



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA**

---

**ANDERSON PARANZINI FARIA**

**GANHO GENÉTICO EM SOJA**

---

Londrina  
2007

**ANDERSON PARANZINI FARIA**

**GANHO GENÉTICO EM SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Deonísio Destro

Londrina  
2007

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

F224g Faria, Anderson Paranzini.  
Ganho genético em soja / Anderson Paranzini Faria. – Londrina, 2007.  
61f. : il.

Orientador : Deonísio Destro.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2007.

Bibliografia : f. 54-61.

1. Soja – Melhoramento genético – Teses. 2. Soja – Produtividade – Teses. I. Destro, Deonísio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 631.52:633.34

**ANDERSON PARANZINI FARIA**

## **GANHO GENÉTICO EM SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Deonísio Destro – UEL

---

Prof. Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior –  
IAPAR

---

Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria – UEL

---

Prof. Dr. Cássio Egidio Cavenaghi Prete – UEL

---

Prof. Dr. Claudemir Zucareli – UEL

---

Prof. Dr. Deonísio Destro – Orientador  
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 28 de fevereiro de 2007.

## **DEDICATÓRIA**

A Deus, por mais esse passo,  
Agradeço.

À minha esposa Flavia, ofereço.

Aos meus pais, Alberto e Alayr,  
meus irmãos André e Alberto e  
ao meu sogro Ubirajara, dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me iluminar e me conduzir até o presente momento da minha vida, proporcionando me paz e sabedoria para enfrentar todas as dificuldades que a mim são confiadas. A toda minha família avós, tios e primos, e especialmente aos meus pais, Alberto Tadeu Nery Faria e Alayr Aparecida Paranzini Faria, meus irmãos André Paranzini Faria e Alberto Paranzini Faria, eu agradeço pelo incentivo, confiança e educação dedicados a mim durante toda a minha vida, caracterizando uma família sempre presente em minha caminhada. Agradeço a toda família da minha esposa, ao pai Ubirajara Luiz Bruel e a mãe Mariuza das Graças Farinácio Bruel que não se encontra presente conosco fisicamente, mas de algum lugar ainda olha por nós, sua irmã Daniela Cristina Bruel e em especial a minha esposa Flavia Helena Bruel, pelo amor e companheirismo dedicados a mim desde Novembro de 2000 e pelo apoio e motivação proporcionado pelo nosso namoro durante a nossa vida acadêmica, e principalmente por escolher viver comigo.

Agradeço a meu orientador Professor Doutor Deonísio Destro pelos conhecimentos científicos repassados a mim, bem como pelas lições de vida que me fizeram crescer pessoalmente e profissionalmente durante os meus anos de convívio na UEL, também por me proporcionarem adquirir novos conhecimentos a respeito do melhoramento de plantas.

Agradeço também aos componentes da minha banca Dr. Ricardo Tadeu de Faria, ao Pesquisador do IAPAR Doutor Nelson da Silva Fonseca Júnior por toda a amizade e empenho em me auxiliar, na amizade compreensão e estímulo, além do vasto conhecimento passado em todas as nossas conversas. Aos suplentes Dr. Cássio Egidio Cavenaghi Prete e ao Dr. Claudemir Zucareli por se colocarem a disposição, se prontificando a fazer parte da banca.

O convívio com o aluno de graduação em Engenharia Agrônoma: Philip Traldi Wysmierski, por todo seu companheirismo e amizade durante esses anos.

Agradeço ao pessoal de apoio da UEL, tanto do Setor de Campo Experimental, principalmente ao Técnico Agrícola Uri Antonio Carneiro, por toda sua ajuda, pró-atividade e amizade, quanto do Laboratório de Fitotecnia, principalmente ao José Vicentini Neto pela colaboração na instalação e execução do experimento, bem como no auxílio nos anos desde a graduação.

Eu e o Departamento de Agronomia da UEL agradecemos ao Departamento de agronomia e Genética da Universidade de Minnesota, especialmente ao Dr. James H. Orf e Phil Schaus, por terem fornecido os dados para a elaboração do artigo "GANHO GENÉTICO EM SOJA NO ESTADO DE MINNESOTA, USA, NO PERÍODO 1988 A 2005".

“EU CONHEÇO PESSOAS DE AÇÃO”

“CONHEÇO PESSOAS DE AÇÃO, QUE SEMPRE SERÃO DE AÇÃO.  
QUEREM SABER POR QUÊ? EU LHES DIREI PORQUÊ!  
PORQUE SEMPRE TERMINAM AQUILO QUE COMEÇAM”.

Treinamento Dale Carnegie®

FARIA, Anderson Paranzini. **Ganho genético em soja**. 2007. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

## RESUMO

A seleção de genótipos de soja com elevada produtividade de grãos e a capacidade de adaptação ambiental são objetivos dos programas de melhoramento genético. Para verificar se o ganho genético por meio de melhoramento da cultura da soja está sendo alcançado é necessário que, freqüentemente, cada programa de melhoramento faça uma auto-avaliação. Isso possibilita verificar se houve progresso efetivo e se determinada condição de cultivo foi privilegiada pelo melhoramento e corrigir eventuais distorções de metas. Para que realmente haja avanços significativos com os programas de melhoramento genético, deve ser feita a avaliação de sua eficiência, sendo necessária a utilização de métodos que quantifiquem o avanço genético. A possibilidade de predição dos ganhos obtidos por seleção constitui-se em uma das principais contribuições para o melhoramento. Desta forma, torna-se possível orientar de maneira mais efetiva o programa de melhoramento, prever o sucesso do esquema de seleção adotado e determinar, de forma científica, quais as técnicas que podem ser mais eficazes. Seguindo estas metas propostas foi estimado o ganho genético em soja no Estado de Minnesota, USA, no período 1988 a 2005. Os ensaios foram feitos em três regiões: norte, central e sul do Estado. Em cada região foram utilizados três locais. Os dados foram coletados durante 18 anos de cultivo de soja convencional e sete anos de cultivo de soja transgênica. O ganho genético foi estimado para produtividade de grãos, teor de proteína e teor de óleo. Ao analisar a característica ganho genético para produtividade de grãos, detectou-se que os genótipos não transgênicos apresentaram ganho genético da ordem de 1%. Os genótipos transgênicos proporcionaram ganho genético da ordem de 2%. Porém, para a característica teor de óleo nenhum dos resultados foi significativo. Os resultados das análises para teor de proteína, nos genótipos em estudo, apresentaram-se negativos e significativos estatisticamente somente para os genótipos transgênicos das regiões Central e Sul. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a alternativa utilizada para aumentar a produtividade de óleo e proteína foi a de aumentar a produtividade de grãos, mantendo-se constante a porcentagem de óleo e proteína. Essa estratégia foi eficiente para todos os resultados de teor de óleo e para os teores de proteínas exceto os que apresentaram resultados negativos e significativos.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Progresso genético. Produtividade de grãos. Adaptabilidade.

