



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENOTIPOS  
DE SOJA EM MINAS GERAIS**

**WANESSA ROSA CORREIA**

**2007**

WANESSA ROSA CORREIA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENOTIPOS DE  
SOJA EM MINAS GERAIS

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

Orientador

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

C824a Correia, Wanessa Rosa, 1978-  
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Minas  
Gerais

/ Wanessa Rosa Correia. -- 2007.

29 f. : il.

Orientador: Osvaldo T. Hamawaki.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pro-  
grama de Pós-Graduação em Agronomia.  
Inclui bibliografia.

1. Soja - Melhoramento genético - Teses. I. Hamawaki,  
Osvaldo Toshiyuki. II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU:

633.34:631.52

---

WANESSA ROSA CORREIA

## ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENOTIPOS DE SOJA EM MINAS GERAIS

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 12 de junho de 2007.

Prof. Dr. Julio César Viglioni Penna

UFU

Prof. Dr. Fernando César Juliatti

UFU

Prof. Dr. Marcelo Fagioli

UEMG

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

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

Dedico,  
À minha mãe, Ilma  
meus irmãos, Junior e Marcelo  
A Tia Ilamar  
Minha amiga Lúcia  
Ao querido Maurício.

## AGRADECIMENTOS

Seria injustiça citar nomes a agradecer porque há muitas pessoas que torcem por mim, mas mesmo assim, vou cometer a “injustiça” de citar algumas: a minha (grande) família.

Ao Prof. Dr. Osvaldo T. Hamawaki, que, há algum tempo, me ajuda, orienta, incentiva e acima de tudo, acredita no meu trabalho. Ao Rafael Hamawaki que tanto me acrescentou, inclusive, ensinando a hibridação e por passar seu entusiasmo no melhoramento da soja, que acabou por me contagiar ainda mais!

Aos Professores do Instituto de Biologia, em especial, os professores Drs. Ivan Schiavini, Celine de Melo, Cecília e Kleber que permanecem como exemplo para mim.

Aos professores desta Pós Graduação em Fitotecnia, em especial aos Professores Drs. Julio Penna e Juliatti por gentilmente participarem da minha banca e serem sempre atenciosos.

Ao professor Drs. Marcelo Fagioli por aceitar o convite de participar de minha banca e pelas valiosas contribuições.

Ao amigo Maicke (mestrado em eng. elétrica), que me auxiliou na plotagem dos gráficos.

Às amigas Mônica e Tata que acompanharam minha jornada, foram companheiras e torceram por mim!

Aos amigos do Programa de Melhoramento de Soja, em especial a Érika Sagata e o “Marcelinho” Cunha Marques.

Aos amigos que fiz durante a jornada da pós: Ana “Carol” Sodré, Júlia Araújo, Adelaide, Kelly, Suzana, Karla, Ana Paula, Patrícia, Willian, Riccely e “os Marcelos”. E a Coordenação da Pós Graduação em Fitotecnia: Prof. Dr. Jose Magno e a Cida e o Eduardo por serem prestativos.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>abstract</b> .....	ii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	3
2.1 Soja: características, origem e expansão.....	3
2.2 Importância econômica e perspectivas.....	4
2.3 Interação Genótipo x Ambiente (G x E).....	6
2.4 Adaptabilidade e Estabilidade.....	8
2.5 Metodologia de Wricke .....	8
2.6 Metodologia AMMI .....	8
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
3.1 Instalação e locais de condução.....	11
3.2 Genótipos avaliados.....	11
3.3 Procedimentos estatísticos.....	12
3.3.1 Análise de variância.....	12
3.3.2 Análise de estabilidade e adaptabilidade.....	13
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	16
4.1 Análise de variância.....	16
4.2 Análise de estabilidade e adaptabilidade.....	18
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	23
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	24

LISTA DE QUADRO, TABELAS E FIGURAS:

QUADRO 1.....	12
TABELA 1.....	16
TABELA 2.....	17
TABELA 3.....	18
TABELA 4.....	20
FIGURA 1.....	21
FIGURA 2.....	22



## RESUMO

CORREIA, WANESSA ROSA. **Adaptabilidade e Estabilidade de genótipos de soja em Minas Gerais**. 2007. 25 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

O objetivo deste trabalho foi analisar a adaptabilidade e estabilidade de 11 genótipos de soja, sendo 8 linhagens do programa de melhoramento de soja da UFU e 3 testemunhas comercialmente utilizadas: M-Soy 8400, MG/BR-46 Conquista e M-Soy 6101. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 3 repetições. Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006 nos municípios de Uberlândia e Uberaba (Estado de Minas Gerais), sendo os anos, considerados locais, pelo programa de melhoramento de soja UFU. As análises individual e conjunta foram realizadas, considerando-se os efeitos de genótipos fixos e ambientes aleatórios. O método de análise foi o procedimento AMMI (modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa) e o método da ecovalência. Pela ecovalência, houve relação média entre estabilidade e produtividade dos grãos. Pelo procedimento AMMI, os genótipos G9, G5, G7, G1 e o ambiente Uberlândia 2004/2005 (A1 e A2) foram os mais estáveis, também apresentando boas médias de produtividade, mostrando ser os mais promissores para fins de recomendação.

Palavras-chave: interação, AMMI, ecovalência, soja.

---

<sup>1</sup> Orientador: Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki - UFU.

## ABSTRACT

CORREIA, WANESSA ROSA. **Soybean genotypes Adaptability and Stability in Minas Gerais**. 2007. 25 p. Uberlândia: UFU. Dissertation (Master Program Agronomy/Crop Sciences)- Federal University of Uberlândia, Uberlândia.<sup>2</sup>

The objective of this work was to analyze the stability and adaptability of 11 soybean genotypes, where 8 lines belonged to the Soybean breeding program of UFU and 3 commercial cultivars were used as controls: M-Soy 8400, MG/BR-46 Conquista and M-Soy 6101. The experimental design used was randomized blocks, with three replications. The study was done in 2004/2005 and 2005/2006 harvest in Uberlândia and Uberaba counties (Minas Gerais state), where years were considered as places by the Soybean breeding program of UFU. Individual and combined statistical analyses were performed considering genotype effects as fixed and environment effects as variable. The methods to analyze were AMMI procedure (additive main effect and multiplicative interaction analysis) and ecovalence method. There was average correlation between stability and higher mean yields by the ecovalence method. By the AMMI procedure, the genotypes G9, G5, G7, G1 and environment Uberlândia 2004/2005 (A1 and A2) were the most stables, also presenting good average yields, demonstrating that they are the most promising for cultivar recommendation.

Keywords: interaction, AMMI, ecovalence, soybean.

---

<sup>2</sup> Supervisor: Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki – UFU.

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto das grandes culturas produtoras de grãos, a soja foi a que mais cresceu em termos percentuais nos últimos 32 anos, tanto no Brasil, quanto em nível mundial (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005).

A soja cultivada hoje apresenta grandes diferenças em relação à sua ancestral cujas referências datam de 2838 a.C. Estas diferenças se devem em grande parte, pela ação do homem que, mesmo antes de conhecer técnicas específicas de melhoramento já o praticava quando selecionava por exemplo, plantas mais produtivas e bem adaptadas em determinadas regiões.

