

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Epistasia e interação epistasia por locais para a produção de grãos em soja**

**MARCO ANTONIO ACEVEDO BARONA**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia. Área de concentração:  
Genética e Melhoramento de Plantas

**PIRACICABA**  
**2007**

**MARCO ANTONIO ACEVEDO BARONA**  
**ENGENHEIRO AGRÔNOMO**

**Epistasia e interação epistasia por locais para a produção de grãos em soja**

Orientador:  
Prof. Dr. Isaias Olívio Geraldi

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia. Área de Concentração:  
Genética e Melhoramento de Plantas

**PIRACICABA**  
**2007**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Acevedo Barona, Marco Antonio  
Epistasia e interação epistasia por locais para a produção de grãos em soja /  
Marco Antonio Acevedo Barona. - - Piracicaba, 2007.  
81 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.  
Bibliografia.

1. Grãos 2. Melhoramento genético vegetal 3. Soja 4. Variação genética em  
plantas I. Título

CDD 633.34

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

A minha mãe **Yolanda M. Barona de Acevedo**  
A minha esposa **Yngri C. Mejías Acosta**  
A meu filho **Marco A. Acevedo Mejías**  
Aos meus irmãos **José, Emigdio, Lisbet e Lisete**

**DEDICO**

A meu pai **Rafael Napoleón Acevedo Azuaje** (In Memoriam)

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, todo-poderoso;

Ao Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA), Venezuela;

Ao Professor Isaias Olívio Geraldi pela orientação, confiança, amizade, profissionalismo e ensinamentos;

Ao Professor Cláudio Lopes de Souza Jr., pela amizade, confiança e ensinamentos;

Ao amigo Elcio Perpetuo Guimarães (EMBRAPA/FAO) pela orientação, amizade e confiança;

Ao pessoal da Unidade da Comissão de Educação INIA, em especial ao Lic. Juan Acosta e a Sra. Natalia Pena;

Ao colega e amigo José Manoel Colombari Filho pela amizade, confiança, companheirismo e sugestões na redação deste trabalho;

Aos docentes do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pelos ensinamentos recebidos;

Aos colegas da pós-graduação, em especial: Vanderlei da Silva Santos, Uira C. Belmonte, Mateus Figueiredo, Emiliano Costa, Pedro Belicuas, Jair Unfried, Luiz A. Stabile, Luis Hanai, Walter F. Bernardi, Paulo F. de Melo, Maria A. dos Santos, Edgar Torres, Larissa Pereira de Castro, Guilherme J. Farias e todos os que contribuíram, mas não foram mencionados;

Aos funcionários do Departamento de Genética (Laboratório de soja), em especial a Fernando Araújo, Gustavo Perina, e aos trabalhadores do campo pelo valioso auxílio na condução dos experimentos;

A toda minha família pelo incentivo e apoio;

Obrigados a todos.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
SUMMARY.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 DESENVOLVIMENTO.....	10
2.1 Revisão de literatura.....	10
2.1.1 Epistasia.....	10
2.1.2 Principais limitações dos estudos de epistasia.....	13
2.1.3 Detecção de epistasia em estudos biométricos.....	14
2.1.4 Estudos de epistasia em soja.....	17
2.1.5 Métodos de detecção de epistasia.....	19
2.2 Material e Métodos.....	25
2.2.1 Material experimental.....	25
2.2.2 Características das locais.....	26
2.2.3 Execução experimental.....	26
2.2.3.1 Obtenção de populações $F_1$ .....	26
2.2.3.2 Obtenção de populações $F_2$ .....	26
2.2.3.3 Obtenção de populações $F_3$ .....	27
2.2.3.4 Obtenção de populações $F_4$ .....	28
2.2.5 Delineamento e características dos experimentos.....	30
2.2.4 Caracteres avaliados.....	28
2.2.6 Análise estatístico-genética.....	29
2.2.6.1 Modelo matemático para análise individual.....	30
2.2.6.2 Modelo matemático para análise conjunta.....	31
2.2.7 Modelos biométricos.....	32
2.2.7.1 Detecção de epistasia.....	35
2.2.7.2 Detecção de aditividade e dominância.....	36
2.2.7.3 Análise conjunta por locais para epistasia.....	37
2.3 Resultados e Discussão.....	39
2.3.1 Análise de variância individual.....	39
2.3.2 Análise de variância conjunta.....	49
2.3.3 Detecção de epistasia para produtividade de grão.....	55
2.3.4 Detecção de interação epistasia por localidade para produtividade de grão.....	58
2.3.5 Estudo de contraste $(\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i} - \bar{P}_i)$ de médias individual e conjunta.....	61
3 CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICES.....	75

