



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**KADSON EMMANUEL FRUTUOSO SILVA**

**METODOLOGIAS PARAMÉTRICAS E NÃO - PARAMÉTRICAS NA INFERÊNCIA  
DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA**

**FORTALEZA**  
**2015**

KADSON EMMANUEL FRUTUOSO SILVA

METODOLOGIAS PARAMÉTRICAS E NÃO - PARAMÉTRICAS NA INFERÊNCIA DA  
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia/Fitotecnia, do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para obtenção do título  
de Mestre.

Área de concentração: Genética e  
Melhoramento de Plantas.

Orientador: Prof. D.Sc. Júlio César do Vale  
Silva.

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

S58m Silva, Kadson Emmanuel Frutuoso.  
Metodologias paramétricas e não-paramétricas na inferência da adaptabilidade e estabilidade  
de linhagens de soja / Kadson Emmanuel Frutuoso. – 2015.  
75 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,  
Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza,  
2015.

Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.  
Orientação: Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva.

1. Soja. 2. Soja - Melhoramento genético. 3. Grãos - Produtividade. I. Título.

---

CDD 632

KADSON EMMANUEL FRUTUOSO SIVA

METODOLOGIAS PARAMÉTRICAS E NÃO - PARAMÉTRICAS NA INFERÊNCIA DA  
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia/Fitotecnia, do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para obtenção do título  
de Mestre.

Área de concentração: Genética e  
Melhoramento de Plantas.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. D.Sc. Júlio César do Vale Silva (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Profa. D.Sc. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini (Conselheira)

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Pesq. D.Sc. Lucas Silvério (Conselheiro)

Centro Educacional Integrado - CEI

À Deus, a Emanuel por guiar-me e auxiliar-me  
no bem comum.

Aos meus pais Lúcia Frutuoso e Francisco  
Sobrinho, a minha irmã Karidja Frutuoso, pelo  
apoio, dedicação e paciência.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Desejo aqui expressar a minha mais profunda gratidão àqueles que são indispensáveis ao equilíbrio vital diário, onde me ensinaram que nem sempre as nossas escolhas são as que nos fazem felizes, mas que às vezes é necessário enfrentar caminhos tortuosos para que possamos lembrar-nos dos caminhos suaves. À Deus, aos meus pais Lúcia Frutuoso e Francisco Sobrinho e minha irmã Karidja Frutuoso.

Cabe ressaltar, a extensa admiração pelo professor Júlio César do Vale Silva, que com infinável paciência me orientou durante esses dois anos, bem como pelos incentivos para que eu pudesse seguir na carreira acadêmica.

Ao Centro Educacional Integrado, na pessoa do pesquisador Lucas Silvério pelo apoio, e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos na realização deste trabalho.

À Professora Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini, pela atenção e contribuição para melhoria da qualidade deste trabalho.

Um irmão pode não ser um amigo, mas um amigo será sempre um irmão. Agradeço aos meus amigos Andresa Costa, Maryjane Diniz, Wanderson Salomão, Susana Conceição que se mostraram dedicados me emprestando os ouvidos nos momentos de aflição.

Aos componentes do grupo de pesquisa em Melhoramento de Plantas da UFC, Tamires Silva, Renata Matos, Leane Fialho, Fernanda Helena, Ingrid Machado, Antônio Moreira e Marcelo Pinheiro.

Aos Colegas do Programa de Pós-graduação em Agronomia, em especial a Cristiane Ramos, Paulo Victor Cassiano, Liliane dos Santos e Lilian dos Santos.

Ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Agronomia pelo conhecimento e aprendizagem adquirida.

## RESUMO

A soja é uma cultura bastante importante no cenário agrícola atual. O objetivo de muitos programas de melhoramento de plantas é a recomendação de genótipos com um desempenho satisfatório em produtividade e estabilidade em diferentes condições ambientais. Existe mais de uma dezena de métodos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos que podem ser empregados na tentativa de fornecer informações mais detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Baseado nisto, objetivou-se analisar a adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja por métodos paramétricos e não-paramétricos. Foram utilizados os dados de produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 24 linhagens de soja (linhagens em fase final) avaliadas em 17 ambientes dos estados do Paraná e São Paulo. Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos casualizados, com três repetições no ano agrícola 2012/13. A maior produtividade isolada foi apresentada pela linhagem 5691 ( $5799 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a menor pela linhagem 7422 ( $505 \text{ kg ha}^{-1}$ ). As linhagens 6903, 7650 e 7651 apresentaram produtividade superior a media geral para a maioria dos ambientes. Foi verificado que houve coincidência nos resultados entre as metodologias de Eberhart e Russell (1966), Annicchiarico (1992), Cruz *et al.*, (1989), Lin e Binns (1988) e o método da análise visual, classificando o genótipo 6309 com ampla adaptabilidade e alta estabilidade. O método de Centroide classificou com exceção as linhagens 5705 e 6903 com adaptabilidade media geral. Todavia, os métodos de Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990) classificaram como melhores genótipos as linhagens 5745, 7650 e 7651 esta apresentando alta estabilidade e produtividade moderada.

**Palavras-chave:** *Glycine Max*. Indicação de cultivares. Produtividade de grãos.

## ABSTRACT

Soybeans are a very important crop in the current agricultural setting. The goal of many plant breeding programs is the recommendation of genotypes with satisfactory performance in productivity and stability in different ambient conditions. There are more than a dozen methods adaptability and stability of genotypes that can be employed in an attempt to provide more detailed information on the behavior of each front genotype to environmental variations. Based on this, the objective was to analyze the adaptability and stability of soybean lines by parametric and non-parametric methods. The productivity data were used ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) of 24 soybean lines (lines in the final phase) evaluated in 17 environments in the states of Paraná and São Paulo. The experiments were conducted in a randomized block design with three replications in the agricultural year 2012/13. The single largest productivity was presented lineage 5691 ( $5799 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the lowest by line 7422 ( $505 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The inbred lines 6903, 7650 and 7651 showed higher productivity overall average for most environments. It was found that there was agreement in results between the methodologies Eberhart and Russell (1966), Annicchiarico (1992), Cruz et al., (1989), Lin and Binns (1988) and the method of visual examination, sorting 6309 genotype wide adaptability and high stability. The centroid method ranked except the inbred lines 5705 and 6903 with average general adaptability. However, the methods of Huenh (1990) and Fox et al. (1990) classified it as best genotype es inbred lines 5745, 7650 and 7651 is introducing high stability and moderate productivity.

**Keywords:** *Glycine Max*. Indication cultivars. Grain productivity.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Método da análise visual com o desempenho de cada uma das 24 linhagens de soja avaliadas em 17ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

65

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 -	Produtividade média, Altura da planta, Ciclo e hábito de crescimento de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	30
Tabela 2 -	Altitude, latitude, longitude de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	30
Tabela 3 -	Produtividade média de grãos em cada localidade (em kg ha <sup>-1</sup> ), variância residual, coeficiente de variação experimental (CV <sub>e</sub> em %) e coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ em %) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	37
Tabela 4 -	Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (em kg ha <sup>-1</sup> ) e alguns parâmetros genéticos e estatísticos de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra 2012/13.	38
Tabela 5 -	Médias de produtividades de grãos (em kg ha <sup>-1</sup> ) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra2012/13.	40
Tabela 6 -	Produtividade média (kg ha <sup>-1</sup> ), e principais parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, estimados pelas metodologias de Annicchiarico (1992), Eberhart e Russel (1966) e Cruz, Torres e Vencovsky (1989) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra2012/13.	44
Tabela 7 -	Classificação dos genótipos em um dos sete grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação.	45

Tabela 8 -	Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica dos componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes, de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra 2012/13.	46
Tabela 9 -	Produtividade média, Altura da planta, Ciclo e hábito de crescimento de 24 linhagens de soja realizado em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	53
Tabela 10 -	Altitude, latitude, longitude de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	54
Tabela 11 -	Médias de produtividades de grãos (em kg ha <sup>-1</sup> ) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	58
Tabela 12 -	Produtividade média de grãos (em kg ha <sup>-1</sup> ), índice ambiental, produtividade máxima e mínima obtida de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	59
Tabela 13 -	Principais parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, estimados pela metodologia de Lin e Binns (1988) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	60
Tabela 14 -	Combinação das metodologias de Huenh (1990) e Fox <i>et al.</i> (1990) na estabilidade de 24 linhagens de soja avaliadas em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.	62

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODOS PARAMÉTRICOS PARA DETERMINAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>MÉTODOS NÃO-PARAMÉTRICOS PARA DETERMINAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine Max L.*) é uma espécie amplamente difundida e cultivada em diversas partes do mundo. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor desta leguminosae colheu cerca de 86 milhões de toneladas na safra de 2013/14 (CONAB, 2015). Grande parte do volume de produção se concentra nos estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná, que encabeçam a lista dos principais produtores nacionais. Ademais, a demanda pelos grãos dessa cultura aumenta a cada ano, devido às diversas possibilidades de utilização, como ração animal, consumo *in natura*, produção de biodiesel, fins medicinais e estéticos entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2012; ROMANATO, 2013). Em razão disto, uma fatia considerável do PIB do nosso país, se deve a exportação dos grãos de soja a diversos países.

Segundo o IBGE, no ano de 2014 o setor agrícola apresentou uma expansão de 1,8%, o qual decorreu do desempenho de várias culturas, que registraram crescimento de produção, como a soja, com aumento de 5,8%. O ano agrícola 2014/15 indica uma produção de 93,26 milhões de toneladas, um aumento de 8,3% no volume produzido quando comparando ao ano agrícola 2013/14, passando a ser o maior ano agrícola cultivado com soja no país. Se estimar que o estado do Paraná produzirá 14.725,6 mil toneladas, perfazendo 18,02% da produção do país (CONAB, 2015).

Com a expansão desta cultura, foram desenvolvidos muitos genótipos, que apresentam bom desempenho agronômico. Apesar dos significativos ganhos genéticos obtidos na seleção de caracteres de interesse econômico, as expectativas de progresso genético e obtenção de indivíduos superiores ainda permanecem. A seleção de genótipos para alta produtividade de grãos e adaptação a diferentes ambientes estão entre os principais objetivos dos programas de melhoramento de soja (SEDIYAMA *et al.*, 2005).

Quando genótipos apresentam desempenho diferenciado ao longo de condições ambientais diversas, diz-se que há interação genótipos por ambientes. Esta constitui um dos maiores problemas em programas de melhoramento de qualquer cultura, tanto na fase de seleção quanto na recomendação. Desta forma, a identificação de genótipos que apresentam alta adaptabilidade e estabilidade fenotípica é uma das alternativas utilizadas para diminuir o efeito desta interação (EBERHART; RUSSELL, 1966; GONÇALVES *et al.*, 2007).

Nas etapas intermediárias dos programas de melhoramento, o efeito da interação G x A, pode influenciar as estimativas de variância genética, levando a ganhos genéticos superestimados. Isso porque, a avaliação de populações segregantes ocorre normalmente em ambiente. Já nas etapas finais, os ensaios são conduzidos em vários ambientes, o que possibilita o isolamento da interação G x A. Desta forma, busca-se maximizar o efeito desta interação para que os genótipos aumentem a expressão daqueles caracteres desejáveis. Assim, análises de adaptabilidade e estabilidade fornecem informações mais detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais em condições específicas ou amplas (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Existem vários métodos destinados à análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, dentre esses àqueles baseados em regressão linear simples (EBERHART; RUSSEL, 1966) e múltipla (CRUZ *et al.*, 1989); regressão quadrática(BRASIL; CHAVES, 1994); modelos não lineares (TOLER; BURROWS, 1998; ROSSE ;VENCOVSKY, 2000) e não paramétricos, como a ordem de classificação genotípica (HÜEHN, 1990); métodos multivariados como o Centroide (ROCHA *et al.*, 2005) e o método da análise visual. Obviamente, estas metodologias são fundamentadas na existência de interações e distinguem-se nos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados. Em geral, as mais empregadas são aqueles embasadas nas regressões linear simples e múltipla (CRUZ *et al.*, 1989), bem como o método não- paramétricos, em virtude da facilidade na estimação e interpretação dos resultados. Portanto, na recomendação de cultivares estas análises se fazem necessárias na obtenção de informações detalhadas sobre cada genótipo frente às variações ambientais. Diante do exposto, objetivou-se inferir acerca da adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### A cultura da Soja

#### *Origem, classificação e evolução de cultivo*

A soja é uma cultura anual de autopolinização, que pertence à família Fabaceae, gênero *Glycine*, subgênero Soja e espécie *Glycine Max* (L.) Merrill (HYMOWITZ, 1970). Descoberta na China aproximadamente há 5000 anos, seus grãos logo passaram a ser considerado alimento benéfico ao organismo humano. Embora seja conhecida e consumida pela civilização oriental por milhares de anos, só foi introduzida na Europa no final do século XV, nos jardins botânicos da Inglaterra, França e Alemanha. Nas Américas a introdução deu-se no século XVII nos Estados Unidos, com o cultivo para forragem (EMBRAPA, 2012).

Na segunda metade do século XX, o teor de óleo e proteína passou a ser percebido, fazendo com que houvesse o interesse das indústrias (EMBRAPA, 2012). Hoje, já se conhece seus componentes dos quais se destacam as proteínas, lipídeos, fibras e algumas vitaminas e minerais. Seus grãos são largamente utilizados para deles se extrair farelo e óleos vegetais.

No Brasil, o primeiro relato de cultivo foi em 1882 na Bahia, em estudos de avaliação de cultivares realizados por Gustavo Dutra, professor da Escola de Agronomia da Bahia (SEDIYAMA *et al.*, 2005). Contudo, a soja não se adaptou bem em razão das condições edafoclimáticas, principalmente devido à sensibilidade ao fotoperíodo (dias longos). Novos genótipos foram levados a Campinas no estado de São Paulo e, posteriormente para o Rio Grande do Sul, onde apresentaram melhor adaptação (VERNETTI, 1983). Muito provavelmente pela maior similaridade climática deste estado com a região originária da cultura.

Os primeiros cultivares desenvolvidos para a região Central, Norte e Nordeste do país só foi possível após a identificação de um gene que condiciona o período juvenil longo. O genótipo PI240664, é portador deste gene e, em razão disto, foi um dos genitores mais usados para iniciar a base genética nos cruzamentos (PALUDZYSZYN FILHO *et at.*, 1993). Com isto, foi possível a exploração comercial da cultura em diversas regiões do país.

### ***Importância econômica***

A soja é considerada, mundialmente, a principal fonte de produção de óleos e proteínas vegetais para alimentação humana e animal, e constitui atualmente, um dos produtos de maior importância na economia brasileira, ocupando lugar de destaque na oferta de óleo para consumo interno, e na alimentação animal como principal fonte protéica, bem como, na pauta de exportação do país (SEDIYAMA et al., 1993). Sementes de variedades cultivadas de soja contêm cerca de 40% de proteína e 20% de óleo com base na matéria seca (MORAIS *et al.*, 2008). Dada a sua importância e intensa atividade, as exportações do complexo da soja(grão, farelo e óleo) cresceram a cada ano.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, onde colheu cerca de 86 milhões de toneladas na safra de 2013/14 (CONAB, 2015). Grande parte desta produção foi destinada a exportação para diversos países, sendo a China o principal importador desta cultura, onde, absorveu 59% das exportações do complexo de soja do Brasil (ABIOVE, 2015). Nesta safra, o setor agrícola apresentou uma expansão de 1,8%, o qual decorreu do desempenho positivo de diversas culturas agrícolas, dos quais se destacou a soja com um aumento de 5,8% na produção quando comparado à safra anterior (IBGE, 2014). Estima-se que para o ano agrícola 2014/2015 ocorra um aumento de 8,3% no volume produzido quando comparando ao ano agrícola 2013/14, passando a ser o maior ano agrícola cultivado com soja no país (CONAB, 2015).

A região Sul destaca-se como a segunda maior produtora de soja do país, ficando atrás da região Centro Oeste. Na safra de 2014/2015, espera-se que a região produzirá 33,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 35,2% do total produzido no país.O estado do Paraná é o principal produtor de soja da região Sul, o qual se estima que produzirá 17.123,5 mil toneladas, perfazendo 17,8 % da produção do país(CONAB, 2015).

A soja e seus derivados, dos quais se destacam o farelo e óleo, é denominado complexo da soja. O principal destino deste complexo é a exportação. No Brasil, a safra de 2013/2014 rendeu uma exportação do complexo de soja de aproximadamente 45,7 milhões de toneladas de grãos, 13,7 milhões de toneladas de farelo e 1,3 milhões de óleo(ABIOVE, 2015).