FARIA, Anderson Paranzini. **Genetic gain of soybean.** 2007. 71p. Dissertation (Master`s Degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

## ABSTRACT

The selection of genotypes of soybean with high grain yield and high capacity of environment adaptation are the objectives of the genetic improvement programs. To verify if the genetic gain through of the breeding of the soybean crop is being reached it is necessary that, frequently, each improvement program makes an auto-evaluation. This permits the verification if there has been effective progress, if a certain culture condition was privileged by the breeding and to correct eventual distortions of goals. For the breeding programs to have significant advances, the evaluation of the breeding program's efficiency must be made, being necessary the use of methods that quantify the genetic advances. The possibility of prediction of the gains obtained by selection consists in one of the main contributions for the genetic improvement. In this manner, it is possible to guide more effectively the breeding program, to predict the success of the adopted selection method and to determine, scientifically, which techniques can be more efficient. Following these proposed guidelines, the genetic gain for soybean was estimated in the state of Minnesota, USA, between 1988 and 2005. The trials took place in three regions: the north, central and south areas of the state. In each region, three locations were used. The data was collected during 18 years of cultivation of conventional soybean and seven years of cultivation of transgenic soybean. The genetic gain was estimated for grain yield, protein content and oil content. By analyzing the genetic gain characteristic for grain yield, we detected that non-transgenic genotypes presented a genetic gain of around 1%. The transgenic genotypes presented a genetic gain of around 2%. However, for the oil content characteristic, none of the results were significant. The results of the analysis for protein content, in the studied genotypes, were negative and statistically significant only for the genotypes of the central and south regions. Therefore, the results obtained in this study demonstrate that the alternative used to increase oil and protein yield was to increase grain yield and maintain oil and protein content constant. This strategy was efficient for all the oil content results and for all the protein content results, except for the ones that were negative and significant.

**Keywords:** *Glycine max*. Genetic progress. Grain yield. Adaptability.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1 SOJA.....	12
2.2 MELHORAMENTO DA CULTURA.....	13
2.3 INTERAÇÕES.....	14
2.4 SELEÇÃO.....	15
2.5 GANHO GENÉTICO .....	16
<b>3 ARTIGO: GANHO GENÉTICO NA CULTURA DA SOJA</b> .....	17
3.1 RESUMO E ABSTRACT .....	17
3.2 INTRODUÇÃO .....	19
3.3 MÉTODOS PARA ESTIMAÇÃO DE GANHO GENÉTICO.....	22
3.4 RESULTADOS COM SOJA .....	26
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
<b>4 ARTIGO: GANHO GENÉTICO EM SOJA NO ESTADO DE MINNESOTA, USA, NO PERÍODO 1988 A 2005</b> .....	27
4.1 RESUMO E ABSTRACT .....	27
4.2 INTRODUÇÃO .....	29
4.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	31
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.5 CONCLUSÕES .....	57
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	58
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59
<b>APÊNDICES</b> .....	69

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo, principalmente devido aos elevados teores de proteína (40%), óleo (20%) e pela alta produtividade de grãos. No Brasil, ela é cultivada numa grande diversidade de ambientes, englobando altas e baixas latitudes. Devido a essa ampla variação, torna-se fundamental a seleção de genótipos com elevada produtividade de grãos e adaptabilidade a vários ambientes.

A demanda da soja tem origem nos seus dois produtos originários do esmagamento, ou seja, o farelo e o óleo. A participação média do óleo de soja no mercado mundial de óleos vegetais comestíveis é de 27,5% (VASCONCELOS, 1994). De modo semelhante ao ocorrido nos mercados de grãos e farelo, os Estados Unidos lideram a produção de óleo, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial.

Os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial, primeiramente como forrageira e, posteriormente, como grão, enquanto a Rússia, Inglaterra e Alemanha fracassaram nas tentativas de introdução comercial do cultivo do grão. Em 1940, no auge do seu cultivo como forrageira, foram cultivados nos Estados Unidos, cerca de dois milhões de hectares com tal propósito (EMBRAPA SOJA, 2005).

A pesquisa cumpriu papel fundamental no processo de expansão da oleaginosa pelo mundo. Com a descoberta, nos anos 70, dos alelos para o período juvenil longo, houve a possibilidade de desenvolvimento e expansão no cultivo de soja em regiões com menores latitudes. Sendo assim, a pesquisa conseguiu agregar potencial genético a soja, dando-lhe a capacidade de se adaptar a diferentes ecossistemas e regiões edafoclimáticas (MIRANDA, 2003). E isto foi somente o primeiro passo, para grandes desafios e descobertas do melhoramento como a busca de materiais resistentes as mais importantes doenças, cultivares mais produtivos e até materiais com maiores teores de óleo e proteína.

A correlação reflete o grau de associação entre caracteres. Seu conhecimento é importante porque mostra como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros caracteres. Nos programas de melhoramento, geralmente, além de se visar o aprimoramento de um caráter principal, busca-se

também manter ou melhorar a expressão de outros caracteres simultaneamente (LOPES et al., 2002).

Em soja, os estudos sobre correlações genóticas, fenotípicas e de ambiente têm envolvido os caracteres coletados desde o florescimento até a maturação, destacando-se a produtividade de grãos e seus componentes e, mais recentemente, envolvendo análises quantitativas e qualitativas de óleo e proteína. (SHARMA, 1979; CECON et al., 1993; AKHTER; SNELLER, 1996; TAWARE et al., 1997; MORRISON et al., 2000).

Os progressos genéticos referem-se às alterações observadas nas características de interesse durante um ciclo de seleção, com a recombinação e multiplicação das unidades selecionadas. Tais modificações ocorrerão em magnitude e sentido variados, dependendo da estratégia e dos critérios de seleção adotados. Assim, uma das atribuições mais importantes do melhorista de plantas é identificar critérios de seleção capazes de promover alterações, no sentido desejado, nas características de interesse dentro de um programa de melhoramento (REIS et al., 2004).

De acordo com Costa et al. (2004) os programas de melhoramento genético da cultura são essenciais para atender à crescente demanda por maiores produções, possibilitando aumento de variabilidade e conseqüente ampliação da base genética e a seleção dos melhores genótipos de uma população capazes de superar os patamares de produtividade de grãos.

O conhecimento do comportamento dos diferentes ciclos de maturação ajuda no planejamento das épocas de semeadura e colheita, possibilitando ao produtor enfrentar com maior grau de sucesso as variações do ambiente (doenças e pragas, chuvas excessivas, secas, geadas, efeitos do fotoperíodo) (ROCHA; VELLO, 1999).

O progresso genético direcionado em qualquer espécie está associado à existência de variabilidade genética, à seleção natural e/ou artificial e ao ajuste dos genótipos aos ambientes existentes. Comprovada a presença da variabilidade genética, a seleção assume importância no progresso genético (REIS et al., 2004).

Segundo Rossmann (2001) a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, tais como herdabilidades, correlações genéticas e fenotípicas e ganhos esperados com seleção, têm importância em programas de

melhoramento genético, pois possibilitam a tomada de decisões relacionadas com a escolha do método mais apropriado, os caracteres que devem ser selecionados em etapas iniciais e avançadas de um programa e também o peso que deve ser atribuído a cada caráter, separadamente ou em conjunto.

Contudo, selecionar progênies superiores não é tarefa fácil uma vez que os caracteres de importância, em sua maioria quantitativos, apresentam comportamento complexo por serem influenciados pelo ambiente e estarem inter-relacionados de tal forma que a seleção de um provoca uma série de mudanças em outros (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Fonseca Júnior (1997), estudando os diferentes métodos para se estimar ganho genético, no período de 1977 a 1995, em feijão, concluiu que o desafio dos métodos de estimativas de ganho genético é obter médias de genótipos mais livre possível do efeito ambiental.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é reconhecida como uma das mais antigas plantas cultivadas no planeta. As primeiras citações do grão apareceram no período entre 2.883 e 2.838 a.C., quando a soja era considerada um grão sagrado, como o arroz, o trigo, a cevada e o milheto, por sua importância na dieta alimentar dos chineses. Porém, alguns autores acreditam que as referências à soja são ainda mais antigas (EMBRAPA SOJA, 2005).