A soja atualmente é utilizada não só na indústria alimentícia (consumida in natura, usada na forma de emulsificantes e estabilizantes), mas também na indústria têxtil, na produção de biodiesel, tintas, solventes, plásticos, vernizes, ração e na indústria de cosméticos.

Sua produtividade vem crescendo ao longo dos anos graças ao avanço de metodologias tecnológicas que evitam o desperdício, diminuem doenças e pela recomendação adequada de área de plantio onde a cultivar apresente boa adaptação e desempenho desejável.

A mesma cultivar pode apresentar comportamento diferenciado de acordo com o ano e local de cultivo. Essa diferença, quase sempre é influenciada por diferentes condições ambientais tratadas como interação genótipo x ambiente (GxE).

A adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente e a estabilidade diz respeito a capacidade de os genótipos mostrarem comportamento previsível em razão do estímulo do ambiente (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Há várias metodologias que são capazes de estimar sua adaptabilidade e estabilidade. Estas, dependem de modelos estatísticos eficientes capazes de captar as informações necessárias para sua correta análise.

O método da ecovalência de Wricke (WRICKE; WEBER, 1896) é muito usado pelos melhoristas europeus (BOREM; MIRANDA, 2005) e reconhecido pela sua simplicidade, onde o genótipo com menor índice é o mais estável e conseqüentemente mais bem adaptado. A análise AMMI (MANDEL, 1971) combina, em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e efeitos multiplicativos para os efeitos da interação GxE (DUARTE; VENCOSKY,

1999), culminando com o gráfico *biplot*, que identifica interações positivas de genótipos com ambientes específicos e uma rápida identificação de ambientes mais produtivos e com menor contribuição para a interação Genótipo x Ambiente, podendo representar situações favoráveis ao estabelecimento das fases preliminares de um programa de melhoramento genético de plantas.

Em um programa de melhoramento, um dos objetivos é a seleção de materiais genéticos que, ao serem avaliados em potenciais regiões de cultivo, não mostrem interações significativas com elas, o que denotaria maior segurança na recomendação destas cultivares.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o caracter produtividade de grãos de linhagens de soja do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia, quanto a adaptação e estabilidade em dois municípios na região do Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais por meio do método da ecovalência de Wricke (WRICKE; WEBER, 1986) e da modelagem AMMI (MANDEL, 1971).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Soja: características, origem e expansão

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pertence a classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydae, ordem Leguminosinae, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae e tribo Phaseolae. É uma planta herbácea, anual, ereta, de crescimento morfológico diversificado, variando de 0,3 a 2,0 metros de altura, podendo ser muito ou pouco ramificada, com ciclo de 80 a 200 dias aproximadamente, dependendo da variedade e condições de ambiente (SEDIYAMA et al., 1993). Apresentam  $2n=40$  cromossomos, representando um tetraplóide diploizado (VAN RAAMSDONK, 1995), ou seja, um poliplóide que se comporta citologicamente como um diplóide (HYMOWTZ et al., 1997). Possui flores brancas, róseas ou violáceas com diâmetro de 3 a 8 milímetros quando abertas. É uma espécie autógama e a cleistogamia, ocorrência de polinização do estigma antes da abertura da flor, é responsável pela baixa taxa de alogamia (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 1999). Insetos podem transportar o pólen entre flores de diferentes plantas, mas a taxa de fecundação cruzada varia geralmente de 0 a 1% em condições normais. (BOREM; PETERNELLI, 1997). Produz vagens de 2 a 7 centímetros de comprimento contendo grãos redondos ou ovóides com até meio centímetro de diâmetro e peso de 0,2 a 0,4 gramas (HASSE, 1996). Possui teores elevados de proteína (40%) e óleo (20%) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005).

A mais antiga referência sobre a soja na literatura seria a que consta no herbário Pen Ts'ao Kang Mu (matéria médica), escrita pelo imperador Shen Nung. No entanto, seis datas diferentes foram encontradas na literatura, com a data de aparecimento desse livro variando de 2838 a.C. a 2383 a.C. (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 1999).

A soja é cultivada há mais de cinco mil anos na Ásia. Seu cultivo expandiu-se pela China antiga, tornando-se a base alimentícia do seu povo. No século XVII, começou a espalhar-se por outras regiões da Ásia, como a Índia, Ceilão, Malásia, etc. Na Europa, foi plantada pela primeira vez em 1739, no Jardim Botânico de Paris e, em 1770, em Kew, na Inglaterra. Nos Estados Unidos, a primeira referência à soja foi na região da Pensilvânia, em 1804. No Canadá, Filipinas, Argentina, Egito e Cuba ela se tornou popular somente mais tarde, ainda no século XIX (SEDIYAMA et al., 1993).

No Brasil, de acordo com Hasse (1996), atribui-se a Gustavo Dutra, professor da Escola Agrícola da Bahia, o primeiro trabalho técnico sobre a soja: “Nova cultura experimental de soja”, publicado em 1889 em Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), sendo esta, plantada por um sitiante baiano e não se sabe explicar como a leguminosa oriental chegou a Bahia. Em 1889, o IAC distribuía sementes de soja a “fazendeiros curiosos”. Sabe-se também que, por volta de 1908, os primeiros imigrantes japoneses trouxeram na bagagem sementes de soja que passaram a ser cultivadas em pequenas quantidades para produção de tofu, misso e shoyo.

No período de 1967/74, a produção mundial dessa leguminosa sofreu forte incremento, passando de 38 milhões de toneladas para cerca de 63 milhões, sendo este, em razão da forte participação dos Estados Unidos e do Brasil. A partir de 1947, essa cultura torna-se economicamente importante no Rio Grande do Sul (SEDIYAMA et al., 1993). Em 1949 foi realizada a primeira exportação de soja brasileira (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 1999).

Em 2004, o Brasil figura como o segundo produtor mundial, com produção de 50 milhões de toneladas ou 25% da safra mundial, montante menor que o de 2003, quando o país produziu 52 milhões de toneladas e participou com quase 27% da safra mundial (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005).

Atualmente, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2007), a safra de 2005/06 foi de 22.229,3 e 2006/07 20.580,5 mil/ha em área plantada, sendo que o Estado de Minas Gerais contribuiu com 1.060,9 mil/ha em 2005/06 e 930,4 na safra de 2006/07. Quanto a produção em mil/t, em 05/06 foi de 53.413,9 e de 56.316,3 em 06/07, sendo que o Estado de Minas Gerais contribuiu com 2.558,6 mil/ton em 06/07.

## **2.2 Importância econômica e Perspectivas**

O homem é quase que absolutamente dependente das plantas para a sua alimentação. Tudo aquilo de que se alimenta é quase que, sem exceção, constituído de plantas ou derivado, mais ou menos diretamente das plantas (ALLARD; BRADSHAW, 1964).

O melhoramento de plantas pelo homem começou há cerca de 9.000 anos. Anteriormente a essa época, ele subsistiu através da caça e da pesca, suplementando

suas colheitas de frutos, raízes, ervas e sementes silvestres, à medida que os encontrava durante as andanças (LAWRENCE, 1980).

Foi apenas no final dos anos 1700 que foram publicadas informações, na Europa e na América do Norte (RONZELLI Jr., 1996), sobre procedimentos metodológicos definidos para o melhoramento vegetal. Os progressos foram tão significativos que antes de 1850 já eram inúmeros os pesquisadores publicando resultados da seleção como método (RONZELLI Jr., 1996).