## **Interação genótipos por ambientes**

Hoje, o cultivo da soja estende-se por várias regiões do Brasil, onde encontra considerável diversidade de ambientes. Como em outras espécies, as diferenças entre genótipos não são constantes sobre uma larga gama de ambientes. Por isto, é necessária a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições amplas ou específicas (CRUZ *et al.*, 2012).

A resposta diferenciada dos genótipos nos vários ambientes é conhecida como interação genótipos por ambientes (GxA). Esta interação é um fenômeno natural que faz parte da evolução das espécies. Seus efeitos permitem o aparecimento de genótipos estáveis ou aptos a um ambiente específico, como também apto a vários ambientes (LAVORANTI, 2003).

Robertson (1959) classificou a interação G x A em dois tipos: simples e complexa. A interação simples também denominada de quantitativa ocorre devido à diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, sendo que a posição relativa dos genótipos se mantém inalterada (não causa mudanças na classificação dos genótipos entre ambientes). Para o melhorista, esse tipo de interação não ocasiona problemas, isto porque, os melhores genótipos em um ambiente também o são em outros. Dessa forma, a interação simples é caracterizada pela presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes; ou seja, a recomendação de cultivares pode ser realizada de forma generalizada.

Por outro lado, a interação complexa, também chamada de qualitativa, é proporcionada pela ausência de correlação entre os desempenhos dos genótipos nos ambientes avaliados. Neste sentido, este tipo de interação proporciona uma alteração na classificação dos genótipos entre os vários ambientes (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Isto significa dizer que aqueles genótipos que tiveram um ótimo desempenho em um ambiente podem não ter em outro, o que a caracteriza por apresentar genótipos adaptados a ambientes particulares, cuja recomendação é restrita a ambientes específicos (RAMALHO *et al.*, 1993). Portanto, sua presença impossibilita a recomendação de cultivares de ampla adaptabilidade e devido sua importância, é fundamental o melhorista quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento e fornecer subsídios que possibilitem adotar procedimentos para sua minimização e, ou, seu aproveitamento (CRUZ *et al.*, 2012).

O estudo da interação GxA permite esclarecer os motivos que levam um determinado genótipo apresentar superioridade em um ambiente, mas que não se verifica em outros ambientes. O que facilita a recomendação de genótipos com adaptação ampla a vários ambientes. No sentido biométrico decorre da impossibilidade de interpretar, de forma completamente aditiva, os efeitos de genótipos e ambientes (KANG; MAGARI, 1996). Por outro lado, se não houvesse a interação GxA, um genótipo iria se adaptar à maioria dos ambientes, de forma que um único experimento seria necessário para conclusão dos resultados. Tal fato justifica a exploração vantajosa dos efeitos desta interação pelos melhoristas, no sentido de maximizar o desempenho dos genótipos na fase final de programas de melhoramento (GAUCH; ZOBEL, 1996). Logo, é possível a recomendação para ambientes específicos.

As variações fenotípicas dos caracteres quantitativos, como produção de grãos, são resultantes da ação conjunta do genótipo, do ambiente e da interação envolvendo ambos os fatores. Assim, refletem diferenças de sensibilidade dos genótipos às variações ambientais e afetam o seu comportamento (ALLARD, 1971). Neste sentido, na ausência da interação G x A, a recomendação de cultivares geralmente é feita com base na média de produtividade dos genótipos ao longo dos vários ambientes estudados. Nestas condições, esta prática se mostra eficiente. Entretanto, na presença desta interação e, se a mesma for predominantemente complexa, este procedimento pode ser totalmente ineficaz. Assim, metodologias para inferência da adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos devem ser empregadas para descrever o perfil de resposta de cada cultivar frente à variação ambiental (CRUZ, 2006; YAN *et al.*, 2007).

### **Adaptabilidade e Estabilidade**

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), adaptabilidade e estabilidade, embora sejam fenômenos relacionados, não devem ser considerados como um só. A adaptabilidade refere-se à capacidade potencial dos genótipos aproveitarem vantajosamente as variações ambientais. A eficiência de adaptação depende de uma série de influências bióticas e de interações edafoclimáticas (LOPEZ; FORNÉS, 1997). Por outro lado, a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem um comportamento altamente previsível frente às variações ambientais (CRUZ *et al.*, 2012).

Há vários métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade destinada à avaliação de um grupo de genótipos testados numa série de ambientes. Esses métodos são fundamentados na existência de interações e distinguem-se pelos conceitos de estabilidade e princípios estatísticos empregados. A escolha do método depende dos dados experimentais, do número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (CRUZ et al., 2012).

Os métodos propostos disponíveis para estudar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, baseiam-se na variância da interação G x A (método tradicional), regressão linear simples (EBERHART; RUSSELL, 1966), regressão linear bisegmentada (CRUZ et al., 1989), regressão quadrática (BRASIL; CHAVES, 1994), modelos não lineares (CHAVES et al., 1989), métodos não-paramétricos (HÜEHN; FOX 1990), métodos multivariados, como a análise de componentes principais (ACP), análise de agrupamentos, análise fatorial de correspondência e análise de coordenadas principais, métodos que integram a análise comum de variância (método univariado) com a análise de componentes principais (método multivariado), como é o caso da análise AMMI (ROCHA, 2002).

### **Métodos paramétricos**

Os métodos paramétricos distinguem-se dos não-paramétricos por diversos fatores. Dentre eles, o número mínimo de ambientes para análise, e o maior número de parâmetros que devem ser simultaneamente avaliados para a recomendação. Havendo também um problema de ordem estatística: a existência de dependência entre o índice ambiental utilizado na classificação dos ambientes e a produtividade média da cultivar (CRUZ et al., 1989).

Eberhart e Russel (1966) propuseram um método que se baseia na análise de regressão linear e mede a resposta de cada genótipo às variações ambientais. Médias, coeficientes de regressão e desvios em relação à reta ajustada são utilizados como estimativas da adaptabilidade e estabilidade. Há ainda a possibilidade de ser utilizado o coeficiente de determinação da reta como medida auxiliar na análise do material genético estudado. A adaptabilidade é analisada com base na média de produção e no coeficiente de regressão, enquanto que a estabilidade por meio do desvio da reta ajustada. Segundo os autores, o genótipo ideal é aquele que apresenta alta produtividade, coeficiente de regressão linear próximo da unidade e desvio de linearidade próximo de zero.

No método proposto por Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à medida de cada ambiente. Este método baseia-se na estimativa de um índice de confiança (ou índice de recomendação) de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior (CRUZ;CARNEIRO, 2006). Assim, o desempenho do genótipo e sua estabilidade são determinados nesta metodologia com base num índice de confiança, de forma que os maiores índices são obtidos por genótipos que apresentarem uma maior media percentual ( $Z_i$ ) e menor desvio ( $\hat{\sigma}_{zi}$ ).

O método Centróide proposto por Rocha *et al.* (2005) consiste em empregar a metodologia dos componentes principais para representar a informação do desempenho diferencial dos genótipos diante das alterações ambientais. A metodologia baseia-se na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referenciais ideais (ideótipos). Os ideótipos são criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

O método de Cruzet *al.* (1989), por sua vez, é baseado em análise de regressão bisegmentada linear e utiliza uma variável indexadora para avaliar o desempenho das linhagens de forma diferenciada em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Os parâmetros de adaptabilidade são, a média ( $\hat{\beta}_{0i}$ ), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ( $\hat{\beta}_{1i}$ ) e aos ambientes favoráveis ( $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ ). A estabilidade dos genótipos é avaliada pelo desvio da regressão ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) e/ou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de cada genótipo, em função à variação de ambiente.

### **Métodos não-paramétricos**

Os métodos não-paramétricos são modelos simples, que se baseiam apenas em um único parâmetro e são bastante empregados, devido a sua simplicidade e facilidade na estimativa e interpretação dos resultados. Além disso, estes métodos permitem expressar, em poucas medidas, o desempenho e comportamento de um genótipo em termos de produtividade, capacidade de resposta a variações ambientais e suas flutuações (CRUZ *et al.*, 2012).

Os métodos não-paramétricos apresentam grandes vantagens em relação aos paramétricos, tais como, possibilidade de verificar e eliminar a tendenciosidade causada por pontos fora da equação de regressão ajustada; a não necessidade de assumir qualquer hipótese sobre as distribuições de valores fenotípicos; as médias estimadas com base nas classificações são de fácil uso e interpretação; a retirada ou adição de um ou poucos genótipos, pois não causará grandes variações nas estimativas (HÜEHN, 1990).

Hüehn (1990) apresentou a medida mais simples de estabilidade no campo não-paramétrico, a qual se baseia na variância dos postos para um determinado genótipo, ao longo de todos os ambientes. Nesta metodologia, os genótipos que apresentam as menores variâncias nos postos são considerados os mais estáveis. Fox *et al.* (1990) propuseram uma estratificação destes postos para a definição de estabilidade de determinado genótipo. Esses autores sugeriram, de maneira intuitiva, que os genótipos cujas produções ocupassem consistentemente o terço superior dos postos (menores valores = maiores produções) seriam estáveis e teriam características favoráveis à seleção, ao passo que aquelas que ocupassem o terço inferior dos postos (maiores valores = menores produções) seriam igualmente estáveis, mas não seriam selecionáveis, devido à baixa produção.

Lin e Binns (1988) definiram o parâmetro  $P_i$  como sendo a medida de estabilidade de um genótipo. Esse parâmetro é obtido pelo quadrado médio da distância entre a resposta de um determinado genótipo em relação à resposta daquele genótipo que apresenta produtividade máxima, entre todos os avaliados num determinado ambiente. Quanto menor a distância entre a resposta do genótipo e a produtividade máxima, ou seja, quanto menor o  $P_i$ , mais estável é o genótipo. Uma das vantagens dessa metodologia é a associação da estabilidade com adaptabilidade. Assim, o ideal é selecionar genótipos com média de produtividade elevada, com adaptabilidade ampla que, por consequência, terá boa estabilidade produtiva.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS/ABIOVE. **Complexo Soja-Balanço Oferta/Demanda.** Disponivel em: <<http://www.abiove.com.br>> Acesso em: Julho de 2015.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**.v.4, n.5, p. 503-508, 1964.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafathials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**.v.46, n.1, p. 269-278, 1992.

BRASIL, E. M.; CHAVES, L. J. Utilizacion de un modelo cuadratico para elstudio de larespuesta de cultivares a lavariacion ambiental. In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE GENÉTICA, 11., Monterrey, 1994 Memorias. Monterrey: **Asociacion latonoamericana de genetica**, 1994. p. 616.

CHAVES, L. J; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I. O. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, 2.2, p.259-268, 1989.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/CONAB. Estudos de prospecção de mercado safra 2014/15. Brasília: CONAB, março de 2015, 150p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 5de abril. 2015.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa-MG, 2006, 585p.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: UFV, v.1, 2012. 514p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**. v.12, n.3, p. 567-580, 1989.

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

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

FOX PN, SKOVMAND B, THOMPSON BK, BRAUN HJ, CORMIER R. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. **Euphytica**.v.47 p. 57-64, 1990.

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, Cap.4, p.85-122, 1996.

GONÇALVES, E. C. P.; DI MAURO, A. O.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja conduzidos em duas épocas de semeadura, na região de Jaboticabal – SP. **Científica**.v.35, n.1, p.61 - 70, 2007.

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

HYMOWITZ, T. On the domestication of the Soybean. **Economic Botany**.v.24, n.4, p.408-421, 1970.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/IBGE. **Produção Agrícola 2014**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: Junho de 2015.

KANG, M.S.; MAGARI, R. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G., (ed.). Genotype by environment interaction. Boca Raton: CRC Press, Cap.1, p.1-14, 1996.

LAVORANTI, O.J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MORAES, R. M. A. de; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.725-729, 2006.

LÓPEZ, C.R.; FORNÉS, L.F. Estabilidade genética em progêneres de *Eucalyptus grandis* (Hill) exMaiden. In: IUFRO CONFERENCE ON SULVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. v.1, p.163-168.

OLIVEIRA, L.G.; HAMAWAKI, O. T.; SIMON, G. A. L. B. de S.; NOGUEIRA, A. P. O.; REZENDE, D. F.; HAMAWAKI, C. D.L.; adaptabilidade e estabilidade da produtividade de soja em duas regiões sojícolas. **Bioscience Journal**.v.28, n.6, p.852-61,2012.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; KIIHL, R.A. de S.; ALMEIDA, L.A. Desenvolvimento de cultivares de soja na Região Norte e Nordeste do Brasil. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafo, 1993. p.255-266.

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

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, n.3 p.255-266, 2005.

ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 174 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

ROMANATO, F. N. **Correlações fenotípicas e genotípicas, adaptabilidade e estabilidade em genótipos de soja.** 2013. 60f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.

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

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da Soja**, Parte I. Viçosa: UFV, 1993. 97p

TOLER, J. E.; BURROWS, P. M. Genotypic performance over environmental arrays : a mon-linear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, v. 25, n.1, p. 161-143, 1998.

YAN, W.; KANG, M.S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P.L. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, v.47, n.2, p.643-653, 2007.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 416p.

VERNETTI, F. J. Genética da soja: caracteres qualitativos. In: VERNETTI, F. J (Org.). **Soja**. Campinas: Fundação Cargill, v.2, cap. 7, p. 466-724, 1983.

### **3 MÉTODOS PARAMÉTRICOS PARA DETERMINAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA**

#### **Resumo**

Estudos de adaptabilidade e estabilidade são de grande importância para os programas de melhoramento de plantas, sendo possível a identificação de cultivares com comportamento previsível frente às variações ambientais. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de linhagens de soja por métodos paramétricos. Para isto, foram usados os dados de produtividades de grãos de 24 linhagens de soja em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo. Os ensaios foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados, com três repetições, no ano agrícola 2012/13. As metodologias empregadas foram as propostas por Annichiarico (1992), Eberhart e Russel (1966), Cruzet *et al.* (1989) e do Centroide (ROCHA *et al.*, 2005). As médias de produtividade de grãos variaram de 1670 kg ha<sup>-1</sup> – Terra Boa/PR a 4948 kg ha<sup>-1</sup> – Record/PR. O ambiente Record proporcionou a todas as linhagens elevada produtividade de grãos. A maior produtividade isolada foi obtida pela linhagem 5691 (5799 kg ha<sup>-1</sup>). A linhagem 6903 foi classificada como genótipo ideal com adaptabilidade a ambientes favoráveis e desfavoráveis pelas metodologias proposta por Annichiarico (1992), Eberhart e Russel (1966), Cruz *et al.* (1989). Já o método de Centroide (ROCHA *et al.*, 2005) classificou todas linhagens, com exceção de 5705 e 6903, com adaptabilidade media geral.

**Palavras chaves:** *Glycine Max*. Interação genótipos por ambientes. Produtividade de grãos.

#### **Abstract**

Studies of adaptability and stability are of great importance for plant breeding programs, it is possible to identify cultivars with predictable behavior in the face of environmental variations. Thus, the aim of this study was to evaluate the adaptability and phenotypic stability

of soybean lines by parametric methods. For this, we used the yield data of 24 soybean lines grain in 17 environments in the states of Paraná and São Paulo. The trials were conducted in a randomized block design with three replications, in the agricultural year 2012/13. The methodologies used were those proposed by Annichiarico (1992), Eberhart and Russell (1966), Cross et al. (1989) and the centroid (Rocha et al., 2005). The productivity averages ranged from 1670 kg ha<sup>-1</sup>-Terra Boa / PR to 4948 kg ha<sup>-1</sup> - Record / PR. The Record environment to all lineages provided high grain yield. The single largest productivity was obtained lineage 5691 (5799 kg ha<sup>-1</sup>). The Lineage 6903 was classified as ideal genotype with adaptability to favorable and unfavorable environments by the methodologies proposed by Annichiarico (1992), Eberhart and Russell (1966), Cruz et al. (1989). Since the centroid method (Rocha et al., 2005) classified with exception the lines 5705 and 6903 with average general adaptability.

**Key-words:** *Glycine Max*. Genotype by environment. Grain productivity.

## Introdução

A soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] é uma cultura bastante importante no cenário agrícola atual. É explorada em uma extensa área do País e, em razão disto, é necessário o desenvolvimento de genótipos apropriados às regiões produtivas do Brasil. Esse é o fator responsável pelo progresso da cultura, pois permite expressar as potencialidades de cada região em níveis de produção econômica de grãos (OLIVEIRA, 2014). A resposta diferenciada de materiais genéticos em diferentes ambientes evidencia o que se conhece de interação genótipos por ambientes (G x A) (CORRÊA, 2004). Fator que assume papel fundamental na manifestação fenotípica, devendo, portanto, ser estimada e considerada em programas de melhoramento genético bem como na recomendação de cultivares.