Nos seus primórdios a soja era de hábito rasteiro, sendo encontrada na costa leste de Ásia, principalmente na China. Sua evolução ocorreu de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (EMBRAPA SOJA, 2005).

Por milhares de anos, a produção e o consumo de soja ficaram restritos à civilização oriental, enquanto o Ocidente ignorava sua existência e importância, somente no final do século XV foi introduzida na Europa em jardins botânicos da Inglaterra, França e Alemanha. Com o conhecimento do potencial da cultura, do seu teor de óleo e proteína, em meados da segunda década do século vinte, começou o interesse das indústrias alimentícias (EMBRAPA SOJA, 2005).

Em 2005, o complexo soja foi o principal item do Balanço Comercial Brasileiro trazendo divisas de mais de US\$ 9.477 bilhões, o que o coloca, disparado, no primeiro lugar da pauta de exportações do país, devendo alcançar US\$ 10.218 bilhões em 2007 (ABIOVE, 2007).

O Estado de Minnesota é o terceiro maior produtor de soja dos Estados Unidos, ficando atrás dos Estados de Iowa e Illinois. Os Estados Unidos no ano de 2005 apresentaram uma produção avaliada em US\$ 16.927 bilhões. Somente o Estado de Minnesota contribuiu com cerca de US\$ 1.667 bilhões (NASS, 2007).

O sucesso da soja decorre, antes de tudo, do desenvolvimento de pesquisas e tecnologias inovadoras adaptadas à região tropical: novas cultivares,

pesticidas, mecanização, técnicas de plantio direto, entre outras, confirmando uma forte expansão na área cultivada por soja.

Para atingir de maneira satisfatória à ampla demanda do grão e dos seus derivados, garantindo a competitividade do Brasil no mercado mundial, cabe destacar que o sojicultor está investindo em tecnologia, contribuindo sensivelmente para o aumento das vendas de insumos modernos, representando incremento significativo no consumo de pesticidas do Brasil.

A soja é a mais importante oleaginosa sob cultivo extensivo e também a planta de lavoura que mais produz proteína por hectare. Suas qualidades como fonte de calorias, fazem desta leguminosa o alimento básico potencial na luta contra o espectro da subnutrição e da fome, que já se vislumbra em áreas densamente populosas e menos desenvolvidas. Portanto, o desenvolvimento de novas áreas de produção e a difusão do consumo da soja podem ser fundamentais para o suprimento diário de grande parte da população de diferentes latitudes (BONETTI et al., 1981).

Confirmando esta tendência, a soja pelas suas qualidades nutricionais, facilidade de adaptação, alta produtividade e cultivo em quase todas as regiões do globo, é considerada como um dos alimentos do futuro, tendo visto ser a melhor fonte de proteína de baixo custo e de alto valor nutritivo que se conhece para a alimentação humana (COSTA, 1978).

## **2.2 MELHORAMENTO DA CULTURA**

Com tantos avanços obtidos por meio dos programas de melhoramento, foi surgindo a necessidade de avaliar a eficiência dos mesmos, se estes estavam realmente agregando valores genéticos aos materiais já disponíveis. Para isto, foi utilizada a estimativa de ganho ou progresso genético, que por meio de diversos métodos, estudos e experimentos, conseguiam avaliar a eficiência do programa de melhoramento, o quanto ele veio a contribuir com os materiais, analisar o desempenho da várias etapas do melhoramento e identificar as passíveis de aperfeiçoamento (TOLEDO, 1990).

De acordo com Lopes et al. (2002) a maioria dos programas de

melhoramento envolvem quatro etapas principais: escolha dos parentais; cruzamentos entre parentais e obtenção de genótipos segregantes; avanço das gerações iniciais por meio de autofecundações naturais; teste de desempenho agrônômico e seleção das linhagens experimentais.

A etapa intermediária correspondente ao avanço das gerações de endogamia tem sido feita de forma relativamente rotineira, com a finalidade principal de desenvolver genótipos homozigóticos, os quais estando livres das combinações alélicas heterozigóticas e tendo fixado as combinações epistáticas favoráveis, aumentam a eficiência dos testes de desempenho agrônômico. Além disso, as linhagens homozigóticas podem ser avaliadas com precisão experimental superior, pois dispõem de um maior número de sementes para locais, épocas de cultivo e anos agrícolas. Por outro lado, o avanço das gerações de endogamia tem como desvantagens o aumento do número de anos de cada ciclo do programa de melhoramento e a demanda adicional de recursos humanos e financeiros (LOPES et al., 2002).

Essas limitações poderiam ser contornadas pela eficiente e eficaz escolha dos parentais e pela avaliação e seleção dos genótipos promissores logo nas gerações iniciais, de maneira que somente estes genótipos selecionados sejam avançados até originarem linhagens superiores. Essa estratégia consegue eliminar ou reduzir, já nas gerações iniciais, problemas de incompatibilidade híbrida e diferenças na capacidade de combinação que levem à ocorrência de cruzamentos inferiores (LOPES et al., 2002).

### **2.3 INTERAÇÕES**

Vencovsky e Barriga (1992) relatam que não basta apenas detectar a presença de interações, devendo-se também considerar a sua natureza. Assim, a interação genótipo x ambiente pode ser simples (não causa mudanças na classificação dos genótipos entre ambientes) e complexa (altera a classificação dos genótipos entre ambientes). A interação simples indica a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes; assim, a recomendação de cultivares pode ser feita de forma generalizada. A interação complexa indica a presença de

material adaptado a ambientes particulares, tornando a recomendação restrita a ambientes específicos (RAMALHO et al., 1993).

A interação genótipo x ambiente tem sido estudada em soja com o objetivo de estimar os seguintes efeitos: efeitos envolvendo genótipos x locais (SOLDINI, 1993), genótipos x anos (BILLORE; JOSHI, 1997; GIECO, 1997), genótipos x locais x anos (TOLEDO et al., 1990; ALLIPRANDINI et al., 1994, LAÍNEZ-MEJÍA, 1996), genótipos x épocas de semeadura (MORAES et al., 1997; RAUT et al., 1997), genótipos x anos x épocas de semeadura (GALVÃO, 1994) e genótipos x locais x anos x épocas de semeadura (ARANTES, 1979; AKHTER; SNELLER, 1996).

Alliprandini et al. (1993) confirmam tal importância, ao avaliar o comportamento de genótipos divididos em três ciclos de maturação (precoce, semiprecoce e médio). A interação significativa obtida para ciclos de maturação x locais x anos indica que, para determinada combinação entre ano e local, existe um ciclo de maturação com maior produtividade de grãos.

O esforço do melhoramento foi concentrado na obtenção de cultivares produtivos e com ampla faixa de adaptação, sem relegar a um segundo plano os objetivos específicos que visam sanar problemas locais ou regionais (ALLIPRANDINI, 1993).

## **2.4 SELEÇÃO**

A seleção objetiva acumular alelos favoráveis à característica de interesse em determinada população e é um processo vinculado a uma constante e permanente renovação (REIS et al., 2004).

Para a obtenção de genótipos superiores, é necessária a reunião de uma série de atributos favoráveis que confirmam produtividade de grãos mais elevada e satisfaçam as exigências do mercado. Com isso, a seleção baseada em uma ou poucas características mostra-se inadequada, conduzindo a um produto final superior apenas em relação aos caracteres selecionados (CRUZ; REGAZZI, 1997).

