabilidade, estabilidade e ganho genético com o processo seletivo em soja (Glycine max (L.) Merrill) em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul**. 1991. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, Adriano Borges et al. Environmental and genotypic factors associated with genotype by environment interactions in soybean. **CROP BREEDING AND APPLIED TECHNOLOGY**, v. 6, n. 1, p. 79, 2006.

PELUZIO, Joênes Mucci et al. Desempenho de cultivares de soja na região centro-sul do estado do Tocantins–safra 2007/08= Performance of soybean cultivars in south-central region of the state of Tocantins-safra 2007/08. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, 2010.

PIRES, Luiz Paulo Miranda et al. Desempenho de genótipos de soja, cultivados na região centro-sul do estado do Tocantins, safra 2009/2010= Performance of soybean genotypes in central-south region on Tocantins state, crop season 2009/2010. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, 2012.

POLIZEL, Analy Castilho et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso= Phenotypical adaptability and stability of soybean genotypes in the state of Mato Grosso. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, 2013.

RAIZER, Arnaldo José; VENCOVSKY, ROLAND. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2241-2246, 1999.

RAMALHO, M. A. P. et al. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. **Lavras: UFLA**, 2012.

SOUSA, L. B. et al. Evaluation of soybean lines and environmental stratification using the AMMI, GGE biplot, and factor analysis methods. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 14, n. 4, p. 12660, 2015.

WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **ZEITSCHRIFT FUR PFLANZENZUCHTUNG-JOURNAL OF PLANT BREEDING**, v. 52, n. 2, p. 127-&, 1964.

YOKOMIZO, Gilberto Ken-Iti et al. Análise AMMI da produtividade de grãos em linhagens de soja selecionadas para resistência à ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1376-1384, 2013.

ZOBEL, Richard W.; WRIGHT, Madison J.; GAUCH, Hugh G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v. 80, n. 3, p. 388-393, 1988.