Segundo Cruz et al. (2012), existem dois tipos de interação G x A, sendo estas classificadas em simples e complexa. A interação simples é proporcionada pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes. A complexa ocorre quando denota a falta de

correlação entre as médias de um mesmo genótipo frente às variações ambientais, o que indica inconsistência na superioridade de genótipos quando cultivados em diferentes ambientes. Vencovsky e Barriga (1992) relatam que não basta apenas detectar a presença da interação, é necessário considerar a sua natureza. Para Oliveira (2014), na interação simples a recomendação de cultivares pode ser feita de forma generalizada. Todavia, quando a interação é complexa a recomendação passa a ser restrita a ambientes específicos.

O estudo da interação G x A é de grande importância ao melhoramento de plantas, porém, não fornece informações sobre o comportamento de cada genótipo quando cultivado em diferentes ambientes. Assim, fazem-se necessários estudos de adaptabilidade e estabilidade. Por meio desses, é possível identificar genótipos de ampla adaptabilidade, como também genótipos adaptados a ambientes favoráveis e desfavoráveis (CRUZ *et al.*, 2012).

Existe mais de uma dezena de métodos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos que podem ser empregados na tentativa de fornecer informações mais detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais, em condições específicas ou amplas. Os métodos paramétricos são os de maior uso, devido o numero de parâmetros avaliados, os quais tornam as análises mais confiáveis. Dentre esses, há aqueles baseados em regressão linear (EBERHART; RUSSELL, 1966) e regressão bissegmentada (CRUZ *et al.*, 1989). Todavia, existem vários métodos que não são embasados em regressão, como é o caso do método de Annicchiarico (1992) e o método do Centroide (ROCHA *et al.*, 2005). Sendo estes empregados em análises de adaptabilidade e estabilidade de diferentes culturas. Com isso, objetivou-se avaliar a adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja por meio dos métodos paramétricos supracitados.

## **Material e Métodos**

Foram utilizados dados de produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) dos ensaios de 24 linhagens elites de soja (Tabela 1), sendo duas cultivares comerciais codificadas (6903 e 7651). Estas pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético do Centro Educacional Integrado. Os ensaios foram conduzidos em condições de campo em 17 ambientes (Tabela 2), localizados no estado do Paraná e São Paulo no ano agrícola 2012/13.

**Tabela 1** – Produtividade média, altura da planta, ciclo e hábito de crescimento de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Genótipo	Produtividade média ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Altura (cm)	Ciclo	Hábito de Crescimento
596	2844	109	Tardio	Indeterminado
609	2779	110	Tardio	Indeterminado
625	2642	107	Tardio	Indeterminado
4901	3094	108	Médio	Indeterminado
5175	3219	92	Precoce	Indeterminado
5177	2875	107	Médio	Indeterminado
5467	2631	96	Médio	Indeterminado
5648	2944	100	Tardio	Indeterminado
5678	3030	96	Médio	Indeterminado
5686	2892	106	Tardio	Indeterminado
5691	2836	95	Tardio	Indeterminado
5694	2634	95	Tardio	Indeterminado
5705	2129	124	Tardio	Indeterminado
5716	2877	95	Precoce	Indeterminado
5721	2782	104	Médio	Indeterminado
5745	2705	110	Tardio	Indeterminado
5765	3040	112	Médio	Indeterminado
6903	3208	113	Médio	Indeterminado
7020	2891	110	Tardio	Indeterminado
7415	2989	95	Precoce	Indeterminado
7422	2504	96	Tardio	Indeterminado
7585	2841	99	Precoce	Indeterminado
7650	3014	102	Precoce	Indeterminado
7651	3073	92	Precoce	Indeterminado

**Tabela 2** – Altitude, latitude, longitude de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Localidade	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Arapongas-PR	816	23° 25' 08"S	51° 25'26"O
Araruna-PR	610	23° 55'55"S	52° 29'45"O
Cascavel-PR	800	24° 57' 21"S	53° 27'18"O
Catanduvas - PR	762	25° 12'10"S	53° 09'25"O
Engenheiro Beltrão-PR	520	23° 47'49"S	52° 16'08"O
Floresta-PR	392	23° 35'56"S	52° 04'51"O

Guarapuava-PR	1120	25° 23'42"S	51° 27'28"O
Iepê-SP	400	22° 39'39"S	51° 04'33"O
Integrado-PR	630	24° 02'45"S	52° 22'58"O
Kaloré-PR	520	23° 49'01"S	51° 40'04"O
Klabin-PR	851	24° 17'09"S	52° 16'33"O
Palotina-PR	335	24° 17'02"S	53° 20'24"O
Ponta Grossa-PR	975	25° 05'42"S	50° 09' 43"O
Record-PR	751	24° 17'09"S	52° 16'33"O
Sítio Casa Branca I-PR	630	24° 02'45"S	52° 22'58"O
Sítio Casa Branca II-PR	630	24° 02'45"S	52° 22'58"O
Terra Boa-PR	635	23° 46'04"S	52° 26'38"O

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos casualizados com três repetições. As parcelas foram formadas por quatro linhas de plantas com 5 m de comprimento, com fileiras espaçadas em 0,50 m. A área útil da parcela foi de 5 m<sup>2</sup>, colhendo as duas fileiras centrais.

Após terem sido verificadas as pressuposições da análise de variância, procederam-se as análises individuais e, posteriormente, a conjunta. Para esta última, avaliou-se a homogeneidade das variâncias residuais pelo teste de Hartley (1950), pela razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios. Por este procedimento, as variâncias são consideradas homogêneas quando esta relação for menor ou igual a sete (7,0).

As análises de adaptabilidade e estabilidade das linhagens foram obtidas pelos métodos de Eberhart e Russel (1966), Annicchiarico (1992), Cruzet *et al.* (1989) e Centroide (ROCHA *et al.* 2005), detalhadas a seguir:

#### ***Método de Eberhart e Russel (1966)***

O método proposto por Eberhart e Russell (1966) baseia-se numa análise de regressão linear simples, cujo efeito do ambiente é a variável independente e a produtividade média de cada genótipo, em cada ambiente, a variável dependente.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j I_j + \sigma_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que,  $\bar{Y}_{ij}$ : consiste na média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\mu$ : consiste na média do genótipo  $i$  em todos os ambientes;  $\beta_j$ : consiste no coeficiente de regressão linear, que descreve a resposta do genótipo  $i$  a todos os ambientes;  $I_j$ : consiste no índice ambiental;  $\sigma_{ij}$ : consiste no desvio de regressão do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\varepsilon_{ij}$ : consiste no erro associado à média.

O parâmetro de adaptabilidade foi estimado pela equação a seguir:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

em que,  $\bar{Y}_{ij}$ : consiste na média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $I_j$ : consiste no índice ambiental, a qual foi estimado pela equação a seguir:

$$I_j = [(Y_j / pn) - (\bar{Y} / pn)]$$

em que,  $\bar{Y}_j$ : consiste na média de todos os genótipos no ambiente  $j$ ;  $\bar{Y}$ : consiste na média geral,  $n$ : consiste no número de genótipos;  $p$ : consiste no número de ambientes.

O parâmetro de estabilidade foi estimado pela equação a seguir:

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

em que,  $\bar{Y}_{ij}$ : consiste na média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\bar{Y}_j$ : consiste na média de todos os genótipos no ambiente  $j$ ;  $I_j$ : consiste no índice ambiental;  $n$ : número de genótipos.

### ***Método proposto por Annicchiarico (1992)***

No método proposto por Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à medida de cada ambiente. Este método baseia-se na estimativa de um índice de confiança (ou índice de recomendação) de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior.

Os valores percentuais, para cada genótipo são obtidos com a seguinte equação:

$$Z_{ij} = \frac{100Y_{ij}}{\bar{Y}_j}$$

em que,  $\mathbf{Y}_{ij}$ : consiste na média do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente e  $\bar{Y}_j$ : consiste na média do  $j$ -ésimo ambiente.

A partir dos valores percentuais, obtiveram-se as medidas de adaptabilidade e estabilidade dadas por:

$$\omega_i = \hat{\mu}_i - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{zi}$$

em que,  $\omega_i$ : consiste no p índice de confiança.

Os maiores valores de ( $\omega_i$ ) foram obtidos pelos genótipos que apresentam maior média percentual ( $\hat{\mu}_i$ ) e menor desvio ( $\hat{\sigma}_{zi}$ ). Estas estatísticas foram obtidas como descrito a seguir:

Média relativa

$$\hat{\mu}_{i(g)} = \frac{\sum_{j=1}^a Z_{ij}}{a},$$

em que,  $\hat{\mu}_{i(g)}$ : consiste na média do genótipo considerando todos os ambientes;  $a$ : consiste no número de ambientes.

$$\hat{\mu}_{i(f)} = \frac{\sum_{j=1}^f Z_{ij}}{f}$$

em que,  $\hat{\mu}_{i(f)}$ : consiste na média do genótipo considerando os ambientes favoráveis;  $f$ : consiste no número de ambientes favoráveis.

$$\hat{\mu}_{i(d)} = \frac{\sum_{j=1}^d Z_{ij}}{d}$$

em que,  $\hat{\mu}_{i(d)}$ : consiste na média do genótipo considerando os ambientes desfavoráveis; d: consiste no número de ambientes desfavoráveis.

#### Desvio relativo

Os desvios foram obtidos:

$\hat{\sigma}_{zi(g)}$ : desvio padrão dos valores  $Z_{ij}$ , do  $i$ -ésimo genótipo, considerando seu comportamento em todos os ambientes;

$\hat{\sigma}_{zi(f)}$ : desvio padrão dos valores  $Z_{ij}$ , do  $i$ -ésimo genótipo, considerando seu comportamento apenas nos ambientes favoráveis;

$\hat{\sigma}_{zi(d)}$ : desvio padrão dos valores  $Z_{ij}$ , do  $i$ -ésimo genótipo, considerando seu comportamento apenas nos ambientes desfavoráveis.

#### Índice de recomendação

$\omega_{i(g)} = \hat{\mu}_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{zi(g)}$ : considerando todos os ambientes;

$\omega_{i(f)} = \hat{\mu}_{i(f)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{zi(f)}$ : considerando apenas os ambientes favoráveis;

$\omega_{i(d)} = \hat{\mu}_{i(d)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{zi(d)}$ : considerando apenas os ambientes desfavoráveis.

$Z_{(1-\alpha)}$  = percentil da função de distribuição normal padrão, para o qual função de distribuição acumulada atinge o valor  $1-\alpha$ , com nível de significância  $\alpha$  pré-fixado pelo autor em 0,25.

#### **Metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989)**

Para a análise de adaptabilidade e estabilidade pela regressão bissegmentada (CRUZ et al., 1989), adotando-se o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \delta i_j + \varepsilon_{ij}$$

em que,  $\bar{Y}_{ij}$  : consiste na média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\beta_{0i}$  : consiste na média geral do genótipo  $i$  ao longo de todos os ambientes;  $\beta_{1i}$  : consiste no coeficiente de regressão linear que da a resposta do genótipo  $i$  a variação nos ambientes desfavoráveis;  $I_j$  : consiste no índice ambiental dado por;  $\beta_{2i}$  : é o coeficiente de regressão linear que informa sobre o diferencial de resposta do genótipo  $i$  a variação dos ambientes favoráveis;  $\delta_{ij}$  : consiste no desvio de regressão do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\varepsilon_{ij}$  : consiste no erro experimental médio.

Cruz *et al.* (2004) classificaram como genótipo ideal aquele que apresenta alta produtividade (alto  $\beta_0$ ), seja pouco responsável em ambientes desfavoráveis ( $\hat{\beta}_{1i} < 1$ ), responsável a ambientes favoráveis ( $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} > 1$ ) e seja estável. O parâmetro de estabilidade é o quadrado médio dos desvios da regressão, onde os valores próximos de zero indicam genótipos estáveis (previsíveis) e, sendo significativamente diferente de zero, indicam genótipos não estáveis (não previsíveis). O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) pode ser utilizado como medida auxiliar na definição da estabilidade dos genótipos.

#### ***Método Centroide modificado por Nascimento et al. (2009)***

O método Centroide proposto por Rocha *et al.* (2005) modificado por Nascimento *et al.* (2009), baseia-se na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e sete ideótipos, criados com base nos dados experimentais.

1- Ideótipo de máxima adaptabilidade geral (ideótipo I) é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados;

2- Ideótipo de máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (ideótipo II) é aquele que apresenta máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis;

3- Ideótipo de máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (ideótipo III) é aquele que apresenta máxima resposta a ambientes desfavoráveis e mínima resposta a ambientes favoráveis;

4- Ideótipo de mínima adaptabilidade (ideótipo IV) é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados;

5- Ideótipo de média adaptabilidade geral (ideótipo V) é aquele que apresenta respostas médias em cada ambiente;

6- Ideótipo de média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (ideótipo VI) é aquele cujos valores nos ambientes favoráveis são representados pelos valores máximos e, nos desfavoráveis, pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudados;

7- Ideótipo de média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (ideótipo VII) é aquele cujos valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelas médias e, nos desfavoráveis, pelos valores máximos obtidos pelo conjunto de genótipos estudados.

Neste método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis pelo índice ambiental, proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

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

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

Uma medida de probabilidade espacial foi calculada utilizando o inverso da distância entre um tratamento aos três ideótipos.

$$Pd(i, j) = \frac{\left( \frac{1}{di} \right)}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{di}}$$

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

Todas as análises foram realizadas pelo aplicativo computacional em Genética e Estatística, GENES (CRUZ, 2013).

## **Resultados e discussões**

As médias de produtividade de grãos ao longo dos 17 ambientes, variaram de 1670 kg ha<sup>-1</sup> para Terra Boa-PR a 4948 kg ha<sup>-1</sup> para Record (Tabela 3). Esse último local juntamente com Integrado-PR, Sítio Casa Branca II-PR e Arapongas-PR, apresentaram as maiores médias. Por outro lado, Kaloré-PR, Terra Boa-PR e Catanduvas-PR apresentaram as menores médias.

**Tabela 3**–Produtividade média de grãos em cada localidade (em kg ha<sup>-1</sup>), variância residual, coeficiente de variação experimental (CV<sub>e</sub> em %) e coeficiente de determinação genotípico (H<sup>2</sup>em %) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Localidade	Produtividade média	Variância residual	Coeficiente de variação	H <sup>2</sup>
Arapongas	3381	117759	10,2	87,1
Araruna	2095	195777	21,1	45,5
Cascavel	2578	284602	20,7	51,9
Catanduvas	1813	30228	9,6	94,1
Engenheiro Beltrão	2596	271468	20,1	67,0
Floresta	2983	69070	8,8	96,0
Guarapuava	2611	164686	15,5	49,7
IEP	2301	89047	13,0	46,3
Integrado	4281	225660	11,1	79,7
Kaloré	1982	178067	21,3	61,5
Klabin	2451	189018	17,7	90,7
Palotina	3203	128759	11,2	71,1
Ponta Grossa	3139	263550	16,4	58,2
Record	4948	547583	15,0	74,0
Sítio Casa Branca I	2925	198025	15,2	36,5
Sítio Casa Branca II	3545	269833	14,7	81,1
Terra Boa	1670	93663	18,3	56,7

Os coeficientes de variação experimental apresentaram estimativas que variaram de 8,8 a 21,3%, sendo que para a grande maioria dos ambientes os mesmos contiveram em um intervalo de 10a 20%. Isto significa que grande parte da variação detectada foi devida a causas sistemáticas e, com isso, as estimativas geradas no presente estudo são de alta confiabilidade.

Numa visão geral, observam-se estimativas de coeficiente de determinação genotípico (H<sup>2</sup>)de média a elevada magnitude (>50%) em 12 ambientes. Isto indica que na maioria dos ambientes, grande parte da variação fenotípica detectada para produtividade de grãos, foi devido a diferenças genotípicas entre as linhagens. Como a produtividade de grãos é um caráter quantitativo e, dessa forma, altamente influenciado pelo ambiente, é muito provável que nesses ambientes a identificação de genótipos superiores seja mais facilitada.

Os efeitos de genótipo, ambiente e da interação G x A foram significativos ( $p<0,001$ ) pelo teste F (Tabela 4). Isto significa que há pelo menos um genótipo com média diferente de

zero, que os locais foram suficientemente contrastantes para discriminar os genótipos e que estes responderam diferentemente nos diferentes locais, respectivamente. Para Vencovsky e Barriga (1992), a presença da interação G x A dificulta a recomendação de cultivares. Isto porque nessas circunstâncias não há como fazer uma recomendação uniforme para todos os locais sem prejuízos consideráveis à produtividade. Apesar da interação G x A ser interpretada de forma negativa por alguns melhoristas, em função da complexidade na recomendação de cultivares, a mesma associada a características ambientais previsíveis representa oportunidade para elevadas produtividades. Em casos particulares, esta interação pode ser útil aos melhoristas, uma vez que, pode ser fator crucial para diferir entre bom e um excelente genótipo (GAUCH; ZOBEL, 1996). O efeito significativo de genótipo, a média magnitude observada para o coeficiente de determinação genotípico e a considerável estimativa do componente quadrático da interação G x A ( $\hat{\sigma}_{ga}^2$ ) evidenciam a necessidade de se promover análises mais refinadas para se promover uma recomendação mais eficiente.