Lawrence (1980) observou que grande parte do trabalho em melhoramento no século XX havia sido, de caráter exploratório e, levando-se em conta a enorme riqueza de variação genética e de plasticidade exibidas pela população mundial de plantas, haveria uma grande expansão no melhoramento como necessidade básica para uma população mundial crescendo rapidamente em números e em sua demanda por um padrão de vida mais alto.

As metas do melhoramento vegetal são múltiplas, variando com o clima, espécie ou cultura, cultivo, fatores econômicos e de outras naturezas. Um objetivo comum do melhorador é aumentar a produção (LAWRENCE, 1980). Allard e Bradshaw (1964), admitiram que, uma das contribuições mais importantes do melhoramento de plantas era o desenvolvimento de melhores variedades para novas áreas agrícolas.

No Brasil, pesquisas com soja iniciaram-se na década de 30 no Rio Grande do Sul. Em 1947, foram feitas as primeiras hibridações, na tentativa de obter cultivares por meio de cruzamentos artificiais (SEDIYAMA et al., 1999).

O desenvolvimento dos programas de melhoramento de soja no Brasil, pelas instituições públicas e privadas de pesquisa, possibilitou o lançamento de novos cultivares, durante as décadas de 70, 80 e 90, contribuindo, inegavelmente, para a grande expansão do cultivo da soja nas regiões Sudeste e Centro Oeste do país, principalmente nas áreas de cerrado (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 1999).

Até 1970, a preocupação maior dos programas de pesquisa de soja brasileiros era com a produtividade (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005). A partir de então, foi desenvolver plantas mais altas, tardias e resistentes à pústula bacteriana, que pudessem ser cultivadas economicamente na região dos cerrados. Nas décadas de 80 e 90, cultivares de período juvenil longo e resistentes a cancro da haste (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 1999).

Atualmente, com novos conhecimentos desenvolvidos na área de biologia molecular e melhoramento transgênico, têm sido desenvolvidos cultivares tolerantes a

glifosato, baixo teor de ácido linolênico e alto teor de ácido ólico, além de ausência de lipoxigenases (BOREM; MIRANDA, 2005) e há estudos com introgressão de genes para soja com tolerância à seca (AGÊNCIA BRASIL, 2006).

Além do desenvolvimento tecnológico, a globalização e a conscientização ecológica estão tendo profundo impacto nos objetivos do melhoramento vegetal. Atualmente, o principal objetivo da maioria dos programas de melhoramento é aumentar a produtividade, mesmo em países onde existe produção em excesso (BOREM; MIRANDA, 2005).

Apesar da ocorrência de flutuações econômicas nesta cultura, as perspectivas são boas e são várias as predições positivas para sua imponente permanência, como por exemplo, o aumento do crescimento populacional, de consumo e de poder aquisitivo, o temor de doenças, como a da vaca louca, que traz a troca da ração animal por farelo de soja, a produção de biodiesel, bem como seu incremento para a produção de tintas, lubrificantes, plásticos, vernizes dentre outros e pelo fato de que a produção dos nossos principais concorrentes (EUA, Argentina, Índia e China) tenderá a estabilizar-se por falta de áreas disponíveis para a expansão em seu território (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005).

Uma vez que o crescimento de produção e aumento de sua capacidade competitiva estejam associados aos avanços científicos e a disponibilização de tecnologias do setor produtivo, é justificado a necessidade do contínuo estudo biotecnológico associado a esta cultura.

### **2.3 Interação Genótipo x Ambiente (G x E)**

As condições edafoclimáticas, associadas as práticas culturais, a ocorrência de patógenos e outras variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas, são coletivamente denominadas ambiente (BOREM; MIRANDA, 2005). Ainda segundo este autor, o ambiente é constituído de todos os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas que não são de origem genética.

A importância do ambiente é incontestável. Sabe-se que o comportamento fenotípico é medido pela ação de genótipo e de ambiente e da interação entre eles (RONZELLI Jr, 1996). A manifestação fenotípica dos caracteres métricos resulta do



efeito conjunto do genótipo, do ambiente específico e da interação destes fatores (DIAS, 2005).

Basicamente, os programas de melhoramento seguem com a escolha de parentais que darão origem a população base, a seleção de progênies superiores e sua avaliação em diversificado número de ambientes/anos. Quando se avaliam materiais geneticamente distintos em uma série de ambientes, comumente, o componente interação entre genótipo e ambientes (GxE) aparece afetando o ganho com a seleção (DIAS, 2005).

A interação GxE pode ser definida como o comportamento diferencial dos genótipos em função da diversidade ambiental.

Cockerham (1963) atribuiu o aparecimento de interação GxE devido a respostas diferenciais do mesmo conjunto gênico em ambientes distintos.

Há vários trabalhos que contemplam a interação (GxE) e sua importância (COMSTOCK; MOLL, 1963; ROCHA; VELLO, 1999; TOLEDO et al., 2000; MURAKAMI, 2001; CARVALHO et al., 2002; ROSSMANN, 2001; VARGAS et al., 2001; RAO et al., 2002; PRIMODO et al., 2002; BOOTE et al., 2003, OLIVEIRA et al., 2006).

O tratamento estatístico dado a interação genótipos com ambientes, nesta última década, tem sofrido uma forte reorientação. Seja pelos grandes avanços obtidos nos procedimentos estatístico-computacionais, seja pela pouca eficácia dos métodos usuais de análise da interação (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

O método mais comum para avaliação da interação GxE é a análise de variância (ANAVA), através da análise conjunta de experimentos. A magnitude das interações GxE é determinada através de um teste, normalmente o teste F (ROCHA, 2002).

Os testes de avaliação de rendimento constituem a fase mais onerosa dos programas de melhoramento. O alto custo desses testes tem levado os melhoristas a buscar maneiras de maximizar a eficiência de avaliação e uma delas é a otimização da alocação de recursos (BOREM; MIRANDA, 2005).

A seleção de cultivares, através da análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, inclui a interação GxE e dá melhor interpretação dos resultados experimentais do que quando se despreza a interação (BUENO, 2001).

## **2.4 Adaptabilidade e Estabilidade**

A adaptabilidade de uma variedade refere-se a sua capacidade de aproveitar vantajosamente as variações do ambiente. A estabilidade de performance refere-se a sua capacidade de apresentar um comportamento altamente previsível mesmo com as variações ambientais (BOREM; MIRANDA, 2005).

Uma cultivar que pode ajustar seu comportamento fenotípico para alta produtividade e estabilidade para um local e ano em particular é dita estável ou bem adaptada (BUENO, 2001).

Uma variedade de sucesso deve apresentar, em diferentes condições de ambiente, alta produtividade, e sua superioridade deve ser estável (BOREM; MIRANDA, 2005).

O efeito da interação genótipo x ambiente pode ser reduzido, utilizando-se cultivares específicas para cada ambiente, genótipos com ampla adaptabilidade e boa estabilidade e/ou estratificando-se a região em sub-regiões com características ambientais semelhantes, dentro das quais a interação passa a ser não-significativa (ALLARD; BRADSHAW, 1964; RAMALHO et al., 1993).