## 2.5 GANHO GENÉTICO

Um fator fundamental no processo de obtenção de linhagens de soja melhoradas consiste na avaliação dos genótipos em ensaios, quando fica caracterizado seu desempenho em face de cultivares conhecidas com alto potencial produtivo de grãos e ampla adaptação. As técnicas de avaliação do progresso genético que utilizam informações obtidas em testes obrigatórios de linhagens nos programas permitem o acompanhamento do ganho genético das linhagens obtidas ao longo dos anos de maneira econômica e eficiente Vencovsky et al. (1986); e Fernandes (1988). O acompanhamento desse progresso fornece subsídios importantes para a avaliação e o planejamento das atividades de melhoramento.

Várias metodologias têm sido desenvolvidas para estimar o ganho genético e entre elas podem-se citar a de Vencovsky et al. (1986), a de Rodrigues (1990) e a de Soares (1992). Breseghello (1995) desenvolveu uma nova metodologia utilizando médias ajustadas. Esse método é bastante eficiente e versátil diante de dados desbalanceados e não exige testemunhas-padrão.

### 3. ARTIGO: Ganho genético na cultura da soja

#### Resumo

A seleção de genótipos de soja com elevada produtividade de grãos e a capacidade de adaptação ambiental são objetivos dos programas de melhoramento genético. Para verificar se o ganho genético por meio de melhoramento da cultura da soja está sendo alcançado é necessário que, freqüentemente, cada programa de melhoramento faça uma auto-avaliação. Isso possibilita verificar se houve progresso efetivo e se determinada condição de cultivo foi privilegiada pelo melhoramento e corrigir eventuais distorções de metas. Para que realmente haja avanços significativos com os programas de melhoramento genético, deve ser feita a avaliação de sua eficiência, sendo necessária a utilização de métodos que quantifiquem o avanço genético. A possibilidade de predição dos ganhos obtidos por seleção constitui-se em uma das principais contribuições para o melhoramento. Desta forma, torna-se possível orientar de maneira mais efetiva o programa de melhoramento, predizer o sucesso do esquema de seleção adotado e determinar, de forma científica, quais as técnicas que podem ser mais eficazes. Neste trabalho de revisão, foram apresentados diferentes métodos para avaliação de ganho genético, e ressaltada a importância das avaliações em programas de melhoramento genético de plantas.

**Palavras-chave:** *Glycine max.* Progresso genético. Produtividade de grãos. Adaptabilidade.

## Genetic gain in soybean crop

### Abstract

The selection of genotypes of soybean with high grain yield and high capacity of environment adaptation are the objectives of the genetic improvement programs. To verify if the genetic gain through of the breeding of the soybean crop is being reached it is necessary that, frequently, each improvement program makes an auto-evaluation to verify if there has been effective progress, if a certain culture condition was privileged by the breeding and to correct eventual distortions of goals. For the breeding programs to have significant advances, the evaluation of the breeding program's efficiency must be made, being necessary the use of methods that quantify the genetic advances. The possibility of prediction of the gains obtained by selection consists in one of the main contributions for the breeding, becoming possible to guide in a more effective manner the breeding program, to predict the success of the adopted selection method and to determine, scientifically, which techniques can be more efficient. In this revision paper, different methods for the evaluation of the genetic gain were presented and we also emphasize the importance of the evaluations in plant genetic improvement programs.

Keywords: *Glycine max.* Genetic progress. Grain yield. Adaptability.

### 3.2. Introdução e Revisão

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é reconhecida como uma das mais antigas plantas cultivadas no planeta. As primeiras citações do grão apareceram no período entre 2.883 e 2.838 a.C., quando a soja era considerada um grão sagrado, como o arroz, o trigo, a cevada e o milho, por sua importância na dieta alimentar dos chineses. Porém, alguns autores acreditam que as referências à soja são ainda mais antigas (EMBRAPA SOJA, 2005).

Nos seus primórdios a soja era de hábito rasteiro, sendo encontrada na costa leste de Ásia, principalmente na China. Sua evolução ocorreu de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (EMBRAPA SOJA, 2005).

Os progressos genéticos referem-se às alterações observadas nas características de interesse durante um ciclo de seleção, com a recombinação e multiplicação das unidades selecionadas. Tais modificações ocorrerão em magnitude e sentido variados, dependendo da estratégia e dos critérios de seleção adotados. Assim, uma das atribuições mais importantes do melhorista de plantas é identificar critérios de seleção capazes de promover alterações, no sentido desejado, nas características de interesse dentro de um programa de melhoramento (REIS et al., 2004).

De acordo com Costa et al. (2004) os programas de melhoramento genético da cultura são essenciais para atender à crescente demanda por maiores produções, possibilitando aumento de variabilidade e conseqüente ampliação da base genética e a seleção dos melhores genótipos de uma população capazes de superar os patamares de produtividade de grãos.

O conhecimento do comportamento dos diferentes ciclos de maturação ajuda no planejamento das épocas de semeadura e colheita, possibilitando ao produtor enfrentar com maior grau de sucesso as variações do ambiente (doenças e pragas, chuvas excessivas, secas, geadas, efeitos do fotoperíodo) (ROCHA e VELLO, 1999).

O progresso genético direcionado em qualquer espécie está associado à existência de variabilidade genética, à seleção natural e/ou artificial e ao ajuste dos genótipos aos ambientes existentes. Comprovada a presença da variabilidade genética, a seleção assume importância no progresso genético (REIS et al., 2004).

Segundo Rossmann (2001) a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, tais como herdabilidades, correlações genéticas e fenotípicas e ganhos esperados com seleção, têm importância em programas de melhoramento genético, pois possibilitam a tomada de decisões relacionadas com a escolha do método mais apropriado, os caracteres que devem ser selecionados em etapas iniciais e avançadas de um programa e também o peso que deve ser atribuído a cada caráter, separadamente ou em conjunto.

Contudo, selecionar progênies superiores não é tarefa fácil uma vez que os caracteres de importância, em sua maioria quantitativos, apresentam comportamento complexo por serem influenciados pelo ambiente e estarem inter-relacionados de tal forma que a seleção de um provoca uma série de mudanças em outros (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Fonseca Júnior (1997), estudando os diferentes métodos para se estimar ganho genético, no período de 1977 a 1995, em feijão, concluiu que o desafio dos métodos de estimativas de ganho genético é obter médias de genótipos o mais livre possível do efeito ambiental.

Para a obtenção de genótipos superiores, é necessária a reunião de uma série de atributos favoráveis que confirmam produtividade de grãos mais elevada e satisfaçam as exigências do mercado. Com isso, a seleção baseada em uma ou poucas características mostra-se inadequada, conduzindo a um produto final superior apenas em relação aos caracteres selecionados (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Vencovsky e Barriga (1992) relatam que não basta apenas detectar a presença de interações, devendo-se também considerar a sua natureza. Assim, a interação genótipo x ambiente pode ser simples (não causa mudanças na classificação dos genótipos entre ambientes) e complexa (altera a classificação dos genótipos entre ambientes). A interação simples indica a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes; assim, a recomendação de cultivares

pode ser feita de forma generalizada. A interação complexa indica a presença de material adaptado a ambientes particulares, tornando a recomendação restrita a ambientes específicos (RAMALHO et al., 1993).