**Tabela 4-** Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (em kg ha<sup>-1</sup>) e alguns parâmetros genéticos e estatísticos de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra 2012/13.

Fontes de variação	Graus de liberdade ajustado	Soma de quadrados	Quadrados médios	F	Pr>F
Genótipo (G)	23	66783394	2903625	3,11	0,000
Ambiente (A)	16	856139851	53508740	181,31	0,000
G x A	277	258491370	933181	3,16	0,000
Resíduo	580	171175914	295130		
$H^2 (%)$	67,9				
$\sigma_{ga}^2$	203821				
Média geral	2853				
CV <sub>e</sub> (%)	19,04				

A maior produtividade isolada foi apresentada pela linhagem 5691 ( $5799 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a menor pela linhagem 7422 ( $505 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabela 5). O ambiente Record-PR (A15) proporcionou a todas as linhagens elevada produtividades de grãos. Sendo esta, superior a média nacional ( $2857 \text{ kg ha}^{-1}$ ) obtida no ano agrícola de 2013/14 (CONAB, 2015). Portanto, observou-se que os locais avaliados exerceram influências diferenciadas sobre as linhagens, o que dificulta uma recomendação generalizada. Vale ressaltar que no ambiente Floresta-PR (A6), houve perda da linhagem 625 e, por isso, o valor está zerado na tabela.

**Tabela 5**– Médias de produtividades de grãos (em kg ha<sup>-1</sup>) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra 2012/13.

Genótipos	Ambientes*																
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
596	3708	1835	2554	1422	2833	3078	2747	2692	4234	2368	1910	3448	2576	5452	2782	3286	1422
609	3659	1997	2224	1622	2089	2982	2961	2225	4854	1772	1679	3135	3010	5255	2623	3554	1602
625	3336	2042	2064	1681	2534	0	2824	2296	4256	2037	2391	3199	3275	5047	2894	3638	1406
4901	3319	2272	2611	1835	2767	2996	2714	2541	4892	2179	3161	2903	3813	5760	2906	3895	2044
5175	3949	2923	3059	2426	2354	3654	2717	2500	4547	1365	3500	3446	3838	5366	3543	3805	1733
5177	3705	2585	2475	1833	2867	3088	2490	2497	3970	2351	2391	4198	3164	2739	3104	3597	1818
5467	2744	2181	2921	2175	2419	2968	2328	2209	2994	1360	3358	2828	3270	5091	2849	1558	1477
5648	3684	1821	3155	1572	2816	3244	2957	2312	4367	2201	2538	2298	2967	5703	2790	4279	1341
5678	3462	2227	3196	1949	2770	2933	2847	2402	4462	1980	3200	3032	3164	5737	3111	3461	1581
5686	3601	1851	2802	1856	3321	2987	3066	2266	3806	2096	2593	2966	3170	4933	2936	3400	1517
5691	3797	1903	2398	1874	2923	2670	2803	1963	2742	2348	2535	2926	3459	5799	3133	3300	1641
5694	3386	2041	1684	1431	2362	2493	2759	1615	4439	1434	2183	3452	3242	4885	2333	3592	1459
5705	1103	2104	1688	681	1737	1868	2024	1954	4501	1465	637	3208	2267	3476	2920	3133	1436
5716	3361	1078	3154	2289	2909	3451	2457	2333	3712	2070	2929	2762	3373	5233	3191	2900	1700
5721	3725	2050	2287	2106	2490	3450	2429	2280	4381	1837	1504	3690	3251	4546	2205	3810	1259
5745	3048	1986	2258	1465	2249	3074	2864	2228	4476	2178	1369	3192	2801	4488	2441	3911	1964
5765	3440	2452	2933	1771	2788	3563	2820	2495	4468	1454	2882	3193	3329	5110	3355	4037	1593
6903	3207	2476	2834	1727	3338	3316	2695	2504	5076	2800	2836	3384	3451	5092	3136	4360	2303
7020	3446	1999	2400	1140	2985	3021	2745	2269	4823	1558	2296	2944	3174	4562	3182	4618	1985
7415	3558	2146	2774	2249	2439	3872	2507	2548	3966	1795	2874	3344	3280	5590	3346	2815	1717
7422	3385	2397	1961	1743	828	2937	1575	2279	5414	2308	505	3118	1652	2854	2612	4881	2128
7585	3568	1844	2616	2450	2895	3175	2332	2018	3589	1883	3357	2941	3252	5322	3005	2651	1391
7650	3251	2153	2905	2109	2757	3573	2356	2353	4219	2340	3281	3534	3210	5252	2832	3355	1766
7651	3692	1926	2930	2107	2832	3201	2657	2442	4552	2400	2920	3740	3352	5465	2982	3251	1808

\* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre genótipos = 1710,1 kg ha<sup>-1</sup> e entre ambientes = 1640,2 kg ha<sup>-1</sup>.

Amb 1 = Arapongas, Amb 2 = Araruna, Amb 3 = Cascavel, Amb 4 = Catanduvas, Amb 5 = Engenheiro Beltrão, Amb 6 = Floresta, Amb 7 = Guarapuava, Amb 8 = IEP, Amb 9 = Integrado, Amb 10 = Kaloré, Amb 11 = Klabin, Amb 12 = Palotina, Amb 13 = Ponta Grossa, Amb 14 = Record, Amb 15 = Sítio Casa Branca I, Amb 16 = Sítio Casa Branca II, Amb 17 = Terra Boa.

O emprego do método proposto por Eberhart e Russell (1966) auxilia na ordenação das informações disponíveis e facilita a identificação de genótipos produtivos e estáveis em relação às progressivas alterações ambientais. Porém, deve-se lembrar que o conceito de estabilidade e adaptabilidade fica condicionado a uma comparação entre as linhagens testadas, considerando todos os ambientes ou separando-os em favoráveis e desfavoráveis (VERMA *et al.*, 1978). As linhagens 5678, 5765, 6903, e 7651 apresentaram coeficiente de regressão estatisticamente igual a 1 ( $\hat{\beta}_{li}=1$ ) sendo classificadas como de ampla adaptabilidade (Tabela 5). Este grupo de genótipos apresentou  $R^2$  superior a 80%. Tendo em vista que essa percentagem é considerada como um valor referencial para que a regressão explique satisfatoriamente o comportamento de um genótipo em função do ambiente (CRUZ; REGAZZI, 2001), esses quatro genótipos foram considerados também como estáveis, pois apresentaram  $\hat{\sigma}_{\delta i}^2 = 0$ .

Estudando a adaptabilidade e estabilidade de um grupo de genótipos pela metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966), Barros *et al.*, (2010), concluíram que as cultivares padrões apresentaram média de produtividade elevada, levando em consideração a média geral dos experimento, e alta estabilidade , visto que apresentaram  $\hat{\sigma}_{\delta i}^2 = 0$ . Estes resultados coincidem com os obtidos pelas linhagens comerciais 6903, e 7651. De acordo com Richie *et al.*, (1997), cultivares de hábito de crescimento indeterminado apresenta alta rotatividade de produção e por esta razão são mais estáveis.

As linhagens 596 e 4901 obtiveram elevada produtividade e coeficiente de regressão significativamente maior que 1. Neste sentido, estas foram classificadas como de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. Já as linhagens 5686 e 7650 apresentaram alta produtividade e  $\hat{\beta}_{li}$  significativamente menor que um, sendo, portanto, classificadas como de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. As linhagens 5175, 5691, 5721 e 7415 apresentaram elevada produtividade e desvios de regressão significativos, o que indica baixa estabilidade ou comportamento não previsível. A linhagem 7020 apresentou  $\hat{\beta}_{li}>1$  e  $\hat{\sigma}_{\delta i}^2 \neq 0$ , o que demonstra adaptação a ambientes favoráveis e baixa estabilidade. Além do mais, o coeficiente de determinação apresentou alta magnitude (superior a 80%), considerando que esse valor explica satisfatoriamente o comportamento dessa linhagem frente aos ambientes estudados.

Pelo método de Cruzet *et al.* (1989) busca-se como cultivar ideal aquele que apresenta alta produtividade média, adaptabilidade nos ambientes desfavoráveis ( $\hat{\beta}_{li} < 1$ ), capacidade de responder à melhoria ambiental ( $\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i} > 1$ ) e, variância dos desvios de regressão igual a zero ( $\hat{\sigma}_{\delta i}^2 = 0$ ) (HAMAWAKI *et al.*, 2009). Os resultados mostraram que as linhagens 4901, 5648, 5678, 6903 e 7651, foram classificadas como genótipos ideais a ambientes favoráveis e com estabilidade previsível, por terem apresentado estimativas  $\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i} > 1$ , alta produtividade e com  $\hat{\sigma}_{\delta i}^2 = 0$ . Já as linhagens 5686, 7650 apresentam adaptabilidade aos ambientes desfavoráveis com previsível comportamento ambiental, por apresentarem estimativas  $\hat{\beta}_{li} < 1$ ,  $\hat{\sigma}_{\delta i}^2 = 0$  e produtividade elevada.

Os valores de  $\hat{\beta}_{li}$  das linhagens 5467, 5721, e 7020 foram significativamente diferentes de 1,0 e  $\hat{\sigma}_{\delta i}^2$  diferente de zero. Esses resultados propõem que as mesmas não mantiveram boa produtividade em condições adversas. Os estimadores do parâmetro ( $\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i}$ ) para as linhagens 5721 e 7020 foram menor que 1,0 esses genótipos foram pouco responsivos a ambientes favoráveis, sendo classificados de adaptabilidade a ambientes desfavoráveis. A linhagem 6903 apresentou alta produtividade,  $\hat{\beta}_{li} < 1$ ,  $\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i} > 1$  e  $\hat{\sigma}_{\delta i}^2 = 0$ , apresentando um comportamento comparável ao genótipo ideal definido pelo método proposto por Cruz *et al.* (1989). Os resultados indicam que a presente metodologia corroboram como os resultados obtidos pelas metodologias proposta por Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992) em que a linhagem 6903 foi classificada como genótipo ideal.

A eficiência no uso da regressão bissegmentada proposta Cruz *et al.* (1989) é visto em muitos trabalhos de adaptabilidade estabilidade na cultura da soja (MENDONÇA *et al.*, 2007; BARROS *et al.*, 2008). Nestes trabalhos o método de Cruz *et al.* (1989) trouxe vantagens adicionais à interpretação dos dados propiciada pelo método de regressão não segmentada de Eberhart e Russell, e que pelo menos um dos materiais estudados apresentou um comportamento comparável ao genótipo ideal definido pelo modelo.

Foi verificado pelo método proposto por Annicchiarico (1992) que as linhagens 4901, 5678, 5765, 6903, 7415, 7650 e 7651 apresentaram elevados índices de recomendação geral, indicando que estas são as que apresentam melhor adaptabilidade e estabilidade. Estes resultados estão de acordo com os obtidos pela metodologia de Eberhart e Russell (1966). As

linhagens 5175 e 7020 obtiveram os melhores índices de recomendação favoráveis, indicando que são adaptadas e estáveis a ambientes favoráveis. A linhagem 7020 apresentou adaptação a ambientes favoráveis havendo concordância com o resultado obtido pela metodologia bisegmentada e pelo método de Eberhart e Russell (1966). Já os genótipos 5177 e 5686 foram tiveram desempenhos expressivos em ambientes desfavoráveis.

Os conceitos de adaptabilidade e estabilidade na metodologia do Centróide diferem das demais metodologias. Os genótipos de máxima e média adaptação específica não são aqueles que apresentam bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim os genótipos que apresentam valores máximos ou médios para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para outro conjunto (CAVALCANTE *et al.*, 2014). Neste sentido, a análise dos valores de probabilidade classificou todas as linhagens, com exceção das linhagens 5705 e 6903 de média adaptabilidade geral (ideótipo V), pois, os genótipos apresentaram respostas médias em cada ambiente (Tabela 6).

**Tabela 6** – Produtividade média ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), e principais parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, estimados pelas metodologias de Annicchiarico (1992), Eberhart e Russel (1966) e Cruz, Torres e Vencovsky (1989) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra 2012/13.

Genótipo	Média	Eberhart e Russel (1966)			Cruz, Torres e Vencovsky (1989)			Annicchiarico (1992) <sup>1/</sup>			
		$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R <sup>2</sup> (%)	$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i}$	$\hat{\sigma}_{\delta i}^2$	R <sup>2</sup> (%)	Geral	Favor.	Desf.
596	2844	1.116	38523,2 <sup>ns</sup>	90,10	1.070	1.227	335526,0 <sup>ns</sup>	90,48	95,1	97,8	93,3
609	2779	1.216	7970,6 <sup>ns</sup>	93,76	1.179	1.303	242194,0 <sup>ns</sup>	93,97	92,6	99,4	87,2
625	2642	1.037	501900,1 <sup>**</sup>	59,83	0,839	1.508	1600609,0 <sup>**</sup>	65,02	85,4	78,5	93,2
4901	3094	1.135	17344,1 <sup>ns</sup>	92,12	1.021	1.404	202995,8 <sup>ns</sup>	94,30	105,7	103,4	107,8
5175	3219	1.061	102171,8 <sup>**</sup>	83,82	1.141	0,870	514091,8 <sup>**</sup>	84,97	108,2	112,0	105,7
5177	2875	0,540	205914,4 <sup>**</sup>	45,62	0,813	-0,108	436815,5 <sup>**</sup>	73,21	99,2	94,3	103,9
5467	2631	0,721	333783,4 <sup>**</sup>	50,52	0,662	0,861	1276650,3 <sup>**</sup>	51,32	88,1	80,3	95,6
5648	2944	1,198	85977,3 <sup>**</sup>	87,93	1,115	1,393	459996,0 <sup>**</sup>	88,92	97,9	98,0	97,6
5678	3030	1,091	9066,5 <sup>ns</sup>	92,28	0,989	1,336	189794,0 <sup>ns</sup>	94,23	103,4	100,7	106,1
5686	2892	0,921	6942,4 <sup>ns</sup>	89,74	0,929	0,902	246698,0 <sup>ns</sup>	89,75	99,0	96,6	101,7
5691	2836	0,956	202625,3 <sup>**</sup>	72,65	0,936	1,002	873749,6 <sup>**</sup>	72,73	96,1	93,4	98,5
5694	2634	1,173	25946,8 <sup>ns</sup>	91,92	1,181	1,155	307796,6 <sup>ns</sup>	91,93	86,7	94,5	80,5
5705	2129	0,897	425892,4 <sup>**</sup>	56,27	0,915	0,854	1591715,5 <sup>**</sup>	56,33	67,0	72,2	62,3
5716	2877	0,982	145622,6 <sup>**</sup>	75,77	0,935	0,891	691779,5 <sup>**</sup>	75,80	96,6	95,6	97,6
5721	2782	1,064	98006,0 <sup>**</sup>	84,24	1,160	0,836	483863,0 <sup>**</sup>	85,87	92,4	99,0	86,9
5745	2705	0,982	76462,5 <sup>**</sup>	83,93	0,981	0,985	470519,5 <sup>**</sup>	83,93	90,7	93,8	88,2
5765	3040	1,083	-1172,1 <sup>ns</sup>	93,11	1,156	0,908	188527,8 <sup>ns</sup>	94,12	102,9	105,9	100,5
6903	3208	0,993	31806,2 <sup>ns</sup>	88,47	0,954	1,084	318092,7 <sup>ns</sup>	88,78	110,0	106,7	113,4
7020	2891	1,122	96813,3 <sup>**</sup>	85,68	1,205	0,924	493921,2 <sup>**</sup>	86,80	95,8	101,6	91,0
7415	2989	1,003	84106,4 <sup>**</sup>	83,81	1,032	0,934	489900,7 <sup>**</sup>	83,90	101,8	101,3	102,0
7422	2504	0,862	1014218,7 <sup>**</sup>	35,21	0,953	0,647	3434950,2 <sup>**</sup>	36,14	79,1	86,9	72,1
7585	2841	0,913	137542,8 <sup>**</sup>	76,09	0,891	0,965	663962,19 <sup>**</sup>	76,20	95,7	93,7	97,5
7650	3014	0,945	14041,2 <sup>ns</sup>	89,39	0,924	0,995	267220,7 <sup>ns</sup>	89,50	103,6	100,7	106,4
7651	3073	1,048	-17794,8 <sup>ns</sup>	94,35	1,016	1,124	161448,7 <sup>ns</sup>	94,55	105,8	104,3	107,2

<sup>++</sup> e <sup>+</sup> significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; <sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> não-significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; <sup>1/</sup> Alfa = 0,25 e Z(1-alfa) = 0,2734

A linhagem 6903 apresentou média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (ideótipo VII), o que contradiz os resultados observados pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), Annicchiarico (1992) e Cruz *et al.* (1989), os quais, classificaram este como genótipo ideal com adaptabilidade a ambientes favoráveis e desfavoráveis. Já o genótipo 5705 foi classificado de mínima adaptabilidade (ideótipo IV), pois, apresentou os menores valores em todos os ambientes estudados (Tabela 7).