## **2.5 Metodologia de Wricke**

O método da ecovalência (WRICKE; WEBER, 1986) propõe um parâmetro de estabilidade estimado pela decomposição da soma de quadrados da interação GxE em componentes associados a genótipos individuais, ou seja, a contribuição de cada genótipo para a interação geral, de modo que o genótipo com menor ecovalência seria o que menos contribui para a soma de quadrado da interação.

## **2.6 Metodologia AMMI**

O Modelo AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model*), foi de acordo com Lavoranti, 2004, proposto inicialmente por Mandel em 1971.

Nesta análise, combina-se num único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para os efeitos de interação genótipo e ambiente (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

Esta análise pode ajudar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados, como na localização do chamado zoneamento agrônômico, com fins de recomendação racionalizada e seleção de locais de teste (GAUCH; ZOBEL, 1996).

Zobel et al. (1988) apud Duarte e Vencovsky (1999) sustentam que o método AMMI permite uma análise mais detalhada da interação GxE, garante a seleção de genótipos mais produtivos (capazes de capitalizar interações positivas com ambientes), propicia estimativas mais precisas das respostas genotípicas e possibilita uma fácil interpretação gráfica dos resultados da análise estatística.

De forma simplificada, a análise procura capturar padrões presentes na estrutura dos dados, que possam contribuir para melhor explicar a resposta diferencial dos genótipos quando cultivados em diversos ambientes (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Outra vantagem é a possibilidade da representação gráfica (biplot) simultânea dos escores dos efeitos da interação para cada fator, obtidos por análise multivariada, podendo, dessa forma, a interpretação ser feita através da análise da magnitude e do sinal dos escores (LAVORANTI, 2004) IPCA. O termo IPCA vem de “*Incremental Principal Component Analysis*”, onde, IPCA1 é o efeito de interação do componente principal associado ao primeiro eixo, que retêm a maior parte da variação do efeito da interação, IPCA2 é o efeito de interação do componente principal, associado ao segundo eixo (MANDEL, 1971; ZOBEL et al., 1988 e GAUCH; ZOBEL, 1996 apud MAIA et al., 2006).

Assim, escores baixos (próximos de zero) são próprios de genótipos e ambientes que contribuíram pouco ou quase nada para a interação, caracterizando-os como estáveis. Genótipos e ambientes com escores de mesmo sinal devem interagir positivamente evidenciando um sinergismo adaptativo a ser aproveitado na seleção. Aqueles com sinais opostos devem interagir negativamente, sugerindo um certo antagonismo, ou seja, uma combinação desfavorável de genótipo e ambiente (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

A representação gráfica, em biplot, é uma técnica bastante útil na análise de componentes principais, pois, o gráfico usado para representar simultaneamente as linhas e colunas, referentes a uma matriz de dados, pode indicar a existência de agrupamentos entre as observações, assim como, mostrar as variâncias e correlações entre as variáveis (LAVORANTI, 2004).

A estabilidade e a adaptabilidade, utilizando a metodologia AMMI e/ou a ecovalencia têm sido estudadas em vários trabalhos (FREIRE FILHO, 2003; PACHECO et al., 2003; OLIVEIRA NETO, 2004; POLIZEL, 2004; ALLIPRANDINI et al., 1998; PRADO et al., 2001) tendo alguns deles, propiciado o lançamento ou a recomendação de diversas cultivares em vários locais no país e no mundo (SOUZA et al., 2006; VICENTE et al., 2004; PACHECO et al., 2005).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Instalação e locais de condução**

Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006, na época normal de cultivo para o Estado de Minas Gerais (cultivo de verão). Foram dois os locais de teste, sendo os anos, considerados locais: Uberlândia 2004/2005, como ambiente 1 (A1), Uberlândia 2005/2006 como ambiente 2 (A2), Uberaba 2004/2005 considerado ambiente 3 (A3) e Uberaba 2005/2006 ambiente 4 (A4).

Em Uberlândia, os experimentos foram instalados na Fazenda Capim Branco, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), situada a 18°53'192''S de latitude e 48°20'574''W de longitude, com altitude de 835 m. Em Uberaba, na fazenda Boa Vista, situada a 19°50'395''S de latitude e 47°51'063''W de longitude, com altitude de 680 m. Ambas sobre um Latossolo Vermelho Distrófico.

#### **3.2 Genótipos Avaliados**

Foram avaliadas oito linhagens de soja, de ciclo de maturação precoce e médio, provenientes de cruzamentos realizados no Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia. Foram utilizadas três testemunhas, cultivares comerciais adaptadas a região e de boa produtividade, sendo: M-Soy 8400, MGBR-46 (CONQUISTA) e M-Soy 6101. Informações sobre a identificação, genealogia e origem dos genótipos estão dispostos no quadro (Quadro 1) a seguir:

QUADRO 1: Genótipos utilizados, genealogia e instituição obtentora:

Genótipo	Genealogia	Instituição obtentora
UFU1 (G1)	Vencedora x UFU16	UFU
UFU2 (G2)	(Liderança x UFU16)x (UFU18 x Br95-015208)	UFU
UFU3 (G3)	(8411x8914) x (Emgopa315x Tucano)	UFU
UFU4 (G4)	Confiança x Uirapuru	UFU
UFU5 (G5)	IAC-100 x Cristalina	UFU
UFU6 (G6)	IAC-82 x Conquista	UFU
UFU7 (G7)	(FT-45302 x Liderança) x (FHT-2988 x Conquista)	UFU
UFU8 (G8)	UFU16 x Liderança) x (Br 95-015308 x UFV18)	UFU
M-Soy 8400 (G9)		MSoy
MGBR-46 (CONQUISTA) (G10)		EMBRAPA
M-Soy 6101 (G11)		Msoy

O caráter avaliado foi Produtividade de Grãos (PG), obtido através do peso dos grãos da área útil da parcela, após colheita, trilha e limpeza destes e posterior correção do teor de água da massa de grãos para a umidade padrão de 13%, expressa em gramas por parcela (g/parcela).

### 3.3 Procedimentos estatísticos

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados com três repetições. Foram testados 11 genótipos em cada um dos 4 locais. A parcela foi similar em todos os experimentos, sendo formada por 4 fileiras de 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m. A parcela útil para a tomada de dados compreendeu as duas fileiras centrais da parcela, descontando-se 0,5 metro de cada extremidade das fileiras, totalizando 8,9 m<sup>2</sup>.

#### 3.3.1 Análise de variância

Os dados referentes a produtividade avaliados nestes experimentos foram submetidos a uma análise de variância individual por local, e conjunta considerando-se os 4 locais, utilizando-se o programa estatístico Genes (CRUZ, 2001). Para este último, usou-se o modelo fatorial do citado programa, descrito como:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B/E_{jk} + E_j + GE_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$ : valor observado do i-ésimo genótipo, no j-ésimo ambiente e k-ésimo bloco;

$\mu$ : média geral dos ensaios;

$G_i$ : efeito do i-ésimo genótipo;

$B/E_{jk}$ : efeito aleatório de k-ésimo bloco, dentro do j-ésimo ambiente;

$E_j$ : efeito do j-ésimo ambiente;

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

$\varepsilon_{ijk}$ : erro aleatório associado a  $Y_{ijk}$

Os efeitos de genótipos foram considerados fixos, e os de ambiente, aleatórios, conforme demonstrado por Vencovsky e Barriga, 1992, não é analisada uma só população de genótipos, mas, em verdade, g populações, todas incluídas nos ensaios.