A interação genótipo x ambiente tem sido estudada em soja com o objetivo de estimar os seguintes efeitos: efeitos envolvendo genótipos x locais (SOLDINI, 1993), genótipos x anos (BILLORE e JOSHI, 1997; GIECO, 1997), genótipos x locais x anos (TOLEDO et al., 1990; ALLIPRANDINI et al., 1994, LAÍNEZ-MEJÍA, 1996), genótipos x épocas de semeadura (MORAES et al., 1997; RAUT et al., 1997), genótipos x anos x épocas de semeadura (GALVÃO, 1994) e genótipos x locais x anos x épocas de semeadura (ARANTES, 1979; AKHTER e SNELLER, 1996).

Alliprandini et al. (1993) confirmam tal importância, ao avaliar o comportamento de genótipos divididos em três ciclos de maturação (precoce, semi-precoce e médio). A interação significativa obtida para ciclos de maturação x locais x anos indica que, para determinada combinação entre ano e local, existe um ciclo de maturação com maior produtividade de grãos.

Um fator fundamental no processo de obtenção de linhagens de soja melhoradas consiste na avaliação dos genótipos em ensaios, quando fica caracterizado seu desempenho em face de cultivares conhecidas com alto potencial produtivo de grãos e ampla adaptação. As técnicas de avaliação do progresso genético que utilizam informações obtidas em testes obrigatórios de linhagens nos programas permitem o acompanhamento do ganho genético das linhagens obtidas ao longo dos anos de maneira econômica e eficiente Vencovsky et al. (1986); e Fernandes (1988). O acompanhamento desse progresso fornece subsídios importantes para a avaliação e o planejamento das atividades de melhoramento.

O esforço do melhoramento foi concentrado na obtenção de cultivares produtivos e com ampla faixa de adaptação, sem relegar a um segundo plano os objetivos específicos que visam sanar problemas locais ou regionais (ALLIPRANDINI, 1993).

A seleção objetiva acumular alelos favoráveis à característica de interesse em determinada população e é um processo vinculado a uma constante e permanente renovação (REIS et al., 2004).

Portanto, esta revisão tem por objetivo apresentar os métodos para estimação de ganho genético nos programas de melhoramento para evidenciar as suas eficiências nos programas de melhoramento genético da soja.

### **3.3. Métodos para Estimação de Ganho Genético**

#### **I. Método Direto (MD)**

Este método consiste em comparar em um mesmo ano agrícola e em vários ambientes, genótipos lançados em diferentes anos. Esta metodologia foi utilizada em diferentes espécies, entre elas milho (CARDWELL, 1982; DUVICK, 1992), soja (WILCOX et al., 1979; SALADO-NAVARRO et al., 1993), trevo branco (WOODFIELD e CARADUS, 1994), alfafa (HOLLAND e BINGHAM, 1994), cevada (BULMAN et al., 1993), trigo (BERZONSKY e LAFEVER, 1993; NEDEL, 1994; PELTONEN-SAINIO e PELTONEN, 1994; LILL e PURCHASE, 1995).

Esta metodologia apresenta alguns inconvenientes, pois exige ensaios específicos para esta estimação de ganho, requerendo a manutenção cuidadosa dos genótipos primitivos e rigorosa observação quanto à uniformização da origem (local e ano) de suas sementes. Há, no entanto, uma limitação a este método, que teoricamente seria o mais próximo do ideal: a aceitação da hipótese de que nem o ambiente, nem as exigências do mercado, nem os objetivos do programa de melhoramento se alteraram ao longo do tempo, tornando válida a comparação entre genótipos lançados em diferentes anos.

Fator limitante para o sucesso dessa metodologia é o efeito do ano e a interação genótipos por anos, que podem mascarar a efetiva contribuição dos genótipos novos. Aparentemente, este método pode ser de maior utilidade na estimação do progresso genético obtido em características com maior herdabilidade e menos sujeitas às influências ambientais, como é o caso das características teor de óleo e proteína em milho, que tem padrão de ganho genético crescente, e menos errático que a utilização da massa de 100 grãos (DUDLEY e LAMBERT, 1992).

## **II. Método com Ensaio Multilocais**

### **A. Método Original (MO)**

Essa metodologia é a que utiliza os ensaios da rede de competição de genótipos, cujos resultados embasam a indicação de novos cultivares, para estabelecer estimativas de ganho genético. Estes ensaios regionais são compostos por genótipos que podem ser classificados em função de sua origem: a) genótipos novos: são os que participam pela primeira vez nos ensaios; b) genótipos comuns: aqueles que foram selecionados no ano anterior e que permaneceram em teste no ano seguinte para avaliação e c) genótipos padrões ou testemunhas: normalmente enquadram-se no grupo dos genótipos comuns, pois permanecem nos ensaios por mais de dois anos consecutivos.

Vencovsky et al. (1988), utilizando os dados de produtividade de grãos de milho dos ensaios nacionais, propuseram um método, pelo qual a estimativa do ganho genético é obtida pelo contraste entre a média de todos os tratamentos de um dado ano e a do ano anterior. Deste contraste, subtrai-se o efeito de ano, estimado pela diferença entre a média do grupo de genótipos comuns nesses dois anos consecutivos.

Aplicações desse método em soja, milho, feijão, algodão e outras culturas (VENCOVSKY et al., 1988; TOLEDO et al., 1990; ALLIPRANDINI et al., 1993; ABREU et al., 1994; ARAÚJO, 1995; CARVALHO et al., 1997; FERNANDES e FRAZON, 1997; FONSECA JÚNIOR, 1997; AMORIM NETO et al., 1998; ARIAS e RAMALHO, 1998; BRESEGHELLO et al., 1999; SOARES et al., 1999; ATROCH e NUNES, 2000; BARBOSA NETO et al., 2000; RIBEIRO et al., 2003) fornecem informações importantes sobre o ganho genético em anos consecutivos.

## **B. Método Original com Ponderação (MOP)**

Fernandes (1988), trabalhando com dados do ensaio nacional de milho, propôs uma modificação no método original (VO) para estimar o desvio ambiental médio anual por local, utilizando o método dos quadrados mínimos ponderados (QMP). Esta modificação visava: a) evitar a perda de informações, pois no método original, ao se efetuar a estimativa do desvio genético médio, as médias dos tratamentos dos anos intermediários se cancelavam, restando apenas o primeiro e o último ano para o cálculo da estimativa; b) levar em consideração o número de observações de cada genótipo e c) eliminar a correlação dos erros experimentais entre anos consecutivos. Rodrigues (1990) estendeu a metodologia anterior para os estudos de ganho genético em sorgo no Brasil, fornecendo embasamento para as deduções das expressões de ganho genético médio anual e seu desvio por local ou ensaio analisado. Alliprandini et al. (1993) estimaram o ganho genético médio anual em soja no estado do Paraná, empregando esta mesma metodologia com a ponderação proposta por Fernandes (1988).

## **C. Métodos que Utilizam um Genótipo Referência**

Os experimentos regionais são compostos normalmente por genótipos novos, por genótipos comuns que integram pelo segundo ano consecutivo estes experimentos, e pelas testemunhas. Os genótipos em teste podem ter dois destinos: ou são descartados ou são selecionados. Eventualmente, um determinado genótipo permanece como testemunha ao longo de todos os anos testados e pode ser usado como referencial para estimativa de ganho genético como utilizado por Abreu et al. (1994), Eyhérbide et al. (1994), McCaig e Clarke (1995), Bell et al. (1995), McCaig e DePauw (1995); Córdova et al. (1996). Basicamente estes autores utilizaram-se de regressões lineares ou de análise de covariância em seus trabalhos contendo testemunha comum.