**Tabela 7-** Classificação dos genótipos em um dos sete grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação.

Genótipo	Média	Grupo	Centroide <sup>1/</sup>						
			P(I)	P(II)	P(III)	P(IV)	P(V)	P(VI)	P(VII)
596	2844	V	0,1176	0,1011	0,0715	0,0672	0,3288	0,1515	0,1624
609	2779	V	0,1131	0,1195	0,0677	0,0690	0,3257	0,1646	0,1405
625	2642	V	0,1254	0,1152	0,1247	0,1147	0,2118	0,1414	0,1668
4901	3094	V	0,1573	0,0859	0,0636	0,0541	0,2563	0,1765	0,2062
5175	3219	V	0,1847	0,0929	0,0665	0,0566	0,2084	0,1950	0,1959
5177	2875	V	0,1379	0,1073	0,1026	0,0879	0,2249	0,1500	0,1893
5467	2631	V	0,1214	0,1019	0,1259	0,1045	0,2274	0,1299	0,1892
5648	2944	V	0,1385	0,1011	0,0719	0,0646	0,2738	0,1696	0,1805
5678	3030	V	0,1359	0,0793	0,0662	0,0548	0,2941	0,1485	0,2213
5686	2892	V	0,1124	0,0783	0,0708	0,0594	0,3553	0,1280	0,1958
5691	2836	V	0,1284	0,1032	0,0897	0,0797	0,2639	0,1457	0,1893
5694	2634	V	0,1131	0,1216	0,0798	0,0826	0,3027	0,1549	0,1453
5705	2129	IV	0,1059	0,1373	0,1267	0,1954	0,1774	0,1270	0,1302
5716	2877	V	0,1284	0,0969	0,0846	0,0734	0,2767	0,1453	0,1946
5721	2782	V	0,1211	0,1231	0,0722	0,0727	0,2918	0,1712	0,1478
5745	2705	V	0,1149	0,1201	0,0799	0,0816	0,2999	0,1520	0,1516
5765	3040	V	0,1413	0,0864	0,0603	0,0528	0,2980	0,1819	0,1793
6903	3208	VII	0,1934	0,0808	0,0618	0,0508	0,2068	0,1815	0,2249
7020	2891	V	0,1328	0,1110	0,0703	0,0664	0,2772	0,1854	0,1569
7415	2989	V	0,1360	0,0960	0,0716	0,0633	0,2827	0,1601	0,1904
7422	2504	V	0,1274	0,1661	0,1062	0,1257	0,1797	0,1534	0,1413
7585	2841	V	0,1257	0,0921	0,0872	0,0733	0,2788	0,1384	0,2044
7650	3014	V	0,1350	0,0875	0,0649	0,0539	0,2946	0,1458	0,2273
7651	3073	V	0,1412	0,0805	0,0611	0,0518	0,2961	0,1613	0,2080

<sup>1/</sup>Em que: Ideótipo I = adaptabilidade geral, Ideótipo II = adaptabilidade máxima específica a ambientes favoráveis, Ideótipo III = adaptabilidade máxima específica a ambientes desfavoráveis, Ideótipo IV= Ideótipo de mínima adaptabilidade, Ideótipo V = média adaptabilidade geral, Ideótipo VI= média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e Ideótipo VII= média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis.

O percentual de variância acumulada pelos três primeiros componentes principais foi de aproximadamente 75% (Tabela 8), sendo estes, suficientes para explicar a variação total contida nos dados originais (NASCIMENTO *et al.*, 2009).

**Tabela 8** – Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica dos componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes, de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra 2012/13.

Raiz	Raiz (%)	% acumulada
6,4959	38,21	38,21
4,2417	24,95	63,16
2,1186	12,46	75,62
0,9013	5,31	80,93
0,6704	3,94	84,87
0,6180	3,64	88,51
0,5149	3,03	91,54
0,3670	2,16	93,70
0,2811	1,65	95,35
0,2547	1,50	96,85
0,1498	0,88	97,73
0,1386	0,82	98,55
0,0888	0,52	99,07
0,0668	0,39	99,46
0,5950	0,35	99,81
0,0268	0,14	99,95
0,0091	0,05	100,0

## Conclusões

Os métodos de Eberhart e Russell (1966), Annicchiarico (1992) e Cruzet *al.*(1989) indicam as linhagens 5678, 6903 e 7651 como aquelas de melhor adaptabilidade e estabilidade.

A linhagem 7020 apresentou adaptabilidade específica a ambientes favoráveis pelos métodos de Annicchiarico (1992) e Cruzet *al.*(1989) e Centroide.

As metodologias de Eberhart e Russell (1966), Annicchiarico (1992), Cruzet *al.* (1989) classificaram a linhagem 6903 como genótipo ideal.

## REFERÊNCIAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding.**v.46, n.3, p. 269-278, 1992.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; TEIXEIRA, R. de C.; REIS, M. S. Stability and adaptability analyses in soy (*Glycine max L.*) in MatoGrosso states.**Ambiência.**v. 6 n. 1 p.75 – 88, 2010
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; CRUZ, C. D.; Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.299-309, 2008.
- CARVALHO, C. G. P. de; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.de.; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; OLIVEIRA, M. F. de. Adaptability and stability study of soybean lines developed for highyield in Paraná State using four methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, n.2, p.247-256, 2002.
- CAVALCANTE, A.K.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; SOUSA, L. B.; NOGUEIRA, A P. O.; HAMAWAKI, C. D. L.Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de Soja em Porto Alegre do Norte, MT. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 942-949, 2014.
- CELLA, A. J. da S.**Métodos uni e multivariados para estudo de adaptabilidade e estabilidade em soja.** 2012. 52p.Dissertação (Produção Vegetal- Melhoramento Genético) - Universidade Federal do Tocantins,Gurupi, TO.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/CONAB. **Estudos de prospecção de mercado safra 2014/15.** Brasília: CONAB, março de 2015, 150p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 5de abril. 2015.
- CORRÊA, L. V.T. **Adaptabilidade e estabilidade de progêniens de cafeiro Icatu.** 2004. 55p. Dissertação (Mestrado Agronomia- Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed.Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. Analternative approach to the stability analysis proposedby Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética.** v.12, n.2, p. 567-580, 1989.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 4.ed. Viçosa: UFV, v.1, 2012. 514p.

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

HAMAWAKI, O. T.; OLIVEIRA NETO, J. O. de.; REZENDE, D. F.; CUNHA, M. C. G. ; LANA, R. M. Q. Comportamento De Linhagens De Soja No Triângulo Mineiro E Em Goiatuba-GO **Bioscience Journal**.v. 25, n.5, p.36-42, 2009.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, n.3, p. 36-40, 1966.

MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1567-1575, 2007.

NASCIMENTO, M; CRUZ, C. D.; CAMPANA, A. C. M; TOMAZ, R. S. SALGADO, C. C.; FERREIRA, R de P. Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.44, n.3, p.263-269, 2009.

OLIVEIRA, M.V. de. **Seleção de genótipos de soja para ampla adaptabilidade e alta estabilidade fenotípica**. 2014, 41p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

RICHIE, S. W.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G.O. **Como a planta de soja se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 1997. (Potafos. Arquivo do Agrônomo, 11).

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação dométodo centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptusgrandis*. **Ciência Florestal**. v.15, n.3, p.255-266,2005.

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

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**. v.53, n.2, p.89-91, 1978.

### 3 MÉTODOS NÃO-PARAMÉTRICOS PARA DETERMINAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA

#### Resumo

Os métodos não-paramétricos são modelos simples, que se baseiam apenas em um único parâmetro e são bastante empregados, devido a sua simplicidade e facilidade na estimação e interpretação dos resultados. O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar a adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja estimadas por metodologias não-paramétricas. As análises foram estabelecidas por metodologias, propostas por Lin e Binns (1988), Huehn (1990) e Fox *et al.* (1990) e método de análise visual. Foram avaliadas 24 linhagens de soja em 17 ambientes para os estados do Paraná e São Paulo, sendo o caráter produtividade de grão ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) a variável analisada. Os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com três repetições no ano agrícola 2012/13. As médias de produtividade de grãos variaram de 1324  $\text{kgha}^{-1}$  – Terra Boa/PR a 4948  $\text{kgha}^{-1}$  – Record/PR. O ambiente Record proporcionou a todas as linhagens elevada produtividade. A maior produtividade isolada foi obtida pela linhagem 5691 (5799  $\text{kg ha}^{-1}$ ). A metodologia de Lin e Binns (1988) classificou a linhagem 6903 com ampla adaptabilidade e alta produtividade. Pelo método da análise visual a linhagem 5175 apresentou ampla adaptabilidade e alta produtividade. Pelo método de Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990) foi possível constatar que as linhagens 5745, 7650 e 7651 apresentaram alta estabilidade, porém apresentaram produtividade moderada. Não houve coincidência na indicação de um genótipo ideal entre as quatro metodologias não-paramétricas avaliadas.

**Palavras chaves:** *Glycine Max*. Interação G x A. Indicação de Cultivares

## Abstract

Non-parametric methods are simple models, based only on a single parameter and are quite used due to its simplicity and ease of estimation and interpretation of results. This work was carried out to study the adaptability and stability of soybean inbred lines estimated by non-parametric methods. The analyses were established by methodologies proposed by Lin and Binns (1988), Huehn (1990) and Fox et al. (1990) and visual analysis method. They evaluated 24 soybean inbred lines in 17 environments in the states of Paraná and São Paulo, and the character productivity ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) the variable analyzed. The experiments were conducted in a randomized block design with three replications in the agricultural year 2012/13. The productivity averages ranged from 1324  $\text{kg ha}^{-1}$ , Terra Boa/PR to 4948  $\text{kg ha}^{-1}$  Record/PR. The Record environment to all lineages provided high productivity. The single largest productivity was obtained inbred line 5691 (5799  $\text{kg ha}^{-1}$ ). The methodology of Lin and Binns (1988) classified the inbred line 6903 with wide adaptability and high productivity. By the method of visual analysis the inbred line 5175 showed wide adaptability and high productivity. By the method Huenh (1990) and Fox et al. (1990) it was found that the inbred lines 5745, 7650 and 7651 showed high stability, but had moderate productivity. There was no coincidence in indicating an ideal genotype among the four methodologies non-parametric evaluated.

**Key-words:** *Glycine Ma.*; G x E interaction. Indication cultivars.

## Introdução

A soja é uma espécie exótica e o seu cultivo em escala comercial só começou a ter expressão econômica no início da década de 1940, no Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2012). A introdução de germoplasma exótico é uma das mais importantes ferramentas na obtenção de variabilidade genética em programas de melhoramento. No entanto, traz consigo problemas de adaptação e estabilidade sobre determinadas condições de clima e solo específicos (LUCHE *et al.*, 2013).

O melhoramento genético da soja, assim como para outras culturas, é um processo contínuo e o desenvolvimento de cultivares deve atender objetivos gerais e específicos, que visam à solução de limitações reais ou potenciais à produção (POLIZEL *et al.*, 2013). Isto justifica estudos para identificar genótipos mais adequados às diferentes regiões de cultivo (CAIERÃO *et al.*, 2006), de comportamento previsível, adaptados a ambientes desfavoráveis e responsivos à melhoria das condições ambientais (OLIVEIRA, 2012).

Os ensaios nacionais e/ou regionais de cultivares verifica o desempenho de genótipos em diversos ambientes, o qual resulta no surgimento de um efeito denominado interação genótipos por ambientes (GxA). O conhecimento da magnitude e do tipo desta interação é de grande importância para o melhoramento de plantas. Isto porque nas etapas intermediárias dos programas de melhoramento a avaliação de populações segregantes ocorre normalmente em apenas um ambiente, nesse caso, a interação GxA pode inflacionar as estimativas de variância genética, levando a ganhos genéticos superestimados. Por outro lado, nas etapas finais dos programas de melhoramento, os ensaios geralmente são conduzidos em vários ambientes, o que possibilita o isolamento da interação GxA (DUARTE, 2003). Nesta fase busca-se capitalizar o efeito da interação G x A para que os genótipos aumentem a expressão daqueles caracteres desejáveis.

As análises de estabilidade e adaptabilidade é uma maneira de avaliar o fenômeno da interação G x A de forma mais detalhada. As informações geradas nessas análises são imprescindíveis para uma recomendação de cultivares mais precisa. Visto que, a estabilidade expressão comportamento altamente previsível dos genótipos frente às variações ambientais.

A escolha dos métodos de adaptabilidade e estabilidade depende dos dados experimentais, número de ambientes, precisão exigida e tipo de informação desejada (CRUZ *et al.*, 2004). Essas metodologias se dividem em paramétricas e não-paramétricas. Os métodos de Lin e Binns (1988), Huehn (1990), Fox *et al.*(1990)e análise visual são métodos que se baseiam em parâmetros simples, os quais, torna fácil a interpretação dos resultados. Estes chamados não-paramétricos. Tais métodos permitem em poucas medidas analisar o desempenho e o comportamento produtivo de genótipos, bem como, a capacidade de resposta a variações ambientais (CRUZ *et al.*, 2012). Diante disso, objetivou-se avaliar a adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja por meio dos métodos não-paramétricos supracitados.

## Material e Métodos

Foram utilizados dados de produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) dos ensaios de 24 linhagens elites de soja (Tabela 1), sendo duas cultivares comerciais codificadas (6903 e 7651). Estas pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético do Centro Educacional Integrado. Os ensaios foram conduzidos em condições de campo em 17 ambientes (Tabela 1), localizados no estado do Paraná e São Paulo no ano agrícola 2012/13.

**Tabela 9** – Produtividade média, altura da planta, ciclo e hábito de crescimento de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Genótipo	Produtividade média ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Altura (cm)	Ciclo	Hábito de Crescimento
596	2844	109	Tardio	Indeterminado
609	2779	110	Tardio	Indeterminado
625	2642	107	Tardio	Indeterminado
4901	3094	108	Médio	Indeterminado
5175	3219	92	Precoce	Indeterminado
5177	2875	107	Médio	Indeterminado
5467	2631	96	Médio	Indeterminado
5648	2944	100	Tardio	Indeterminado
5678	3030	96	Médio	Indeterminado
5686	2892	106	Tardio	Indeterminado
5691	2836	95	Tardio	Indeterminado
5694	2634	95	Tardio	Indeterminado
5705	2129	124	Tardio	Indeterminado
5716	2877	95	Precoce	Indeterminado
5721	2782	104	Médio	Indeterminado

5745	2705	110	Tardio	Indeterminado
5765	3040	112	Médio	Indeterminado
6903	3208	113	Médio	Indeterminado
7020	2891	110	Tardio	Indeterminado
7415	2989	95	Precoce	Indeterminado
7422	2504	96	Tardio	Indeterminado
7585	2841	99	Precoce	Indeterminado
7650	3014	102	Precoce	Indeterminado
7651	3073	92	Precoce	Indeterminado

**Tabela 10** – Altitude, latitude, longitude de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Localidade	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Arapongas-PR	816	23° 25' 08"S	51° 25'26"O
Araruna-PR	610	23° 55'55"S	52° 29'45"O
Cascavel-PR	800	24° 57' 21"S	53° 27'18"O
Catanduvas-PR	762	25° 12'10"S	53° 09'25"O
Engenheiro Beltrão-PR	520	23° 47'49"S	52° 16'08"O
Floresta-PR	392	23° 35'56"S	52° 04'51"O
Guarapuava-PR	1120	25° 23'42"S	51° 27'28"O
Iepê-SP	400	22° 39'39"S	51° 04'33"O
Integrado-PR	630	24° 02'45"S	52° 22'58"O
Kaloré-PR	520	23° 49'01"S	51° 40'04"O
Klabin-PR	851	24° 17'09"S	52° 16'33"O
Palotina-PR	335	24° 17'02"S	53° 20'24"O
Ponta Grossa-PR	975	25° 05'42"S	50° 09' 43"O
Record-PR	751	24° 17'09"S	52° 16'33"O
Sítio Casa Branca I-PR	630	24° 02'45"S	52° 22'58"O
Sítio Casa Branca II-PR	630	24° 02'45"S	52° 22'58"O
Terra Boa-PR	635	23° 46'04"S	52° 26'38"O

Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram formadas por quatro linhas de plantas com 5 m de comprimento, com fileiras espaçadas em 0,50 m. A área útil da parcela foi de 5 m<sup>2</sup>, colhendo as duas fileiras centrais.