### 3.3.2 Análise de estabilidade e adaptabilidade

#### 3.3.2.1 Metodologia de Wricke

O parâmetro de estabilidade proposto por Wricke (1986) é denominado “Ecovalência” e é estimado decompondo-se a soma de quadrados da interação genótipo x ambiente nas partes devidas a genótipos isolados. A partição é feita usando-se a estatística  $\omega_i$ , dada por:

$$\omega_i = r \sum_j (\hat{GE})_{ij}^2 = r \sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$$

em que:

$\omega_i$  = ecovalência estimada, ou contribuição do genótipo “i” para  $SQ_{G \times E}$  total

$$\hat{GE}_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..}$$

Onde:

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

$Y_i$  = média do genótipo i em todos os ambientes;

$Y_{.j}$  = média do ambiente j para todos os genótipos;

$Y_{..}$  = média geral de todos os genótipos.

A porcentagem da interação G x E devido a cada genótipo ( $\omega_i$  %) é dada pela equação a seguir:

$$\omega_i \% = (\omega_i / \sum \omega_i) \times 100$$

Sendo que o  $\sum \omega_i = \text{SQGxE}$

SQGxE : soma dos quadrados da interação genótipo por ambiente.

### 3.3.2.2 Modelagem AMMI

Modelo AMMI de análise:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  é a resposta média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, G$  genótipos) no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, E$  ambientes);

$\mu$  é a média geral dos ensaios;

$g_i$  é o efeito fixo do genótipo  $i$ ;

$e_j$  é o efeito fixo do ambiente  $j$ ;

$\lambda_k$  é o  $k$ -ésimo valor singular (escalar) da matriz de interações original (denotada por GE);

$\gamma_{ik}$  é o elemento correspondente ao  $i$ -ésimo genótipo no  $k$ -ésimo vetor singular coluna da matriz GE;

$\alpha_{jk}$  é o elemento correspondente ao  $j$ -ésimo ambiente no  $k$ -ésimo vetor singular linha da matriz GE;

$\rho_{ij}$  é o ruído associado ao termo  $(ge)_{ij}$  da interação clássica do genótipo  $i$  com o ambiente  $j$ ; e

$\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental médio.

Uma detalhada descrição da metodologia AMMI pode ser encontrada em Gauch, 1992; Ebdon e Gauch 2002 e Duarte e Vencovsky, 1999. Para esta análise foi utilizado o programa Estabilidade (FERREIRA, 2000).

A interpretação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos e ambientes foi feita com base na análise gráfica em biplot. De acordo com Duarte e Vencovsky (1999), o termo *biplot* se refere a um tipo de gráfico contendo duas categorias de pontos



ou marcadores. Neste trabalho, foi utilizado como pontos ou marcadores, as médias de produtividade de genótipos e ambientes com os valores calculados dos escores IPCAs.

## 4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de variância

#### 4.1.1 Análise de variância individual

Após serem testados a homogeneidade dos dados, as análises de variância para cada local e as médias de produtividade de grãos (g/parcela), das 8 linhagens e das 3 cultivares de soja cultivadas em quatro locais, são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1- Produtividade média de grãos (g/par) de 11 genótipos de soja em quatro locais: Uberlândia (A1 e A2) e Uberaba (A3 e A4).

Genótipos	Uberlândia 1	Uberlândia 2	Uberaba 1	Uberaba 2	Média
G1	3330	2306,66	1386,85	2493	2379,13
G2	3239,98	2295,66	2580,25	1911	2506,72
G3	4031,27	2909,33	1392,39	2702	2758,75
G4	3241,82	2166	999,97	3013,67	2355,36
G5	3652,71	2008,33	1562,28	2690	2478,33
G6	3761,66	2481	1038,75	2336	2404,35
G7	3179,96	2402,33	1515,19	2347	2361,12
G8	3414,02	1934,33	2256,16	2228,33	2458,21
G9	3592,69	2026,66	1939	2369,33	2481,92
G10	3347,08	693	2146,75	1541	1931,96
G11	3361,86	1892	1941,77	3267,67	2615,82
Q.M Bloco	207967,67	82946,16	127192,39	28894,91	
Q.M (trat)	206141,01	771633,14	912317,12	691519,7	
Q.M(res)	84552,79	115127,94	77948,89	130634,34	
Média	3468,46	1705,4	2101,39	2445,36	
CV	8,38	13,29	19,89	14,78	

A produtividade média geral de grãos (TABELA 1), nos quatro locais, variou de 1705,3965 g/par em Uberlândia 2005/2006 (A2), a 3468,4595 g/parcela em Uberlândia 2004/2005 (A1). Os coeficientes de variação foram de 8,38% a 19,89%, indicando, assim, que a precisão experimental variou de ótima a regular, sendo valores considerados válidos para experimento de campo, conforme: Diniz (2004), Oliveira Neto (2004) e Ferreira (1996).

As análises de variância individual apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos para todos os ambientes analisados, o que indicou desempenho diferenciado entre as linhagens em todos os ambientes.

#### 4.1.2 Análise de variância conjunta

A análise de variância conjunta relativa à produtividade de grãos (g/parcela), necessária para avaliar o efeito de interação entre G x E, encontra-se na Tabela 2. A presença significativa da interação (G x E) é o princípio da condição necessária para se proceder o estudo em questão.

TABELA2- Análise conjunta para Produtividade de Grãos (g/par) de 11 genótipos de soja semeados em quatro locais, sendo: Uberlândia (A1 e A2) e Uberaba (A3 e A4).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Rendimento grãos (g/par)
Bloco x ambiente	8	111750,28
Genótipos	10	499110,92*
Ambiente	3	18828329,61*
Genótipos x ambiente	30	694166,68*
Resíduos	80	102065,99
Média		2430,15
CV%		13,15

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O efeito do ambiente foi responsável pela maior parte da variação dos tratamentos, seguida pelo efeito da interação (G x E). A interação significativa indicou que os genótipos se comportaram de forma diferenciada no ambiente. As testemunhas também apresentaram desempenho agrônômico muito variável, demonstrando, assim, a grande interação que possuem com o ambiente. (TABELA 2)

## 4.2 Análise de Adaptabilidade e Estabilidade

### 4.2.1 Metodologia de Wricke

No método da ecovalência ( $W_i$ ), o genótipo mais estável é aquele que apresenta ecovalência de mais baixa magnitude em relação aos demais. Para o presente trabalho visando o caráter produtividade de grãos, as linhagens apresentaram os seguintes valores para o parâmetro ecovalência (porcentagem) em ordem crescente: G5  $W_i\% = 1,64$ , G1  $W_i\% = 2,23$ , G7  $W_i\% = 2,89$ , G8  $W_i\% = 5,45$ , G6  $W_i\% = 9,85$ , G3  $W_i\% = 10,10$ , G4  $W_i\% = 12,30$  e G2  $W_i\% = 16,10$  (TABELA 3).

Comparando-se com a produtividade em ordem decrescente dos genótipos: G3 (2758,75 g/par), G2 (2506,72 g/par), G5 (2478,33 g/par), G8 (2458,21 g/par), G6 (2404,35 g/par), G1 (2379,13 g/par), G7 (2361,12 g/par) e G4 (2355,36 g/par), nota-se haver uma relação, pelo menos quanto a esta metodologia, de 50% entre estabilidade e produtividade (TABELA 3).