## 1. Método da Regressão com Dados Originais (RO)

São estabelecidas duas equações de regressão linear, uma para o cultivar padrão e a segunda para os demais genótipos. A variável dependente representa as médias originais da produtividade de grãos e a variável independente corresponde aos anos de experimentação. Em seguida, são comparados os coeficientes angulares ( $b$ ) de ambas regressões mediante a subtração ( $b$  de genótipos menos  $b$  da testemunha) e obtêm-se a estimativa do ganho genético médio anual em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , conforme efetuado por Abreu et al. (1994). Ressalte-se que esta metodologia (RO) é altamente dependente do efeito do ano agrícola, visto que apenas um genótipo (a testemunha comum), é utilizado para indicar as variações ambientais, que ocorrem nos diferentes anos.

## 2. Testemunha como Fator de Correção

Outro modo de estimação de progresso genético, mediante o auxílio de testemunha comum em todos os experimentos, é utilizando a sua produtividade como covariável da produtividade dos demais genótipos, obtendo-se médias ajustadas, livres do efeito ambiental, à semelhança da correção da produtividade de grãos em função do número de plantas na parcela. Com as médias anuais ajustadas efetua-se estudo de regressão em função dos anos e pelo coeficiente angular ( $b$ ) estima-se o ganho genético médio anual, como utilizado por Eyhéabide et al. (1994).

Córdova et al. (1996) alertam para os cuidados na escolha da testemunha referencial, que deve corresponder às expectativas dos agricultores e melhoristas, apresentando desempenho estável e com produtividade de grãos em nível satisfatório.

### **3.4. Resultados com soja**

Na avaliação do programa de melhoramento genético em soja Alliprandini et al. (1993) utilizou o método descrito por Vencovsky et al. (1988), e modificado por Fernandes (1988). Estes autores obtiveram resultados médios anuais, em produtividade de grãos, da ordem de 0,89% no grupo precoce, de 0,38% no grupo semi-precoce, e de -0,28% no grupo médio de maturação. Martin e Geraldi (2002) demonstram resultados de ganho genético, em soja, de 4% obtidos, durante o programa de melhoramento.

Toledo et al. (1990), analisando a eficiência do programa de melhoramento em soja no Estado do Paraná, no período de 1981 a 1986, obteve ganho genético de 1,8% no grupo precoce e 1,3% para genótipos do grupo semi-precoce.

Comparando quatro estratégias de seleção, Reis et al. (2004) visando estimar ganho genético, em soja, obtiveram resultados que indicaram que, a estratégia de seleção individual teve maior expectativa de progresso genético entre as estratégias adotadas.

Diferentes critérios de seleção foram utilizados por Costa et al. (2004) avaliando 1.200 genótipos de soja e obteve as maiores estimativas de ganhos pela seleção direta. Porém, os índices apresentaram-se mais adequados para a seleção dos genótipos superiores por registrarem maiores ganhos totais, distribuídos entre todos os caracteres avaliados.

### **3.5. Considerações Finais**

Os métodos que estimam o ganho genético servem para analisar a eficácia do programa de melhoramento. Desta forma, podem-se melhorar as estratégias para a obtenção de maior eficácia no programa de melhoramento.

#### 4. ARTIGO: GANHO GENÉTICO EM SOJA NO ESTADO DE MINNESOTA, USA, NO PERÍODO 1988 A 2005.

##### Resumo

O objetivo deste trabalho foi estimar o ganho genético no ensaio de competição de linhagens avançadas coordenadas pela Universidade de Minnesota, E.U.A., proveniente de diferentes programas de melhoramento de diferentes empresas, no período 1988 a 2005. Os ensaios foram feitos em três regiões: Norte, Central e Sul do Estado. Em cada região foram utilizados três locais, a seguir mencionados: Central - Rosemont, Morris e Becker; Norte - Crookston, Moorhead e Shelly; e Sul - Waseca, Lamberton e Fairmont. Os dados foram coletados durante 18 anos de cultivo de soja não transgênica e sete anos de cultivo de soja transgênica. Foram testados em média 84 genótipos de soja por ano. O ganho genético foi estimado para produtividade de grãos, teor de proteína e teor de óleo. Foram realizadas análises de variância dentro de cada ambiente e também a análises conjuntas por região. Ao analisar a característica ganho genético para produtividade de grãos, detectou-se que os genótipos não transgênicos apresentaram ganho genético da ordem de 1%. Os genótipos transgênicos proporcionaram ganho genético da ordem de 2%. Porém, para a característica teor de óleo nenhum dos resultados foi significativo. Os resultados das análises para teor de proteína, nos genótipos em estudo, apresentaram-se negativos e significativos estatisticamente somente para os genótipos transgênicos das regiões Central e Sul. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a alternativa utilizada para aumentar a produtividade de óleo e proteína foi a de aumentar da produtividade de grãos, mantendo-se constante a porcentagem de óleo e proteína. Essa estratégia foi eficiente para todos os resultados de teor de óleo e para os teores de proteínas exceto os que apresentaram resultados negativos e significativos.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Progresso genético. Correlações genéticas. Parâmetros genéticos. Predição de ganho.

## GENETIC GAIN OF THE SOYBEAN CROP IN THE STATE OF MINNESOTA, USA, BETWEEN 1988 AND 2005.

### Abstract

The objective of this study was to estimate the genetic gain in the competition trials of advanced lines coordinated by the University of Minnesota, USA, proceeding from different improvement programs of different companies, from 1988 to 2005. The trials took place in three regions: the North, Central and South parts of the State. Three locations were used in each region: Central - Rosemont, Morris and Becker; North - Crookston, Moorhead and Shelly; and South - Waseca, Lamberton and Fairmont. The data was collected during 18 years of cultivation of non-transgenic soybean and seven years of cultivation of transgenic soybean. An average of 84 genotypes was tested each year. The genetic gain was estimated for grain yield, protein content and oil content. We performed variance analysis within each environment and also conjoint analysis by region. By analyzing the genetic gain characteristic for grain yield, we detected that non-transgenic genotypes presented a genetic gain of around 1%. The transgenic genotypes presented a genetic gain of around 2%. However, for the oil content characteristic, none of the results were significant. The results of the analysis for protein content, in the studied genotypes, were negative and statistically significant only for the genotypes of the central and south regions. Therefore, the results obtained in this study demonstrate that the alternative used to increase oil and protein yield was to increase grain yield and maintain oil and protein content constant. This strategy was efficient for all the oil content results and for all the protein content results, except for the ones that were negative and significant.

**Keywords:** *Glycine max.* Genetic progress. Genetic correlations. Genetic parameters. Gain prediction.

## 4.2. INTRODUÇÃO

Nos seus primórdios a soja era de hábito rasteiro, sendo encontrada na costa leste de Ásia, principalmente na China. Sua evolução ocorreu de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (EMBRAPA SOJA, 2005).

Os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial, primeiramente como forrageira e, posteriormente, como grão. Em 1940, no auge do seu cultivo como forrageira, foram cultivados nos Estados Unidos, cerca de dois milhões de hectares com tal propósito (EMBRAPA SOJA, 2005).