## RESUMO

### Epistasia e interação epistasia por locais para a produção de grãos em soja

Nos programas de melhoramentos de soja as progênies endogâmicas são frequentemente avaliadas como possíveis cultivares. O estudo da estrutura da variação genética entre progênies de diferentes gerações de autofecundação depende da ação dos locos envolvidos e da variação do caráter sob estudo. Em soja o caráter produção de grãos (PG) é considerado o de maior importância econômica e destaca-se por apresentar herança quantitativa e ser altamente influenciada pelo ambiente. As estratégias de seleção utilizadas para o desenvolvimento de cultivares em soja poderiam ser otimizadas através do estudo da importância relativa dos componentes de variância, particularmente a proporção de variação devida à interação não alélica (epistasia). Com o objetivo de estudar a variação epistática e sua interação com ambientes (locais) para a produção de grãos em soja utilizou-se o delineamento “*Triple Test Cross Modificado*” (TTC) de JINKS, PERKINS e BREESE (1969). Uma amostra de 32 linhagens ( $P_i$ ) derivadas de um cruzamento biparental foi cruzada com duas linhagens divergentes ( $L_1$  e  $L_2$ ) contrastantes para PG, derivadas da mesma população (testadores). Os experimentos de avaliação foram conduzidos no ano agrícola de 2006/2007 em dois locais (Piraciacaba e Anhembi) em delineamentos em látice triplo 10 x 10. Os tratamentos correspondiam aos 32 cruzamentos  $P_i \times L_1$ , 32 cruzamentos  $P_i \times L_2$ , 34 linhas puras (32  $P_i$  + 2 testadores) e duas testemunhas comerciais. De acordo com a metodologia utilizada foram estudados os contrastes ( $\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i} - \bar{P}_i$ ) para avaliar a ocorrência de epistasia. Os resultados das análises individuais mostraram que a epistasia afetou a expressão da produção de grãos em ambos os locais. A análise conjunta permitiu detectar significância para locais, epistasia e interação epistasia por locais, indicando que a produção de grãos em soja é afetada pela interação não alélica (epistasia) e que esta não é consistente entre locais. O estudo do contraste ( $\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i} - \bar{P}_i$ ) das médias individuais nas análises por local e na análise conjunta indicou haver contribuição diferencial dos genótipos para a epistasia. Os resultados gerais indicam que a epistasia pode ser um componente importante para a expressão da produção de grãos de soja e, conseqüentemente, esta deveria ser incluída nos modelos para a decomposição dos componentes da variância genética.

**Palavras-chave:** Soja; Triple Test Cross; TTC; Epistasia; Interação Epistasia x Locais

## SUMMARY

### Epistasis and epistasis by location interaction for grain yield in soybean

In soybean breeding programs the selfing progenies are generally evaluated as possible cultivars. The study of the structure of the genetic variation among progenies in different generations of selfing depends upon the action of the loci involved and the variability of the trait under study. In soybeans, grain yield is the most important trait and it is characterized by a quantitative inheritance and highly influenced by the environment. The selection strategies used for the development of soybean cultivars could be optimized through the study of the relative importance of the variance components, in particular the proportion of the non-allelic interaction component (epistasis). In order to study the epistatic variation and its interaction with locations for grain yield in soybeans the “*Modified Triple Test Cross*” (TTC) method (JINKS, PERKINS e BREESE, 1969) was used. A sample of 32 inbred lines ( $P_i$ ) derived from a single cross were crossed with two divergent inbred lines ( $L_1$  e  $L_2$ ) of the same population (testers). The experiments were carried out in the 2006/2007 growing season in two locations (Piracicaba and Anhembi) in a 10x10 triple lattice design. Entries consisted of the 32  $P_i \times L_1$  crosses, 32  $P_i \times L_2$  crosses, 34 lines ( $P_i + 2$  testers) and 2 commercial checks. Following the methodology, the contrasts ( $\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i} - \bar{P}_i$ ) were studied in order to evaluate the occurrence of epistasis. General results showed that epistasis affected grain yield in soybeans in both locations. Significance for locations, epistasis and epistasis by locations interactions were also detected in the joint analysis of variance, indicating that grain yield in soybeans is affected by the non-allelic interaction (epistasis) and that the epistasis is not consistent in different locations. A study of the contrast ( $\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i} - \bar{P}_i$ ) of individual means for each location and in the joint analyses indicated the occurrence of differential contribution of the genotypes for the epistasis. General results had demonstrated that epistasis could be an important component for the expression of grain yield in soybeans and consequently it should be included in the model for the partition of the genetic components of variance.