TABELA 3- Estimativa da Ecovalência de 11 genótipos de soja semeadas em quatro locais, quanto a produtividade de grãos (p/par), segundo o método descrito por Wricke (Wricke e Weber, 1896).

Genótipos	Ecovalência ( $W_i$ )	$W_i$ (%)	Produtividade Média
G1	463912,1	2,2 (3)	2379,13 (4)
G2	3352229,70	16,1 (10)	2506,72 (9)
G3	2104408,95	10,10 (8)	2758,75 (11)
G4	2561255,23	12,3 (9)	2355,36 (2)
G5	340955,10	1,64 (2)	2478,33 (7)
G6	2051352,25	9,85 (7)	2404,35 (5)
G7	601758,75	2,89 (4)	2361,12 (3)
G8	1134506,55	5,45 (5)	2458,21 (6)
G9	211952,66	1,02 (1)	2481,92 (8)
G10	6054526,36	29,07 (11)	1931,96 (1)
G11	1948095,36	9,35 (6)	2615,82 (10)
Total	20824953,03		

Observou-se que dos genótipos tidos como testemunha, apenas o genótipo 9 (M-Soy 8400) teve destaque na estabilidade, sendo, inclusive, o mais estável na média geral

( $Wi\% = 1,02$ ), alcançando o terceiro lugar em produtividade (2481,92 g/par). Quanto aos genótipos G10 e G11, G10 foi o menos estável, ou seja, com o maior índice de ecovalência ( $Wi\% = 29,07$ ) e com menor média de produtividade (1937,96 g/par)(TABELA 3), provavelmente, influenciada pelo baixo rendimento no ambiente A2 (Uberlândia 2005/2006). Com relação ao G11, não está entre os mais estáveis (6º lugar  $Wi\% = 9,35$ ), porém, quanto a produtividade, alcançou o 2º lugar (2615,82 g/par), indicando neste caso, uma baixa relação entre estabilidade e maior produtividade. Pacheco et al., (2005), citando inclusive outros trabalhos, afirma ser reconhecido que seleção para melhor estabilidade, pode resultar a baixas médias de performance produtiva, enquanto, seleção para altas médias de produtividade, leva a baixa estabilidade.

Os resultados obtidos relativos à amplitude das ecovalências não foram discrepantes em relação a outros trabalhos que também estudaram a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja, usando a metodologia de Wricke como os de Oliveira et al., (2004); Prado et al.,(2001); Oliveira (2002); Rocha (2002); Oliveira Neto (2004).

#### **4.2.2 Modelagem AMMI**

De acordo com Duarte e Vencovsky (1999), a interpretação de um biplot quanto a interação G x E é feita observando-se a magnitude e o sinal dos escores de genótipos e ambientes para o(s) eixo(s) de interação. Assim, escores baixos (próximos de zero) são próprios de genótipos e ambientes que contribuiram pouco ou quase nada para a interação, caracterizando-o como estáveis. Combinações de genótipos e ambientes com escores IPCA de mesmo sinal tem interações específicas positivas; combinações de sinais opostos apresentam interações específicas negativas.

Na Tabela 4, apresenta-se as coordenadas dos eixos de abscissas (x) e de ordenadas (y) para os dois gráficos: IPCA1 vs Médias (FIGURA 1) e IPCA1 vs IPCA2 (FIGURA 2).

Na Figura 1, a estabilidade é avaliada inspecionando-se as ordenadas, sendo os pontos situados na faixa vertical em torno de zero em relação ao eixo IPCA1 correspondentes aos genótipos e ambientes mais estáveis. Entre estes estão os genótipos G11, G5, G7 e G9 e o ambiente A1.

Na Figura 2, genótipos e ambientes estáveis são aqueles cujos pontos situam-se próximos a origem, ou seja, com escores praticamente nulos para os dois eixos de interação (IPCA 1 e 2). Fazem parte os genótipos G9, G5 G7 e G1 e o ambiente A1.

TABELA 4- Coordenadas dos eixos de abcissas (x) e de coordenadas (y), para os dois gráficos biplot:

Genótipos Ambientes	Biplot AMMI1		Biplot AMMI2		Ordem para Médias
	IPCA1 (x)	média (y)	IPCA1 (x)	IPCA2 (y)	
G1	7,9671	2379,1288	7,9671	-2,1192	4
G2	-17,4423	2506,7242	-17,4423	-15,0997	9
G3	15,3215	2758,7483	15,3215	-10,6798	11
G4	17,3762	2355,365	17,3762	12,3726	2
G5	3,4481	2478,33	3,4481	6,5998	7
G6	14,4698	2404,3525	14,4698	-9,8437	5
G7	5,5618	2361,1208	5,5618	-6,6822	3
G8	-12,9269	2458,2138	-12,9269	-1,8560	6
G9	-5,4171	2481,9225	-5,4171	-0,8229	8
G10	-28,5556	1931,9583	-28,5556	6,0866	1
G11	0,1974	2615,8233	0,1974	22,0446	10
A1	-0,3233	3468,45955	-0,3233	-0,1048111	4
A2	-37,8216	1705,39652	-37,8216	-0,020396	1
A3	21,3525	2101,39394	21,3525	-0,637668	2
A4	16,7925	2445,36364	16,7925	0,762875	3

Ainda de acordo com estes autores, sobre os genótipos, a estabilidade avaliada é um indicativo de suas amplitudes adaptativas, sendo que os genótipos estáveis mostraram-se amplamente adaptados aos ambientes de teste.

Deve-se ainda, para fins de recomendação, considerar também a média de produtividade do genótipo, pois, nem sempre o genótipo mais estável será o que apresenta maiores médias de produtividade. Considera-se então os genótipos G3, G5, e G7, que, além de apresentarem boa estabilidade, também apresentaram boas médias de produtividade.

Quanto a estabilidade ambiental, o ambiente A1 foi o de menor escore, seguido de A2, o que indica Uberlândia como local mais consistente e confiável para fins de recomendação de cultivares, seguidos dos ambientes A4 e A3.