Atualmente, o Estado de Minnesota é o terceiro maior produtor de soja dos Estados Unidos (Apêndice 4.1), ficando atrás dos Estados de Iowa e Illinois. Os Estados Unidos no ano de 2005 apresentaram uma produção avaliada em US\$ 16,927 bilhões. Somente o Estado de Minnesota contribuiu com cerca de US\$ 1,667 bilhões (AMS, 2007).

A pesquisa cumpriu papel fundamental no processo de expansão da oleaginosa pelo mundo. Com a descoberta, nos anos 70, dos alelos para o período juvenil longo, houve a possibilidade de desenvolvimento e expansão no cultivo de soja em regiões com menores latitudes. Sendo assim, a pesquisa conseguiu agregar potencial genético a soja, dando-lhe a capacidade de se adaptar a diferentes ecossistemas e regiões edafoclimáticas (MIRANDA, 2003). E isto foi somente o primeiro passo, para grandes desafios e descobertas do melhoramento como a busca de plantas resistentes às mais importantes doenças, cultivares mais produtivos e até genótipos com maiores teores de óleo e proteína.

Com tantos avanços obtidos por meio dos programas de melhoramento genético, foi surgindo a necessidade de avaliar a eficiência dos mesmos, se estes estavam realmente agregando valores genéticos aos genótipos já disponíveis. Para isto, foi utilizada a estimativa de ganho ou progresso genético, que por meio de diversos métodos, estudos e experimentos, conseguiam avaliar a eficiência do programa de melhoramento, o quanto ele veio a contribuir com os

materiais, analisar o desempenho da várias etapas do melhoramento e identificar as passíveis de aperfeiçoamento (TOLEDO, 1990).

O progresso genético direcionado em qualquer espécie está associado à existência de variabilidade genética, à seleção natural e/ou artificial e ao ajuste dos genótipos aos ambientes existentes. Comprovada a presença da variabilidade genética, a seleção assume importância no progresso genético (REIS et al., 2004).

Várias metodologias têm sido desenvolvidas para estimar o ganho genético. Entre elas podem-se citar a de Vencovsky et al. (1986), a de Rodrigues (1990) e a de Soares (1992). Breseghello (1995) desenvolveu uma nova metodologia utilizando médias ajustadas. Esse método é bastante eficiente e versátil diante de dados desbalanceados e não exige testemunhas-padrão.

Segundo Rossmann (2001), a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, tais como herdabilidades, correlações genéticas e fenotípicas e ganhos esperados com seleção, têm importância em programas de melhoramento genético, pois possibilitam a tomada de decisões relacionadas com a escolha do método mais apropriado, os caracteres que devem ser selecionados em etapas iniciais e avançadas de um programa e também o peso que deve ser atribuído a cada caráter, separadamente ou em conjunto.

O objetivo deste trabalho foi estimar o ganho genético obtido pelo Programa de Melhoramento de soja, desenvolvido no Estado de Minnesota, Estados Unidos, no período de 1988 a 2005.

### 4.3. MATERIAL E MÉTODOS

O ganho genético foi baseado nos ensaio de competição de linhagens avançadas coordenadas pela Universidade de Minnesota, E.U.A., proveniente de diferentes programas de melhoramento de diferentes empresas, no período 1988 a 2005. Os dados foram coletados durante 18 anos de cultivo de soja convencional e sete anos de cultivo de soja transgênica. Os ensaios foram feitos em três regiões: Norte, Central e Sul do Estado. Em cada região foram utilizados três locais, a seguir mencionados: Central - Rosemont, Morris e Becker; Norte - Crookston, Moorhead e Shelly; e Sul - Waseca, Lamberton e Fairmont. O mapa (Figura 4.1) mostra a localização do Estado de Minnesota no País, e (Figura 4.2) revela os limites das regiões. Foram conduzidos em média, 71 experimentos na região Sul, 70 na região Central e 67 na região Norte.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições em cada local e ano. Todos os experimentos foram semeados entre 1º de maio e 10 de junho, com a população de plantas de 395.062 plantas/hectare. Herbicidas foram utilizados, quando necessários, para um bom controle de plantas daninhas. Na colheita foi utilizada uma máquina específica para colher parcelas.



Figura 4.1 Localização do Estado de Minnesota dentro dos Estados Unidos

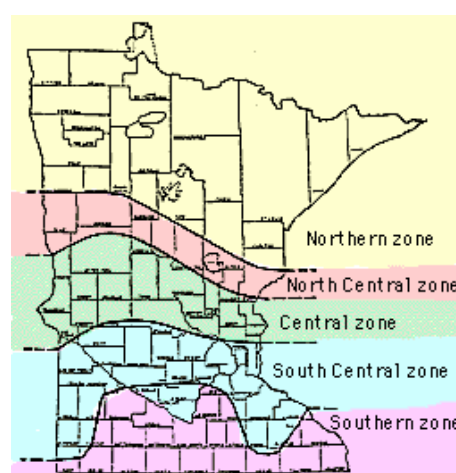


Figura 4.2 Regiões do Estado de Minnesota

Participaram dos ensaios genótipos não transgênicos e transgênicos (com resistência ao Roundup Ready). Quando considerou-se estes dois grupos de genótipos conjuntamente, os mesmos foram denominados de Geral.

Foram feitas as avaliações dos seguintes caracteres: produtividade de grãos, teor de óleo e teor de proteína.

Em função da lei de proteção de cultivares, não foi possível apresentar os parentais dos genótipos utilizados neste ensaio. Nos Estados Unidos trata-se como Lei de Proteção de Variedades de Plantas, Lei Pública 91-577 (AMS, 2007).

Os dados de produtividade de grãos, teor de óleo e teor de proteína foram submetidos às análises individuais e conjuntas de variância utilizando-se o programa SAS (SAS, 1990). Estimou-se as médias de grupos e de linhagens (dentro de grupo), ajustadas para o efeito de ano, ensaio dentro de ano e repetição dentro de ensaio dentro de ano. As interações de grupos e de linhagens dentro de grupo com as demais fontes de variação foram consideradas componentes do erro experimental.

### **Avaliação dos ganhos de produtividade de grãos**

De acordo com o método de estimação de ganho genético de Breseghello (1995), adaptado por Fonseca Júnior (1997) foram utilizadas médias ajustadas e suas respectivas estimativas de variâncias e covariâncias, e estimados o ganho genético, teor de óleo e proteína. Esta metodologia consiste em estimar os efeitos dos genótipos, podendo-se estimar as médias ajustadas para cada genótipo. Este procedimento é mais seguro que a seleção realizada com base nas médias originais, visto que as médias ajustadas têm menor influência do erro experimental e do ambiente.

### **Método de Breseghello (1995), adaptado por Fonseca Júnior (1997)**

O método de estimação utilizado nesse trabalho de ganho genético foi desenvolvido por Fonseca Júnior (1997), e baseia-se na regressão das médias ajustadas dos genótipos novos e da testemunha em função dos anos. As médias ajustadas foram obtidas pela estimação dos efeitos dos genótipos segundo o modelo misto:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + r_{k(j)} + e_{ijk} \quad (1)$$

sendo:

$Y_{ijk}$  valor observado do tratamento genético  $i$ , no ambiente  $j$ , na repetição  $k$ ;

$\mu$  média geral

$g_i$  efeito fixo do tratamento genético  $i$  ( $i=1,2,\dots,G$ );

$a_j$  efeito aleatório do ambiente  $j$  ( $j=1,2,\dots,A$ );

$ga_{ij}$  efeito aleatório da interação entre o tratamento genético  $i$  e o ambiente  $j$ ;

$r_{k(j)}$  é o efeito aleatório da repetição  $k$  dentro do ambiente  $j$  ( $k=1,2,\dots,R$ );

$e_{ijk}$  é o erro experimental associado à parcela  $ijk$ .