Após terem sido verificadas as pressuposições da análise de variância, procederam-se as análises individuais e, posteriormente, a conjunta. Para esta última, avaliou-se a homogeneidade das variâncias residuais pelo teste de Hartley (1950), pela

razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios. Por este procedimento, as variâncias são consideradas homogêneas quando esta relação for menor ou igual a sete (7,0).

As Analises de adaptabilidade e estabilidade das linhagens foram obtidas pelos métodos Lin e Binns (1988), Huehn (1990) e Fox *et al.* (1990), e método de análise visual, conforme detalhado a seguir:

### **Metodologia sugerida por Lin e Binns (1988)**

A metodologia proposta por Lin e Binns(1988) define o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente. A medida de superioridade foi obtida por:

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

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

### **Metodologia proposta por Huehn (1990) e Fox *et al.* (1990)**

Huehn (1990) apresentou a medida mais simples de estabilidade no campo não-paramétrico, a qual se baseia na variância dos postos para um determinado genótipo, ao longo de todos os ambientes. As estimativas obtidas por essa metodologia foram derivadas pelo seguinte estimador:

$$s_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{(n-1)}$$

em que,  $s_i^2$  é a variância do genótipo  $i$  baseada nos postos de todos os ambientes;  $r_{ij}$  é o posto (classificação) do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $r_i$  é a média dos postos do genótipo  $i$  nos  $n$  ambientes.

Nesta metodologia, os genótipos que apresentam as menores variâncias nos postos são considerados os mais estáveis. Fox *et al.* (1990) propuseram uma estratificação destes postos para a definição de estabilidade de determinado genótipo. Esses autores sugeriram, de maneira intuitiva, que os genótipos cujas produções ocupassem consistentemente o terço superior dos postos (menores valores = maiores produções) seriam estáveis e teriam características favoráveis à seleção, ao passo que aquelas que ocupassem o terço inferior dos postos (maiores valores = menores produções) seriam igualmente estáveis, mas não seriam selecionáveis, devido à baixa produção.

### **Método da análise visual**

Nesta metodologia os ambientes são classificados como favoráveis ou desfavoráveis. Esta classificação é obtida por meio da média geral dos ensaios (conduzidos em todos os locais). Aquele ambiente que proporcionou um desempenho superior dos genótipos (média do local acima da geral) foi classificado como favorável. Por outro lado, o ambiente que proporcionou baixo desempenho dos genótipos (média do local abaixo da geral) foi classificado como desfavorável. Posteriormente, foi visualizado graficamente o comportamento produtivo dos genótipos avaliados dentro dos ambientes estudados. Com isso, foi possível identificar de forma empírica como os genótipos se comportaram frente às variações ambientais.

### **Resultados e Discussões**

A maior produtividade isolada foi apresentada pela linhagem 5691 ( $5799 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a menor pela linhagem 7422 ( $505 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabela 3). O ambiente Record-PR (A15) proporcionou a todas as linhagens elevada produtividade de grãos. Sendo esta superior a média nacional ( $2857 \text{ kg ha}^{-1}$ ) obtida no ano agrícola de 2013/14 (CONAB, 2015). Portanto, observou-se que os locais avaliados exerceram influências diferenciadas sobre as linhagens, o que dificulta uma recomendação generalizada. Vale ressaltar que no ambiente Floresta-PR (A6), houve perda da linhagem 625 e, por isso, o valor está zerado na tabela.

Arapongas-PR, Floresta-PR, Integrado-PR, Palotina-PR, Ponta Grossa-PR, Record-PR e Sítio Casa Branca I-PR e Sítio Casa Branca II-PR apresentaram índice ambiental positivo (Tabela 4), segundo a metodologia proposta por Lin e Binns (1988). Neste sentido, essas ambientes foram classificadas como favoráveis. Por outro lado, aquelas que apresentaram índice ambiental negativo, foram consideradas desfavoráveis.

Em relação a apenas aos ambientes favoráveis, constatou-se elevado índice ambiental positivo para Integrado e Record-PR. Isto resultou em considerável contribuição para que as linhagens expressassem elevada produtividade. Nos ambientes desfavoráveis é possível sugerir o descarte imediato de Catanduvas e Terra Boa, como improváveis para o cultivo das linhagens avaliadas.

**Tabela 11** – Médias de produtividades de grãos (em kg ha<sup>-1</sup>) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Genótipos	Ambientes*																
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
596	3708	1835	2554	1422	2833	3078	2747	2692	4234	2368	1910	3448	2576	5452	2782	3286	1422
609	3659	1997	2224	1622	2089	2982	2961	2225	4854	1772	1679	3135	3010	5255	2623	3554	1602
625	3336	2042	2064	1681	2534	0	2824	2296	4256	2037	2391	3199	3275	5047	2894	3638	1406
4901	3319	2272	2611	1835	2767	2996	2714	2541	4892	2179	3161	2903	3813	5760	2906	3895	2044
5175	3949	2923	3059	2426	2354	3654	2717	2500	4547	1365	3500	3446	3838	5366	3543	3805	1733
5177	3705	2585	2475	1833	2867	3088	2490	2497	3970	2351	2391	4198	3164	2739	3104	3597	1818
5467	2744	2181	2921	2175	2419	2968	2328	2209	2994	1360	3358	2828	3270	5091	2849	1558	1477
5648	3684	1821	3155	1572	2816	3244	2957	2312	4367	2201	2538	2298	2967	5703	2790	4279	1341
5678	3462	2227	3196	1949	2770	2933	2847	2402	4462	1980	3200	3032	3164	5737	3111	3461	1581
5686	3601	1851	2802	1856	3321	2987	3066	2266	3806	2096	2593	2966	3170	4933	2936	3400	1517
5691	3797	1903	2398	1874	2923	2670	2803	1963	2742	2348	2535	2926	3459	5799	3133	3300	1641
5694	3386	2041	1684	1431	2362	2493	2759	1615	4439	1434	2183	3452	3242	4885	2333	3592	1459
5705	1103	2104	1688	681	1737	1868	2024	1954	4501	1465	637	3208	2267	3476	2920	3133	1436
5716	3361	1078	3154	2289	2909	3451	2457	2333	3712	2070	2929	2762	3373	5233	3191	2900	1700
5721	3725	2050	2287	2106	2490	3450	2429	2280	4381	1837	1504	3690	3251	4546	2205	3810	1259
5745	3048	1986	2258	1465	2249	3074	2864	2228	4476	2178	1369	3192	2801	4488	2441	3911	1964
5765	3440	2452	2933	1771	2788	3563	2820	2495	4468	1454	2882	3193	3329	5110	3355	4037	1593
6903	3207	2476	2834	1727	3338	3316	2695	2504	5076	2800	2836	3384	3451	5092	3136	4360	2303
7020	3446	1999	2400	1140	2985	3021	2745	2269	4823	1558	2296	2944	3174	4562	3182	4618	1985
7415	3558	2146	2774	2249	2439	3872	2507	2548	3966	1795	2874	3344	3280	5590	3346	2815	1717
7422	3385	2397	1961	1743	828	2937	1575	2279	5414	2308	505	3118	1652	2854	2612	4881	2128
7585	3568	1844	2616	2450	2895	3175	2332	2018	3589	1883	3357	2941	3252	5322	3005	2651	1391
7650	3251	2153	2905	2109	2757	3573	2356	2353	4219	2340	3281	3534	3210	5252	2832	3355	1766
7651	3692	1926	2930	2107	2832	3201	2657	2442	4552	2400	2920	3740	3352	5465	2982	3251	1808

\* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre genótipos = 1710,1 kg ha<sup>-1</sup> e entre ambientes = 1640,2 kg ha<sup>-1</sup>.

Amb 1 = Arapongas, Amb 2 = Araruna, Amb 3 = Cascavel, Amb 4 = Catanduvas, Amb 5 = Engenheiro Beltrão, Amb 6 = Floresta, Amb 7 = Guarapuava, Amb 8 = IEP, Amb 9 = Integrado, Amb 10 = Kaloré, Amb 11 = Klabin, Amb 12 = Palotina, Amb 13 = Ponta Grossa, Amb 14 = Record, Amb 15 = Sítio Casa Branca I, Amb 16 = Sítio Casa Branca II, Amb 17 = Terra Boa.

**Tabela 12**– Produtividade média de grãos (em kg ha<sup>-1</sup>), índice ambiental, produtividade máxima e mínima obtida de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Localidade	Produtividade média	Índice ambiental <sup>1/</sup>	Produtividade máxima	Produtividade mínima
Arapongas	3381	527,27	3949	1103
Araruna	2095	-757,84	2923	1078
Cascavel	2578	-274,79	3196	1684
Catanduvas	1813	-1040,30	2450	681
Engenheiro Beltrão	2596	-257,13	3338	828
Floresta	2983	129,80	3872	0,0
Guarapuava	2611	-241,81	3066	1575
Iepê	2301	-552,33	2692	1615
Integrado	4280	1427,62	5414	2742
Iporã	1982	-870,76	2800	1360
Kaloré	2451	-402,16	3500	505
Klabin	3203	350,12	4198	2298
Palotina	3139	286,00	3838	1652
Ponta Grossa	4948	2094,95	5799	2739
Record	2925	72,17	3543	2205
Sítio Casa Branca I	3545	691,99	4881	1558
Sítio Casa Branca II	1670	-1182,77	2303	1259
Terra Boa	3381	527,27	3949	1103

<sup>1/</sup>Obtido conforme metodologia proposta por Lin e Binns (1988).

Conforme Lin e Binns (1988), para uma análise mais detalhada, a estimativa *Pi* pode ser desdobrada em duas partes: a primeira atribuída aos desvios genéticos em relação ao valor máximo, isto é, uma soma dos quadrados de genótipos; e a segunda, correspondente à parte da interação G x A. Destaca-se que a primeira parte não complica o trabalho do melhorista, pois não implica, necessariamente, na seleção dos genótipos; a segunda parte, entretanto, é um fator de complicação, pois altera a ordem de classificação dos genótipos em relação aos ambientes envolvidos na seleção.

Baseado no exposto, constatou-se que as linhagens 4901, 5175 e 6903 foram as que mais se destacaram, por apresentarem as maiores produtividades e as menores estimativas do parâmetro *Pi* (Tabela 5). Portanto, classificadas por esta metodologia como as de maior adaptabilidade. Contudo, verificou-se que para estas linhagens os percentuais genéticos foram 73,06%, 46,66%, e 73,31%, respectivamente. Para a linhagem 5175, isto indica que grande parte do alto desempenho destes genótipos não pode ser atribuída ao efeito genético. Assim, apesar de estes genótipos serem

identificados pela metodologia de Lin e Binns (1988) como os mais produtivos, grande contribuição para o satisfatório desempenho se deve a interação G x A.

**Tabela 13** – Principais parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, estimados pela metodologia de Lin e Binns (1988) de ensaios de competição de 24 linhagens de soja realizados em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Genótipo	Média	$P_i$ Geral	$P_i$ Fav	$P_i$ Desf	Desvio genético	Desvio GxA	% Genética
596	2844	411078,6	467371,6	361040,4	311276,0	99802,6	75,72
609	2779	442558,9	369150,3	507811,1	364708,2	77850,7	82,41
625	2642	784710,7	1284562,6	340397,8	490710,2	294000,5	62,53
4901	3094	196387,3	280838,4	121319,7	144943,6	51443,7	73,01
5175	3219	183544,1	169360,1	196152,2	85649,3	97894,8	46,66
5177	2875	520327,1	900998,2	181952,7	287490,1	232837,0	55,25
5467	2631	807325,1	1396811,3	283337,4	501825,2	305499,9	62,16
5648	2944	338016,7	429240,2	256929,2	237495,6	100521,1	70,26
5678	3030	250476,4	377690,0	137397,6	181615,4	68861,0	72,51
5686	2892	368670,2	547576,5	209642,4	274392,2	94275,0	74,83
5691	2836	511424,4	814524,9	242001,8	317526,4	193898,1	62,09
5694	2634	548824,4	502406,2	590085,1	498295,6	50528,1	90,79
5705	2129	1359808,3	1577324,8	1166460,3	1130329,8	229478,5	83,12
5716	2877	453012,4	628961,4	296613,3	286064,5	166947,8	63,15
5721	2782	453134,7	400189,9	500196,7	361816,9	91317,8	79,85
5745	2705	514675,7	517949,8	511765,3	430246,3	84429,3	83,60
5765	3040	223252,9	233728,2	213941,5	175754,7	47498,1	78,72
6903	3208	123264,8	170216,9	81529,6	90362,5	32902,3	73,31
7020	2891	346344,5	316926,2	372494,1	275413,0	70931,6	79,52
7415	2989	333863,4	477602,5	206095,2	207203,9	126659,5	62,06
7422	2504	1085757,6	1042180,8	1124492,5	636789,3	448968,3	58,65
7585	2841	463466,1	710917,7	243509,2	314035,9	149430,2	67,76
7650	3014	243276,3	373258,7	127736,3	191313,6	51962,7	78,64
7651	3073	211688,4	299198,2	133901,9	156317,2	55371,1	73,84

Ainda neste contexto, as linhagens 4901 e 6903 apresentaram alta produtividade e baixa estimativa de parâmetro  $P_i$ . Ainda neste contexto, as respectivas linhagens apresentaram elevada contribuição para a interação G x A, o que indica que uma consideração porção da elevada produtividade deste genótipo foi atribuída a efeitos genotípicos. Valores reduzidos de  $P_i$ , reduzem o desvio em torno da produtividade máxima em cada ambiente. Assim, maior estabilidade estará obrigatoriamente associada à maior produtividade (LIN; BINNS, 1988).

Nos estudos de adaptabilidade e estabilidade por metodologias não-paramétricas, a produtividade de grãos e a estabilidade devem ser avaliadas simultaneamente. Isto porque é possível identificar o efeito útil da interação G x A e, com isso, fazer uma

seleção precisa de genótipos refinados(SABAGHNIA *et al.*, 2012). Com base nisto, o melhor genótipo, segundo a metodologia de Lin e Binns (1988), foi à linhagem 6903, pois, apresentou a menor estimativa do parâmetro  $P_i$ , alta produtividade e a menor contribuição da interação G x A. Este resultado sugere que essa linhagem, dentre as demais avaliadas, seja recomendada para o cultivo em todos os ambientes do estudo ou ainda para aqueles com características semelhantes a estes.

Na metodologia proposta por Huehn (1990) a estabilidade se baseia na variância dos postos para um determinado genótipo, ao longo de todos os ambientes estudados. Assim os genótipos que apresentam as menores variâncias nos postos, associados aprodutividade elevada, são considerados os mais estáveis. A metodologia proposta por Fox *et al.* (1990) permite a seleção de genótipos com maior estabilidade (terço superior da variância dos índices) e simultaneamente maior produtividade (terço superior da média dos índices). Esta metodologia tem sido aplicada em programas de melhoramento na seleção de cultivares para diversas culturas, como soja (SILVÉRIO *et al.*, 2015) e arroz ( SOARES *et al.*, 2013).

Na análise combinatória entre as duas metodologias, foi possível verificar que as linhagens 5745, 7650 e 7651 apresentaram alta estabilidade e produtividade moderada (Tabela 6). Apesar de apresentar alguma limitação, esse genótipo pode ser indicado para os ambientes avaliados no estado do Paraná e São Paulo. Silvério *et al.* (2015) estudando combinação de métodos práticos para inferência da estabilidade de genótipos de soja, classificou o genótipo GICM 23 como altamente estável e com moderada produtividade. Concluindo que há eficiência prática na recomendação de genótipos de soja pela analise combinatória proposta por Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990).

A interpretação combinada das metodologias propostas por Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990) permitiu constatar que a linhagem 7422 apresentou alta estabilidade e baixa produtividade. As linhagens que apresentaram “0” entre o terço superior e inferior dos postos para a variância se mostraram medianamente estáveis. Para estes genótipos, e os que apresentaram sinais negativos para os terços superiores da variância dos índices (baixa estabilidade), seria recomendado o descarte imediato, a fim de reduzir gastos. Assim, concentrar os esforços naqueles potencialmente superiores (SOARES *et al.*, 2013). Logo, a análise combinatória envolvendo as metodologias supracitadas é simples, porém, bastante prática para inferir acerca da estabilidade de genótipos.