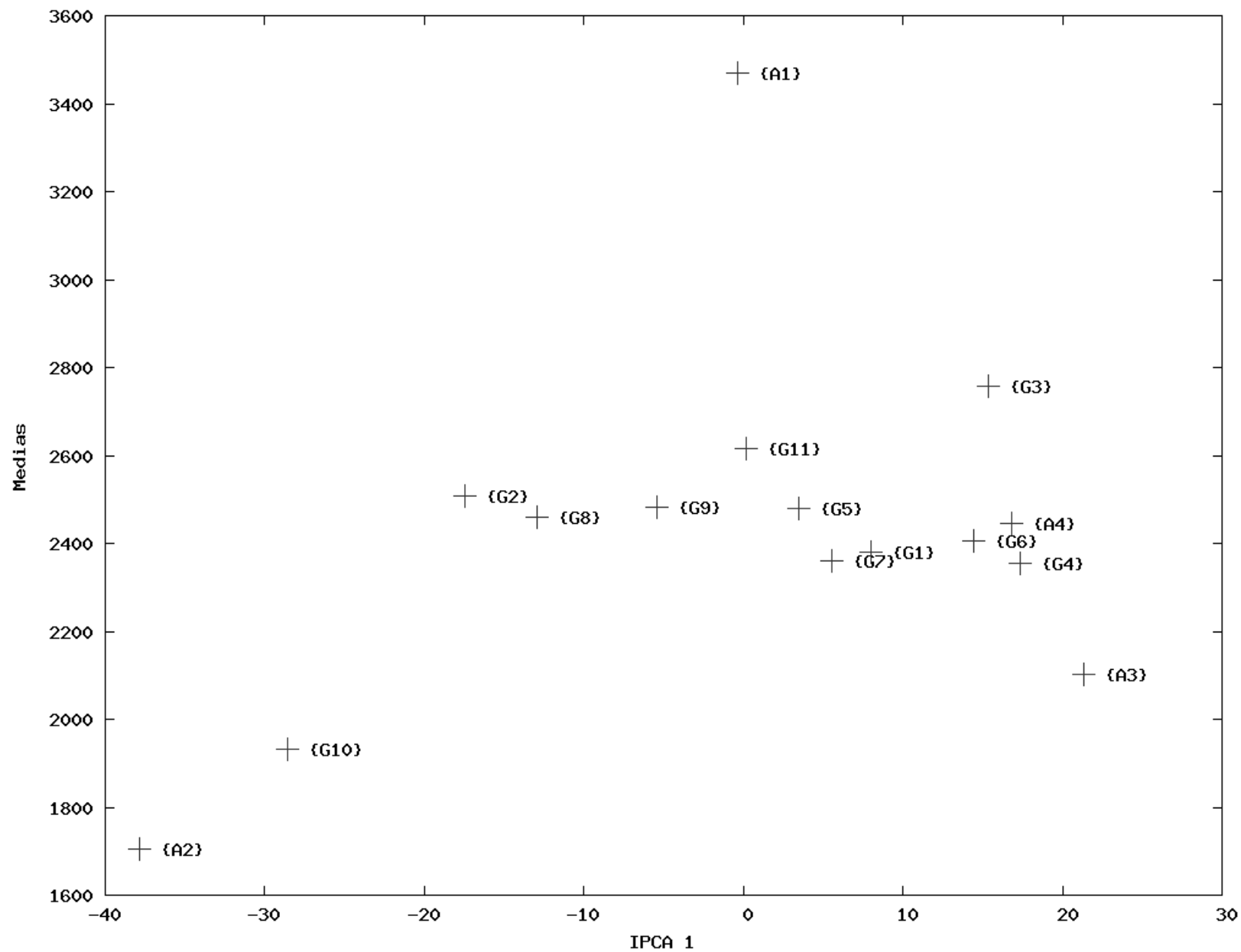


FIGURA 1. Biplot AMMI1 com médias e IPCA1.

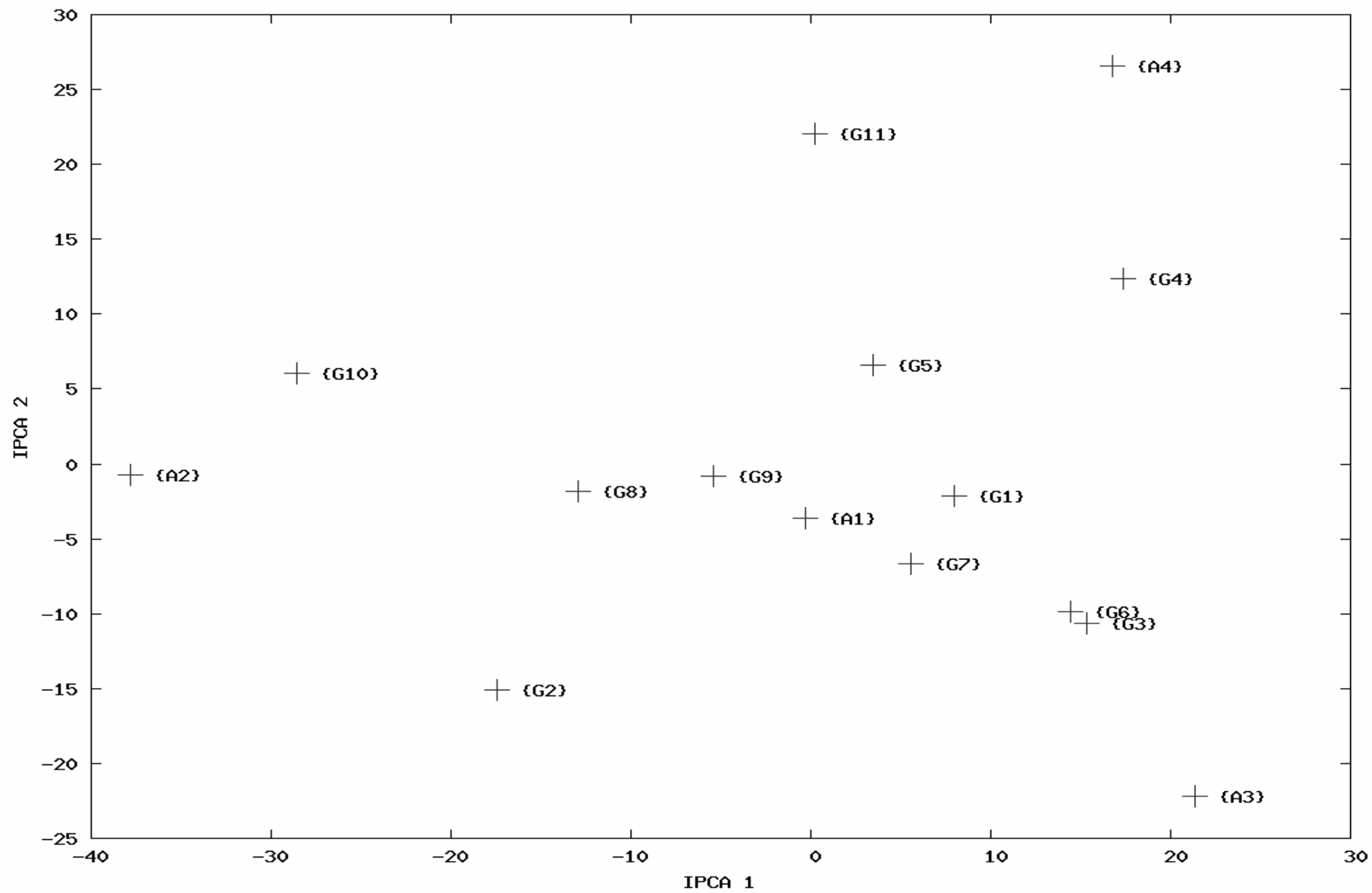


FIGURA 2. Biplot AMMI2 com IPCA1 e IPCA2.



## 5 CONCLUSÕES

- Na metodologia de Wricke, houve uma relação mediana entre produtividade e estabilidade genotípica.
- Comparando-se o método da ecovalência e a metodologia AMMI, as linhagens G1, G5 e G7 foram as mais estáveis nos 4 ambientes, não tendo estas, relações genealógicas diretas.
- O ambiente Uberlândia mostrou-se, nos dois anos, como o mais propício e confiável para fins de recomendação de cultivares.
- A metodologia AMMI oferece informações mais consistentes porque seleciona genótipos e ambientes mais favoráveis com os objetivos do melhoramento genético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. Embrapa apresenta soja resistente à seca. Agronotícias, Sinop, 07 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.sonoticias.com.br/agronoticias/mostra.php?id=8268>>. Acesso em: 26 ago. de 2007.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 503-507, 1964.