**Keywords:** Soybean; Triple Test Cross; TTC; Epistasis; Epistasis by Location Interaction



## 1 INTRODUÇÃO

Nos programas de melhoramentos de soja as progênies endogâmicas são freqüentemente produzidas e avaliadas como possíveis cultivares. O estudo da estrutura da variação genética entre progênies em diferentes gerações de autofecundação depende da ação dos locos envolvidos e da variação do caráter sob estudo.

As maiorias dos caracteres de importância econômica nas diferentes espécies, são do tipo quantitativo, em que os estudos genéticos desses caracteres são realizados adotando o modelo básico que define o valor fenotípico como o resultado do efeito do genótipo sob a influência do ambiente. Conseqüentemente, a variação genotípica e a variação atribuída aos desvios do ambiente constituem os componentes da variação fenotípica. Segundo ALLARD (1971), o primeiro trabalho sob variação genética foi realizado pelo biólogo JOHANNSEN, que demonstrou que a variação fenotípica, observável, resulta da ação conjunta da variação genética e da variação ambiental.

Segundo CRUZ (2005), quando se avalia um conjunto de genótipos em vários ambientes, deve-se considerar um efeito adicional na expressão do fenótipo dado pela interação genótipos por ambientes. RAMALHO *et al.* (2000) explicaram que o efeito ambiental sempre se apresenta como um fator de incerteza na estimativa dos parâmetros genéticos. Uma forma de detectar a interação genótipo x ambiente é através da utilização de delineamentos biométricos apropriados, repetidos em diferentes ambientes, o que permite a estimação da variabilidade devida aos efeitos ambientais e suas interações e a maximização da correlação entre genótipo e fenótipo.

Com o desenvolvimento da genética quantitativa, conseguiu-se compreender melhor o componente genotípico da variação fenotípica, o qual resulta da ação e da interação entre os alelos do mesmo loco ou de locos diferentes. A primeira decomposição da variância genética foi feita por FISHER, quando demonstrou que ela contém três componentes: (a) a variância aditiva, devida aos efeitos médios dos alelos;

(b) a variância dominante, devida as interações entre alelos do mesmo loco; e (c) a variância epistática, oriunda das interações entre alelos de locos distintos.

Segundo BERNARDO (2002) os efeitos epistáticos existem quando a soma dos efeitos individuais dos locos são maiores ou menores que o efeito total dos mesmos, isto é, que o total não é igual a soma das partes. No melhoramento de espécies autógamas, que visa à obtenção de linhas puras superiores, possivelmente os efeitos epistáticos mais importantes seria o de tipo i (aditivo x aditivo), já que as populações são formadas somente por genótipos homozigóticos. Porém, geralmente nas espécies alógamas o objetivo é desenvolver populações heterozigóticas, e então diferentes efeitos epistáticos são importantes, pois cada genótipo presente na população possui combinações de genes em homozigose e em heterozigose. Este autor relata ainda que a falta de variância epistática indica que os locos atuam de acordo com um modelo aditivo-dominante. A falta das variâncias dominante e epistática indicam que os locos atuam segundo um modelo somente aditivo. Entretanto, quando a variância aditiva, dominante e epistática estão presentes, não é possível estimar adequadamente as magnitudes relativas destes parâmetros, utilizando modelos biométricos convencionais.

O delineamento “*Triple Test Cross*” (TTC) é uma extensão do Delineamento III da Carolina do Norte, em que não somente possibilita obter estimativas da variância aditiva e dominante, como também da variância epistática, (KEARSEY e JINKS, 1968; JINKS, PERKINS E BREESE, 1969; e KETATA *et al.*, 1976). HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) analisaram os modelos antes propostos e notaram que eles permitem estimar os componentes da variância genotípica com eficiência, visto que existem equações suficientes para estimar as variâncias, até mesmo as de pequena ordem.

A importância da epistasia tem sido demonstrada em caracteres qualitativos e quantitativos, utilizando os distintos métodos do TTC, em espécies alógamas e autógamas, como milho, trigo, arroz, tomate e soja. Em soja, porém, existem poucos trabalhos sobre variância epistática. O objetivo deste trabalho foi estudar a variância epistática para produção de grãos em soja e sua interação com locais.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