Ademais, possibilita o uso mais eficiente dos recursos físicos, financeiros e humanos de um programa de melhoramento.

Comparando os resultados de estabilidade fenotípica obtido pelos métodos de Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990) e de Lin e Binns (1988), é possível identificar que não houve coincidência na classificação dos melhores genótipos entre as metodologias. Assim, o genótipo a ser recomendado por uma metodologia difere da indicação sugerida pela outra.

**Tabela 14** – Combinação das metodologias de Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990) na estabilidade de 24 linhagens de soja avaliadas em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.

Genótipo	Média dos índices	Variância dos índices	Terço superior	
			Média	Variância
596	20,61	224,89	–	0
609	26,50	561,97	–	–
625	18,44	165,59	–	0
4901	19,87	218,32	–	0
5175	24,04	354,89	–	–
5177	24,94	456,33	–	–
5467	26,52	439,04	–	–
5648	21,83	254,41	–	0
5678	19,07	233,98	–	0
5686	20,51	285,73	–	0
5691	21,52	238,13	–	0
5694	23,41	329,63	–	–
5705	20,47	156,00	–	0
5716	25,89	442,72	–	–
5721	24,68	385,67	–	–
5745	16,60	102,07	0	+
5765	20,55	297,60	–	0
6903	24,72	424,14	–	–
7020	26,00	485,93	–	–
7415	21,15	261,57	–	0
7422	19,23	116,80	–	+
7585	20,27	198,69	–	0
7650	16,14	115,37	0	+
7651	12,38	56,88	0	+

+ Terço superior dos postos, – terço inferior dos postos e 0 entre o terço superior e inferior dos postos.

Os resultados obtidos para classificação dos ambientes pelo método da análise visual coincidiram com aqueles obtidos pela metodologia de Lin e Binns (1988). Assim, como ambientes favoráveis foram classificados Arapongas-PR, Floresta-PR, Integrado-

PR, Palotina-PR, Ponta Grossa-PR, Record-PR, Sítio Casa Branca I-PR e Sítio Casa Branca II-PR (Figura 1). Por outro lado, os ambientes Araruna-PR, Cascavel-PR, Catanduvas-PR, Engenheiro Beltrão-PR, Guarapuava-PR, Ipe-SP, Kaloré-PR, Klabin-PR e Terra Boa-PR foram considerados desfavoráveis. O ambiente Record contribuiu para que as linhagens aproveitassem vantajosamente as condições ambientais e, desta forma, expressaram elevadas médias em produtividade. Fato este confirmado pela superioridade das médias das linhagens em relação à média do ambiente.

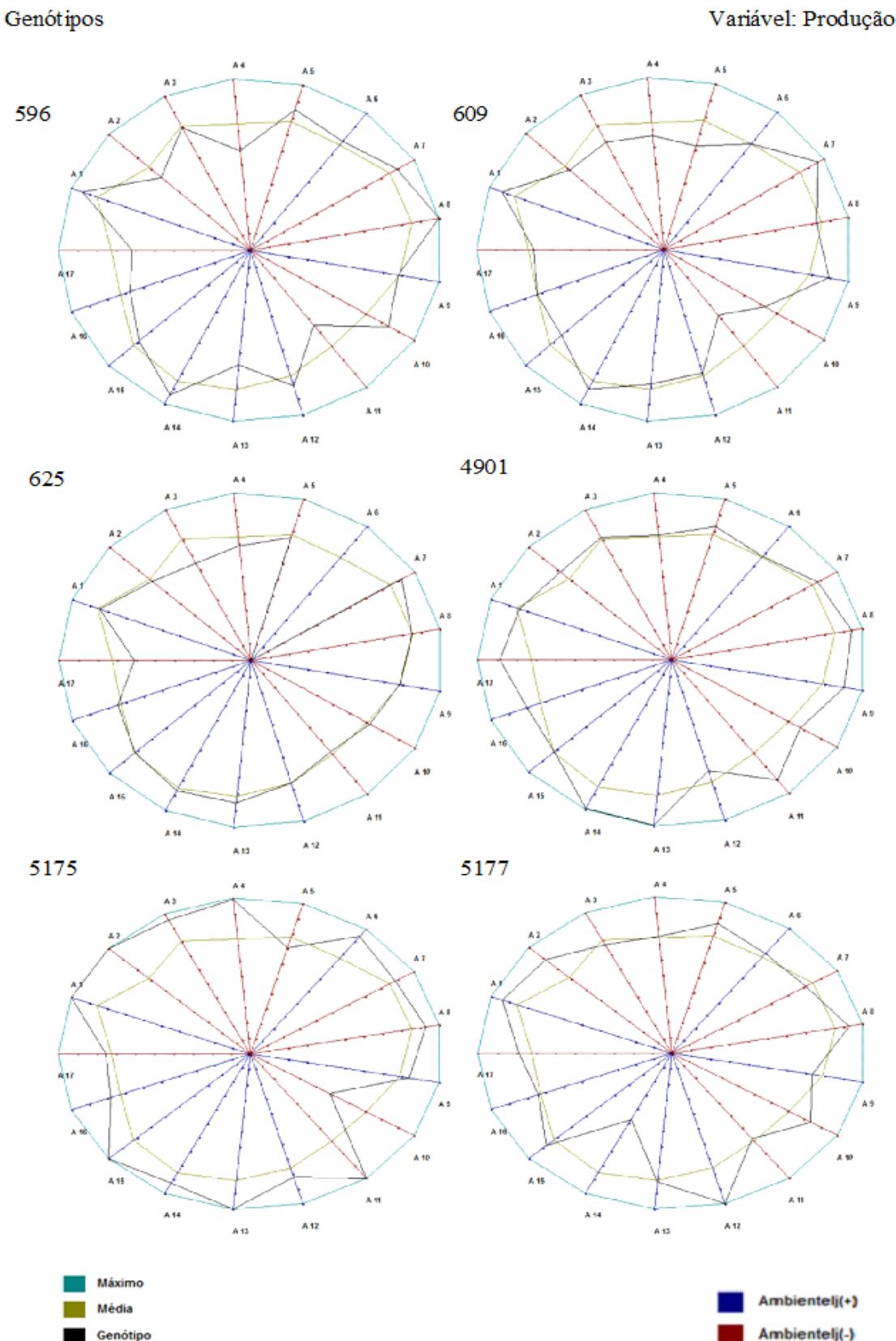
Nesta metodologia, foi avaliado o comportamento produtivo dos genótipos frente aos ambientes avaliados, assim foi possível detectar genótipos que apresentaram produtividade superior à media em cada ambiente, bem como aqueles que apresentaram media inferior. Visto isso, as linhagens 5467, 5694 e 5705 que apresentaram produtividade média inferior na maioria das localidades avaliadas, devem ser descartadas. As linhagens 5175, 6903 e 7651 demonstraram ampla adaptabilidade, pois expressou produtividade elevada à média geral para a maioria dos ambientes avaliados.

A linhagem 5175 foi a que se destacou com o maior potencial produtivo, pois apresentou média superior à média geral em 15 ambientes (exceções Engenheiro Beltrão-PR e Kaloré-PR). Foi possível observar que a linhagem apresentou produtividade máxima em Arapongas-PR, Araruna-PR, Catanduvas-PR, Klabin-PR, Ponta Grossa-PR e Sítio Casa Branca I-PR (Figura 1). Esses resultados indicam que a linhagem 5175 deveria ser a recomendada como cultivar para a maioria dos ambientes avaliados.

As metodologias não-paramétricas classificaram genótipos ideais de forma isolada, uma vez que não houve concordância entre as metodologias avaliadas. Pela metodologia proposta por Lin e Binns (1988), a linhagem 6903 deve ser indicada para o plantio, por apresentar alta produtividade e ter maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica dentre as linhagens estudadas. Já a metodologia da análise visual indicou a linhagem 5175, sendo esta tida como estável e adaptada entre as mais produtivas. Contudo, os métodos propostos por Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990), classificou as linhagens 5745, 7650 e 7651 como as mais estáveis, porém, apresentou produtividade moderada.

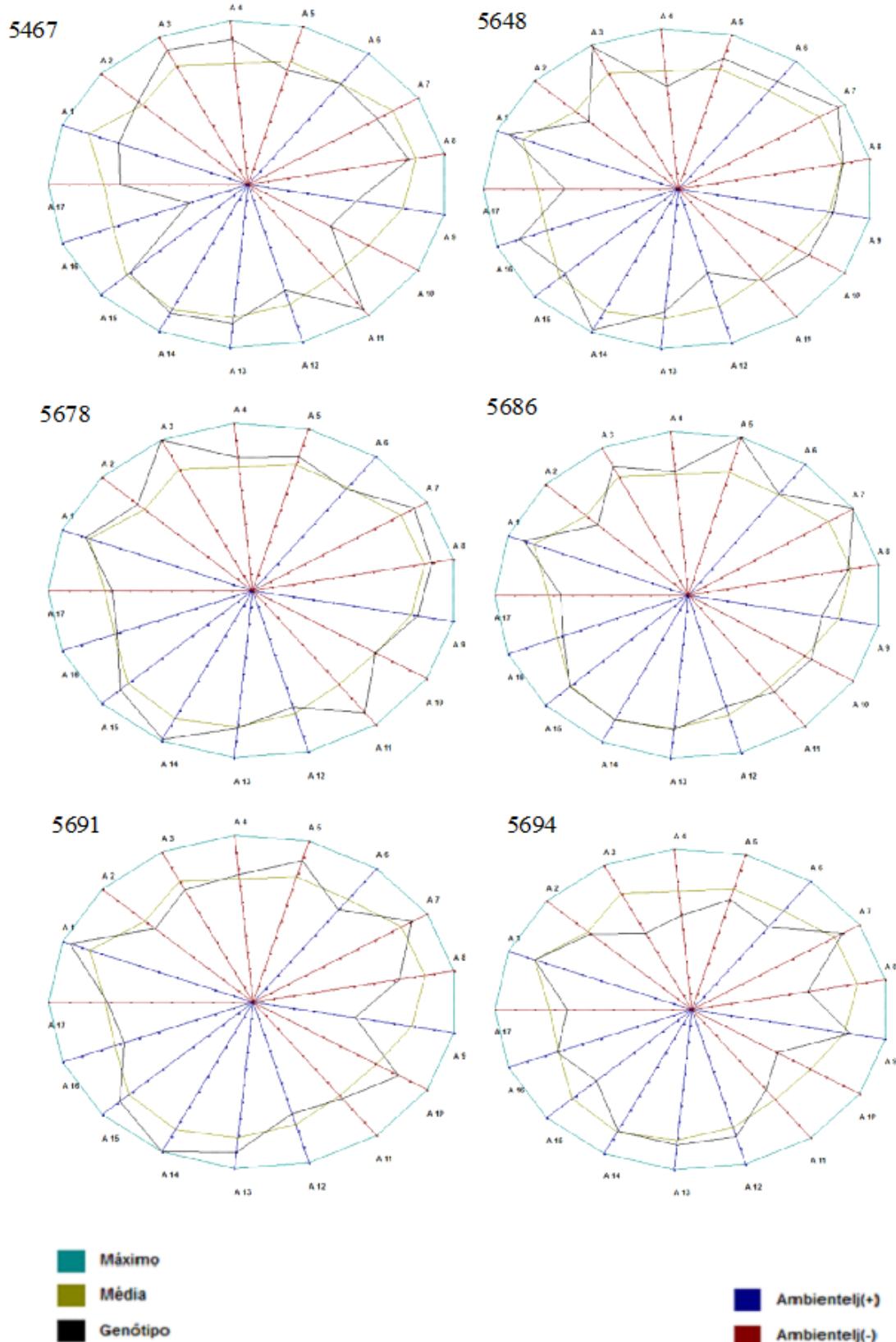
A metodologia de análise visual associada com o método proposto por Lin e Binns (1988), permitiu indicar a linhagem 5175 como a mais estável e adaptada, pois a mesma apresentou elevadas produtividades para a maioria dos ambientes avaliados. Isso pode ser visto claramente tanto no gráfico quanto pela baixa estimativa do parâmetro  $P_i$ . Apesar do baixo percentual genético, existe dentro da interação G x A um componente genético que pode ser explorado.

**Figura 2** – Método da análise visual com o desempenho de cada uma das 24 linhagens de soja avaliadas em 17 ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, na safra de 2012/13.