ALLIPRANDINI, L. F.; DETOLEDO, J. F. F.; FONSECA JUNIOR, N. S.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL. Análise de adaptação e estabilidade de genótipos de soja no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p.1321-1328, ago. 1998.

BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2005. 525 p. 4ed.

BOREM, A; PETERNELLI, L. A. **Hibridação artificial em feijão e soja**. Viçosa: UFV, 1997. 43p. (Cadernos Didáticos, 2)

BOOTE, K. J. ; JONES, J. W. ; BATCHELOR, W. D. ; NAFZIGER, E. D. ; MYERS, O. Genetic coefficients in the CROPGRO-Soybean Model. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 32-51, 2003.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas**: princípios e procedimentos. Lavras: UFLA, 2001. 282p.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 989-1000, 2002

COCKERHAM, C.C. Estimation of genetics variance. In: HANSON, W.D.; ROBINSON, H.F. (Ed.) **Estatistical genetics and plant breeding**. Madison: National Academy of Science. p. 53-94. 1963.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Central de informações agropecuárias. Brasília, 2007. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/> >. Acesso em: 10 fev. 2007.

COMSTOCK, R. E.; MOLL, R. H. Genotype – environment interactions. In: HANSON, W. D.; ROBINSON, H. F. (Ed.). **Statistical genetics and plant breeding**. Washington, D.C.: National Academy Science Natural Research. p.164-196. 1963 (Publication, 982).

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: Versão Windows – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Viçosa: UFV. 2001.

DIAS, C. T. S. **Método para escolha de componentes em modelo de efeito principal aditivo e interação multiplicativa (AMMI)**. 2005. 73 f. Tese (Livre-docência) – Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

DINIZ, R. M. G. **Comportamento de cultivares de soja em São Gotardo, Uberaba e Uberlândia**. 2004. 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

DUARTE, J. B.; VENCOSKY, R. **Interação Genótipo x Ambiente**: uma introdução a análise “AMMI”. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Série Monografias).

EBDON, J. S.; H. G. GAUCH Jr. Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Analysis of National Turfgrass Performance Trials: II. Cultivar Recommendations. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 497-506, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2005. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 239 p. (Sistemas de Produção, 6).

FERREIRA, D. F. **Programa Estabilidade**. 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/dff02.htm>>. Acesso em: 05 jan. de 2007.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada a agronomia**. Maceió: Edufal, 1996. 606 p.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 5, p. 591-598, maio 2003.

GAUCH, H. G. Statistical Analysis of regional Yield trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Netherlands: **Elsevier Science Publishers**, 1992. 277 p.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. (Ed.). **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, 1996. v. 4, p. 85-122.

HASSE, G. **O Brasil da soja**: abrindo fronteiras, semeando cidades. Porto Alegre: L&PM, 1996. 256 p.

HYMOWITZ, T.; SINGH, R. J.; KOLLIPARA, K. P. Biosystematics of the genus Glycine, 1996. **Soybean Genetics Newsletter**, Missouri, v. 24, p. 119-120, 1997.

LAVORANTI, O. J. **Modelagem AMMI para estudos de interação em modelos estatísticos de efeitos fixos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 7 p. (Comunicado Técnico, 124).

LAWRENCE, W. J. C. **Melhoramento genético vegetal**. Tradução: Antônio Salatino. São Paulo: EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, 75 p. 1980.

MAIA, M. C. C. et al. AMMI-*BOOTSTRAP* no estudo da interação genótipos por ambientes em soja. **Revista Matemática Estatística**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 7-24, 2006.

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

MURAKAMI, D. M. **Novas metodologias de análise de interação genótipos x ambientes**: análise combinada de estratificação. Adaptabilidade e estabilidade e análise de representação ambiental. 2001. 153f. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA NETO, J. O. **Adaptabilidade e Estabilidade de genótipos de soja em Minas Gerais e Goiás**. 2004. 82f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

OLIVEIRA, A. M. S. **Estabilidade fenotípica de 28 cultivares de soja em solos sob cerrado no Brasil Central**. 2002. 90f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

OLIVEIRA, A. M. S.; HAMAWAKI, O. T.; OLIVEIRA NETO, J. O.; PENNA, J. C. V.; JULLIATTI, F. C.; SOUZA, S. A. Estabilidade fenotípica de cultivares de soja do Brasil Central. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 9-19, 2004.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B.; CHAVES, L. J.; COUTO, M. A. Environmental and genotypic factors associated with genotype by environment interactions in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 6, p.79-86, 2006.

PACHECO, R. M. et al. Zoneamento e adaptação produtiva de genótipos de soja de ciclo médio de maturação para Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 23-27, 2003 – 23

PACHECO, R. M.; DUARTE, J. B. VENCOVSKY, R.; PINHEIRO, J. B.; OLIVEIRA, A. B. Use of supplementary genotypes in AMMI analysis. **Theor Appl Genet**, Berlin, v. 110, p. 812-818, 2005.

POLIZEL, A. C. **Quantificação de doenças foliares da soja por escalas diagramáticas e reação de genótipos**. 2004. 170f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

PRADO, E. E.; HIROMOTO, D. M.; GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; RAMALHO, A. R. 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, 2001.

PRIMOMO, V.S.; FALK, D.E.; ABLETT, G.R.; TANNER, J.W.; RAJCAN, I. Genotype x environment interactions, stability, and agronomic performance of soybean with altered acid profiles. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 37-44, 2002.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

RAO, M. S. S.; MULLINIX, B. G.; RANGAPPA, M.; CEBERT, E.; BHAGSARI, A. S.; SAPRA.; V. T.; JOSHI, J. M.; PADSON, R. B. Genotype x environment interactions and yield stability of food-grade soybean genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 72-80, 2002.

ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 184f. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) – Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiro”/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROCHA, M.M.; VELLO, N.A. Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 69-81, 1999.

RONZELLI Jr, P. **Melhoramento genético de plantas**. Curitiba: P. Ronzelli Jr., 1996.

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. 2001. 80f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiro”/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento as Soja. In: BOREM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 488-533.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja**. Viçosa: UFV, 1993. (Apostila).

SOUZA, A. A. de. et al. Estabilidade e adaptabilidade do algodoeiro herbáceo no Cerrado do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 7, p. 1125-1131, jul. 2006.

TOLEDO, J. F. F.; ARIAS, C. A. A.; OLIVEIRA, M. F.; TRILLER, C.; MIRANDA, Z. F. S. Genetical and environmental analyses of yield in six biparental soybean crosses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1783-1796, 2000.

Van RAAMSDONK, L. W. D. The cytological and Genetical mechanisms of plant domestication exemplified by four crop models. **The Botanical Review**, New York, v. 61, n. 4, p. 367-399, 1995.

VARGAS, S. M.; CROSSA J.; EEUWIJ, K. F.; SAYRE, K. D.; REYNOLDS, M. P. Interpreting treatment x environment interaction in agronomy trials. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 949-960, 2001.

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

VICENTE, D.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A. Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá. v.26, n. 3, p. 301-307, 2004.

WRICKE, G.; WEBER, E.W. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Berlin: Walter de Gruyter, 1986.