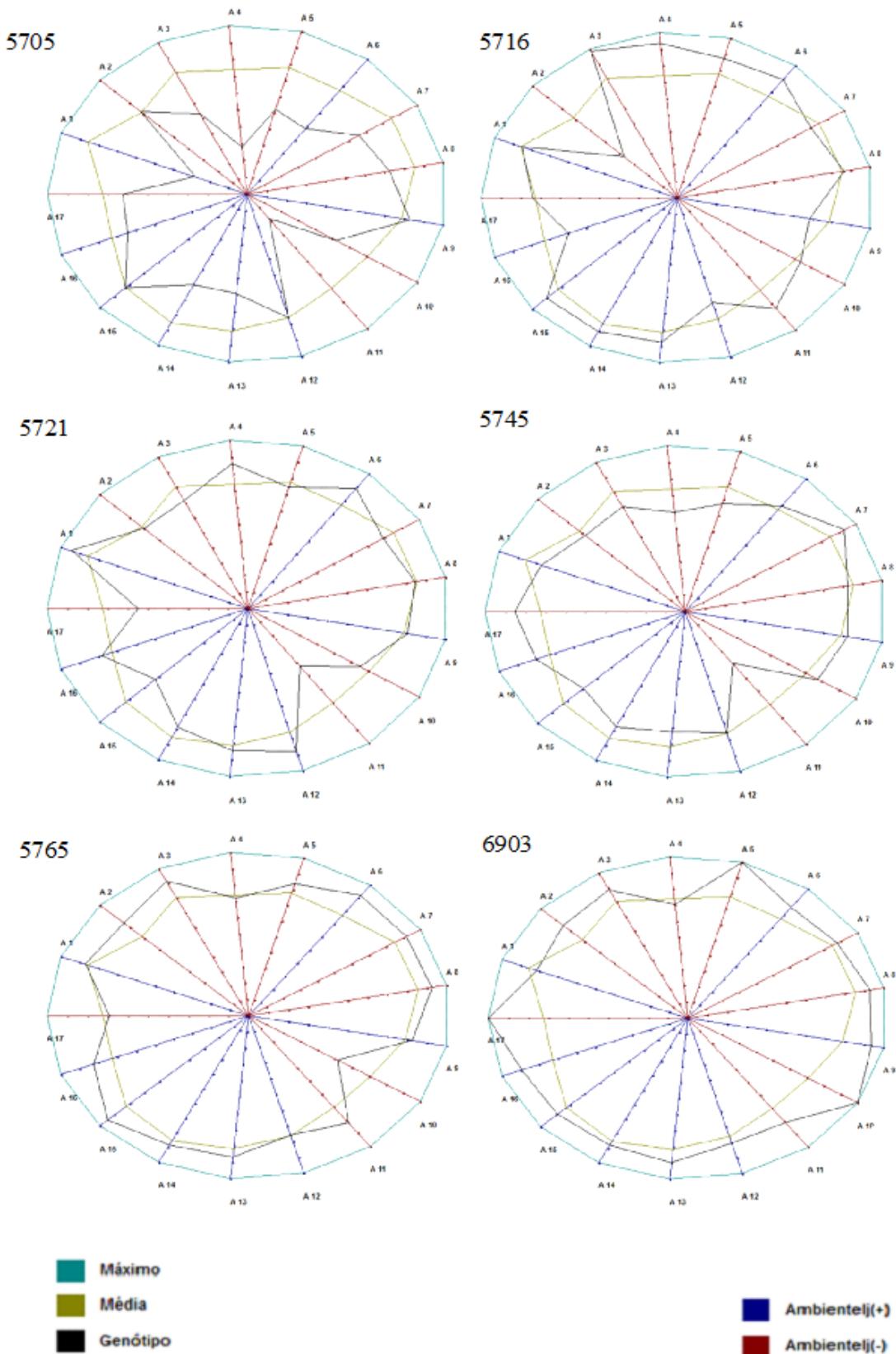
## Genótipos

Variável: Produção



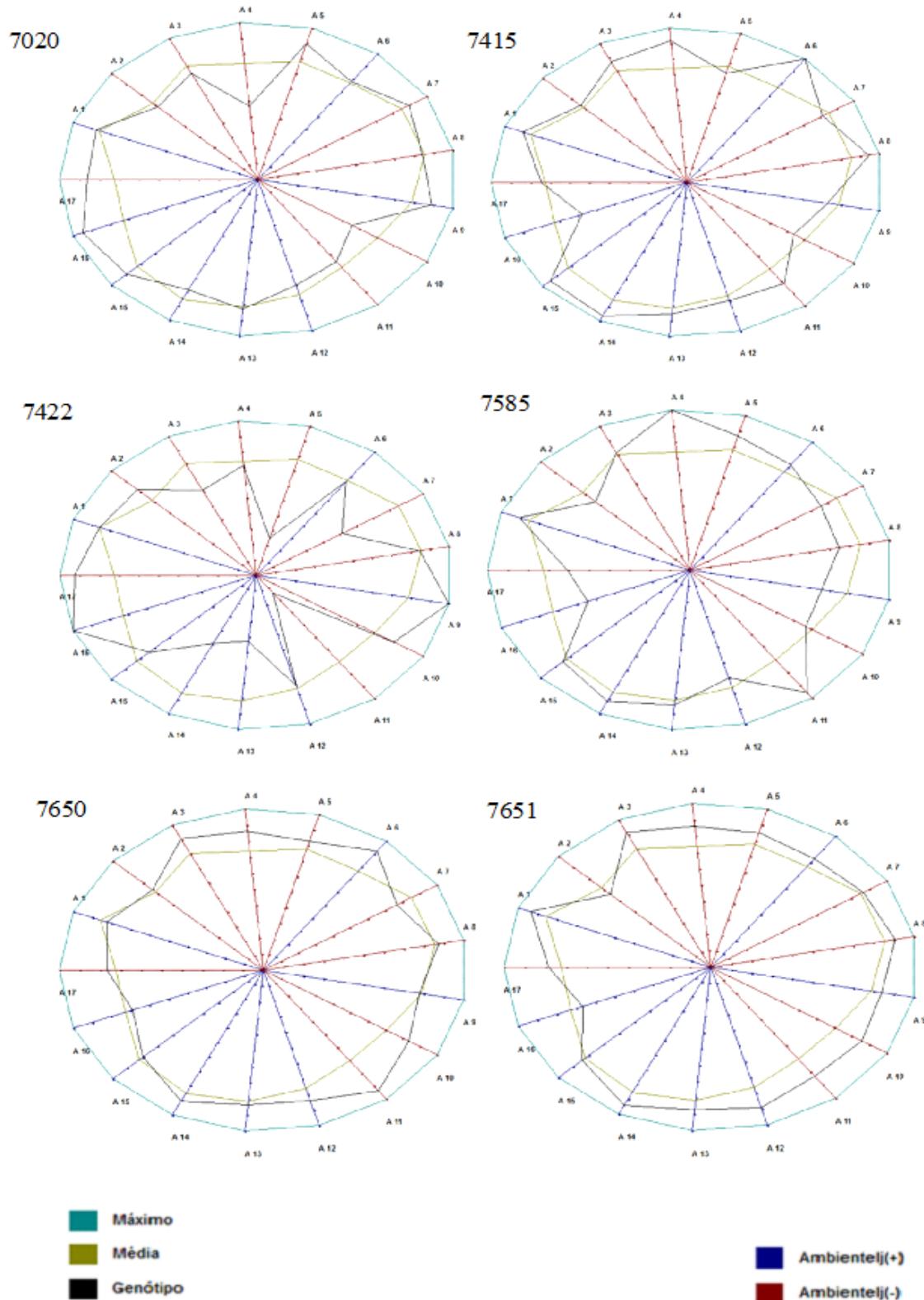
## Genótipos

## Variável: Produção



## Genótipos

## Variável: Produção



## Conclusões

Não houve coincidência na indicação de um genótipo ideal entre todas as metodologias não paramétricas avaliadas.

As metodologias de Lin e Binns (1988) classificou a linhagem 6309 como de ampla adaptabilidade e alta produtividade.

Pela metodologia de analise visual as linhagens 5175 e 6903 apresentaram-se estáveis e adaptadas entre as mais produtivas.

Pelos métodos proposto por Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990), classificou as linhagens 5745, 7650 e 7651 como as mais estáveis, porém, apresentou produtividade moderada.

## Referências

- CAIERÃO, E; SILVA, M.S.; SCHEEREN, P.L.; DEL DUCA, L.J.A.; JUNIOR, A. N.; PIRES, J.L. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1112-1117, 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.1. ed.3. Viçosa, UFV. 480p. 2004.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4ed. Edinburgh: Longman Group. 464p.1998.
- FOX PN, SKOVMAND B, THOMPSON BK, BRAUN HJ, CORMIER R. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. **Euphytica**.v.47, n.1, p. 57-64, 1990.
- HERNANDES, C. M.; CROSSA, J.; CASTILLO, A. The area under the function: naíndex for selection desirable genotypes. **Theoretical and Applied Genetics**.v.87, n.4, p. 409 – 415, 1993.
- HOOGERHEIDE, E.S.S.; Farias, F. J. C.; Vencovsky, R.; Freire, E. C. Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.42, n.5, 2007.
- HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. **Euphytica**, v.47, n.3, p.189-194, 1990.
- LUCHE, H.S; NORNBURG, R.; CRESTANI, M.; RIBEIRO, G.; WOYANN, L. G.; SILVA, J. A. G.; MAIA, L. C.; COSTA, de O. A. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em cultivares brasileiras e estrangeiras de aveia branca. **Current Agricultural Science and Technology**. v.19, n.1, p. 31-40, 2013
- LIN, C.S; BINNS.M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**.v.68, n.1, p.193-198, 1988.
- MANO, A. R. de O. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de feijão-de-corda**. 2009. 145 f Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- NETO, H. Z. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de clones RB (República do Brasil) precoce de cana-de-açúcar no estado do Paraná**. 78f. 2007. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.
- NUNES, H. F. **Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de feijão-caupi do tipo fradinho em cultivos de sequeiro e irrigado**. 2012. 106f Dissertação ( Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI.
- OLIVEIRA, R. L. R de. **Imputação de medidas para análise de estabilidade e adaptabilidade em experimentos conjuntos incompletos: uma aplicação em café conilon**. 52f, 2012. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKIO.T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do mato grosso. **Journal Bioscience.**v.29, n.4, p. 910-920, 2013

SABAGHNIA, N.; KARIMIZADEH, R.; MOHAMMADI, M. The use of corrected and uncorrected nonparametric stability measurements in durum wheat multi-environmental trials Spanish. **Journal of Agricultural Research.** v.10, n.3, 722-730, 2012

SILVA, G. A. P. **Estabilidade fenotípica do feijoeiro em ensaios regionais de produtividade.** 108p. 2010. Dissertação (mestrado)- Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP.

SILVÉRIO, L.; SILVA, K.E.F.; DOVALE, J.C; MARQUES, J. N.; SILVA, J.B..Combinação de métodos práticos para inferência da estabilidade de genótipos de soja. **VII Congresso Brasileiro de Soja.** Florianópolis, SC, 2015.

SOARES, P. C.; DOVALE, J. C.; CORNÉLIO V. M. O.; MORAIS, O. P. de. Metodologias Não Paramétricas na Inferência da Estabilidade de Genótipos de Arroz Irrigado. **7º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas.** Uberlândia, MG, 2013.

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

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

Na recomendação de cultivares, analisando as metodologias paramétricas e não paramétricas, foi verificado que houve coincidência nos resultados entre as metodologias de Eberhart e Russell (1966), Annicchiarico (1992), Cruz; Torres e Vencovsky (1989), Lin e Binns (1988) e da análise visual, classificaram a linhagem 6309 como de ampla adaptabilidade e estabilidade.

Os métodos de Huenh (1990) e Fox *et al.* (1990) classificaram as linhagens 5745, 7650 e 7651 com alta estabilidade e produtividade moderada.

A metodologia de análise visual associada àquela proposta por Lin e Binns (1988), permitiram classificar a linhagem 5175 como uma das mais produtivas, a mais estável e adaptada.

As metodologias analisadas no presente trabalho devem ser incorporadas em programas de melhoramento de soja, pois permitem a discriminação de linhagens quanto à adaptabilidade e estabilidade, além da identificação de ambientes mais favoráveis para seu cultivo.

## REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**.v.4, n.5, p. 503-508, 1964.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafathials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**.v.46, n.1, p. 269-278, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS/ABIOVE. **Complexo Soja-Balanço Oferta/Demanda**. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>> Acesso em: Julho de 2015.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; TEIXEIRA, R. de C.; REIS, M. S. Stability and adaptability analyses in soy (*Glycine max L.*) in MatoGrosso states. **Ambiência**.v. 6 n. 1 p.75 – 88, 2010
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; CRUZ, C. D.; Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.299-309, 2008.
- BRASIL, E. M.; CHAVES, L. J. Utilizacion de un modelo cuadratico para elstudio de la respuesta de cultivares a lavariacion ambiental. In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE GENÉTICA, 11., Monterrey, 1994 Memorias. Monterrey: Asociacion lationoamericana de genetica, 1994. p. 616.
- CAIERÃO, E; SILVA, M.S.; SCHEEREN, P.L.; DEL DUCA, L.J.A.; JUNIOR, A. N.; PIRES, J.L. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1112-1117, 2006.
- CARVALHO, C. G. P. de; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.de.; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; OLIVEIRA, M. F. de. Adaptability and stability study of soybean lines developed for highyield in Paraná State using four methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, n.2, p.247-256, 2002.
- CAVALCANTE, A.K.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; SOUSA, L. B.; NOGUEIRA, A P. O.; HAMAWAKI, C. D. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de Soja em Porto Alegre do Norte, MT. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 942-949, 2014.
- CELLA, A. J. da S. **Métodos uni e multivariados para estudo de adaptabilidade e estabilidade em soja**. 2012. 52p. Dissertação (Produção Vegetal- Melhoramento Genético) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO.
- CHAVES, L. J; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I. O. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, 2.2, p.259-268, 1989.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/CONAB. Estudos de prospecção de mercado safra 2014/15. Brasília: CONAB, março de 2015, 150p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 5de abril. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/CONAB. **Estudos de prospecção de mercado safra 2014/15.** Brasília: CONAB, março de 2015, 150p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 5de abril. 2015.

CORRÊA, L. V.T. **Adaptabilidade e estabilidade de progêneres de cafeiro Icatu.** 2004. 55p. Dissertação (Mestrado Agronomia- Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** v.1. ed.3. Viçosa, UFV. 480p. 2004.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética.** v.12, n.3, p. 567-580, 1989.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. Analternative approach to the stability analysis proposedby Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética.** v.12, n.2, p. 567-580, 1989.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Editora UFV, Viçosa-MG, 2006, 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed.Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 2001.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 4.ed. Viçosa: UFV, v.1, 2012. 514p.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties.**Crop Science**, Madison, v.6, n.3, p. 36-40, 1966.

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

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics.** 4ed. Edinburgh: Longman Group. 464p.1998.

FOX PN, SKOVMAND B, THOMPSON BK, BRAUN HJ, CORMIER R. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. **Euphytica.**v.47, n.1, p. 57-64, 1990.

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, Cap.4, p.85-122, 1996.

GONÇALVES, E. C. P.; DI MAURO, A. O.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja conduzidos em duas épocas de semeadura, na região de Jaboticabal – SP. **Científica.**v.35, n.1, p.61 - 70, 2007.

- HAMAWAKI, O. T.; OLIVEIRA NETO, J. O. de.; REZENDE, D. F.; CUNHA, M. C. G.; LANA, R. M. Q. Comportamento De Linhagens De Soja No Triângulo Mineiro E Em Goiatuba-GO **Bioscience Journal**.v. 25, n.5, p.36-42, 2009.
- HERNANDES, C. M.; CROSSA, J.; CASTILLO, A. The area under the function: naíndex for selection desirable genotypes. **Theoretical and Applied Genetics**.v.87, n.4, p. 409 – 415, 1993.
- HOOGERHEIDE, E.S.S.; Farias, F. J. C.; Vencovsky, R.; Freire, E. C. Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.42, n.5, 2007.
- HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. **Euphytica**, v.47, n.3, p.189-194, 1990.
- HYMOWITZ, T. On the domestication of the Soybean. **Economic Botany**.v.24, n.4, p.408-421, 1970.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/IBGE. **Produção Agrícola 2014**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: Junho de 2015.
- KANG, M.S.; MAGARI, R. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G., (ed.). Genotype by environment interaction. Boca Raton: CRC Press, Cap.1, p.1-14, 1996.
- LAVORANTI, O.J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- LIN, C.S; BINNS.M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**.v.68, n.1, p.193-198, 1988.
- LÓPEZ, C.R.; FORNÉS, L.F. Estabilidade genética em progêneres de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. In: IUFRO CONFERENCE ON SULVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCLYPTUS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. v.1, p.163-168.
- LUCHE, H.S; NORNBERG, R.; CRESTANI, M.; RIBEIRO, G.; WOYANN, L. G.; SILVA, J. A. G.; MAIA, L. C.; COSTA, de O. A. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em cultivares brasileiras e estrangeiras de aveia branca. **Current Agricultural Science and Technology**. v.19, n.1, p. 31-40, 2013
- MANO, A. R. de O. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de feijão-de-corda**. 2009. 145 f Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1567-1575, 2007.

MORAES, R. M. A. de; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.725-729, 2006.

NASCIMENTO, M; CRUZ, C. D.; CAMPANA, A. C. M; TOMAZ, R. S. SALGADO, C. C.; FERREIRA, R de P. Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.44, n.3, p.263-269, 2009.

NETO, H. Z. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de clones RB (República do Brasil) precoce de cana-de-açúcar no estado do Paraná**. 78f. 2007. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.

NUNES, H. F. **Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de feijão-caupi do tipo fradinho em cultivos de sequeiro e irrigado**. 2012. 106f Dissertação ( Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI.

OLIVEIRA, L.G.;HAMAWAKI, O. T.;SIMON, G. A. L. B. de S.; NOGUEIRA, A. P. O.; REZENDE, D. F.; HAMAWAKI, C. D.L.; adaptabilidade e estabilidade da produtividade de soja em duas regiões sojícolas. **Bioscience Journal**.v.28, n.6, p.852-61,2012.

OLIVEIRA, M.V. de. **Seleção de genótipos de soja para ampla adaptabilidade e alta estabilidade fenotípica**. 2014, 41p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

OLIVEIRA, R. L. R de. **Imputação de medidas para análise de estabilidade e adaptabilidade em experimentos conjuntos incompletos: uma aplicação em café conilon**. 52f, 2012. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; KIIHL, R.A. de S.; ALMEIDA, L.A. Desenvolvimento de cultivares de soja na Região Norte e Nordeste do Brasil. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.255-266.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKIO.T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do mato grosso. **Journal Bioscience**.v.29, n.4, p. 910-920, 2013

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

RICHIE, S. W.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G.O. **Como a planta de soja se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 1997. (Potafos. Arquivo do Agrônomo, 11). ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 174 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação dométodo centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones deEucalyptusgrandis. **Ciência Florestal**. v.15, n.3, p.255-266,2005.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, n.3 p.255-266, 2005.

ROMANATO, F. N. **Correlações fenotípicas e genotípicas, adaptabilidade e estabilidade em genótipos de soja.** 2013. 60f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.

SABAGHNIA, N.; KARIMIZADEH, R.; MOHAMMADI, M. The use of corrected and uncorrected nonparametric stability measurements in durum wheat multi-environmental trials Spanish. **Journal of Agricultural Research**. v.10, n.3, 722-730, 2012

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da Soja**, Parte I. Viçosa: UFV, 1993. 97p

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

SILVA, G. A. P. **Estabilidade fenotípica do feijoeiro em ensaios regionais de produtividade.** 108p. 2010. Dissertação (mestrado)- Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP.

SILVÉRIO, L.; SILVA, K.E.F.; DOVALE, J.C; MARQUES, J. N.; SILVA, J.B..Combinação de métodos práticos para inferência da estabilidade de genótipos de soja. **VII Congresso Brasileiro de Soja**. Florianópolis, SC, 2015.

SOARES, P. C.; DOVALE, J. C.; CORNÉLIO V. M. O.; MORAIS, O. P. de. Metodologias Não Paramétricas na Inferência da Estabilidade de Genótipos de Arroz Irrigado. **7º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas**. Uberlândia, MG, 2013.

TOLER, J. E.; BURROWS, P. M. Genotypic performance over environmental arrays : a mon-linear grouuping protocol. **Journal of Applied Statistics**, v. 25, n.1, p. 161-143, 1998.

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

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**. v.53, n.2, p.89-91, 1978.

VERNTETI, F. J. Genética da soja: caracteres qualitativos. In: VERNETTI, F. J (Org.). **Soja**. Campinas: Fundação Cargill, v.2, cap. 7, p. 466-724, 1983.

YAN, W.; KANG, M.S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P.L. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, v.47, n.2, p.643-653, 2007.