Este modelo pode ser expresso em termos matriciais, separando-se os efeitos fixos dos aleatórios como indicado por Searle (1987) e por Martins et al (1993), ficando:

$$Y = X\beta + ZU + E \quad (2)$$

sendo:

- Y     vetor dos dados observados;  
 X     matriz conhecida de incidência dos efeitos fixos;  
 $\beta$     vetor desconhecido dos parâmetros de efeitos fixos;  
 Z     matriz conhecida de incidência dos efeitos aleatórios;  
 U     vetor desconhecido dos parâmetros de efeitos aleatórios;  
 E     vetor dos erros aleatórios. Considera-se que U e E não são correlacionados com esperança matemática zero:

$$E \begin{bmatrix} U \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

e variâncias G e R respectivamente, a saber:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} U \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} \quad (4)$$

sendo:

- G matriz de variâncias e covariâncias dos efeitos aleatórios presentes no vetor U;  
 R matriz de variâncias e covariâncias residuais.

A matriz G é uma matriz quadrada, que neste trabalho foi composta pelos componentes de variância dos fatores aleatórios do modelo, dispostos na diagonal, com os demais termos iguais a zero. Cada componente de variância estava presente em n células da matriz G, sendo n o número de níveis do respectivo fator. Por sua vez a matriz R, também quadrada, com o número de linhas e colunas igual ao número de observações, foi composta pelo componente de variância do erro experimental na diagonal, sendo os outros termos iguais à zero.

A variância de Y (vetor das observações) representado pelo matriz V, foi obtida mediante a expressão matricial:

$$\text{Var}(Y) = V = ZGZ' + R, \quad (5)$$

sendo:

Z matriz conhecida de incidência dos efeitos aleatórios;

G matriz desconhecida de variâncias e covariâncias dos efeitos aleatórios presentes no vetor U;

Z' matriz Z transposta;

R matriz desconhecida de variâncias e covariâncias residuais.

Para se obter as estimativas dos parâmetros do modelo, foi necessário conhecer todas as matrizes, inclusive G e R, que são compostas pelos componentes de variâncias. Para tanto, utilizou-se o método REML de estimação de componentes de variância. Este procedimento permitiu tornar conhecidas as matrizes G e R e por sua vez Y, podendo-se estabelecer as equações MM de Henderson et al. (1959)

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & X'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}Y \\ Z'R^{-1}Y \end{bmatrix} \quad (6)$$

cuja resolução fornece as estimativas dos efeitos fixos ( $\beta$ ) e aleatórios (U) do modelo:

$$\hat{\beta} = (X'V^{-1}X)^{-1} X'V^{-1}Y \quad (7)$$

$$\hat{U} = GZV^{-1}r, \quad (8)$$

$$r = Y - X\hat{\beta} \quad (9)$$

Nestas circunstâncias  $\hat{\beta}$  é o melhor estimador linear não viesado ("BLUE" - Best Linear Unbiased Estimator) que é a estimativa dos efeitos fixos do modelo misto e  $\hat{U}$  é o melhor preditor linear não viesado ("BLUP" - Best Linear Unbiased Predictor), para os fatores aleatórios do modelo. No presente trabalho, como os tratamentos genéticos foram considerados fixos, concentrou-se maior atenção na estimação dos "BLUEs" desses tratamentos. Uma vez obtidos os BLUEs, foram estimadas as médias ajustadas, adicionando-se os BLUEs à constante (p) do modelo misto.

A estimativa da variância de  $\beta$ , neste caso BLUE, é obtida por:

$$\hat{V}(\hat{\beta}) = (\mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{X})^{-1} \quad (10)$$

Observa-se que a expressão referente à estimativa dos efeitos fixos (BLUE) de modelo misto indexada em (7), relativa à estimativa de ganho genético obtida por quadrados mínimos ponderados. A razão é o fato de que estas expressões se originam do método de quadrados mínimos generalizados (GLS) que envolve ponderação pela matriz V. O mesmo ocorre com as expressões de suas variâncias, indicados em (10).

Para a obtenção das estimativas das médias ajustadas utilizou-se o programa SAS, através da rotina PROC MIXED (SAS, 1999).

Com as médias ajustadas de todos os genótipos, obtiveram-se as médias aritméticas anuais dos genótipos novos, que são aqueles que aparecem pela primeira vez no ensaio, e da testemunha, para em seguida aplicar o método da regressão e estimar o ganho genético médio anual.

A estimativa do ganho genético médio anual em porcentagem foi obtida por:

$$\hat{g}(\%) = \frac{\hat{b}_g}{\hat{a}_n} 100 \quad (11)$$

sendo:

$\hat{b}_g$  estimativa do coeficiente angular da equação de regressão linear, relativo ao ganho genético em função dos anos;

$\hat{a}_n$  estimativa do intercepto ou coeficiente linear da equação de regressão linear, relativo à média anual dos genótipos novos em função dos anos.

A significância da estimativa de ganho genético médio anual pode ser testada de duas maneiras, a primeira mediante o teste t e a segunda pelo teste F da análise de variância da análise de regressão, testando-se o Quadrado Médio da Regressão Linear com o Quadrado Médio dos Desvios da Regressão, respectivamente, com 1 e A-2 graus de liberdade, sendo A o número total de anos.

Em estudos envolvendo ganho genético mediante a utilização de regressão, a prioridade é testar a significância do efeito linear da regressão. O desvio da regressão foi testado com menor prioridade. Em sendo ambos significativos, a regressão linear e seu desvio, indicarão que existem outras causas, além do efeito linear para explicar o comportamento dos dados, mas o que importa é a tendência linear dos ganhos, cuja explicação biológica é mais consistente. O desvio da regressão linear foi testado com o quadrado médio do erro da análise de variância conjunta, dividido pela média harmônica do número de locais e repetições, pois as análises foram realizadas ao nível de média.

#### **4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **Taxa de renovação**

A taxa de renovação, de um ano para outro, mede a proporção de novos genótipos incluídos a cada ano nos experimentos. De certo modo, essa taxa mostra o dinamismo do ensaio de competição de linhagens avançadas, coordenadas pela Universidade de Minnesota. Ao longo do período considerado (1988 até 2005) observou-se que a taxa média anual geral de renovação ficou próxima de 57,6%, o que indica um alto dinamismo dos programas de melhoramento desenvolvidos no Estado de Minnesota (Tabela 4.1) comparando-se com outros programas de melhoramento como de milho (61% estimado por Vencovsky et al., 1986), arroz (44% estimado por Soares et al., 1994) e algodão (55,9% obtida por Moresco, 2003).

Tabela 4.1 Taxa de renovação de genótipos durante os 18 anos de testes de linhagens e cultivares de soja, nas três regiões de Minnesota, EUA.

Anos	Região		
	Norte	Central	Sul
1989 / 1988	0,46	0,53	0,66
1990 / 1989	0,33	0,62	0,75
1991 / 1990	0,36	0,60	0,57
1992 / 1991	0,42	0,48	0,44
1993 / 1992	0,44	0,40	0,50
1994 / 1993	0,49	0,50	0,47
1995 / 1994	0,38	0,58	0,56
1996 / 1995	0,36	0,53	0,54
1997 / 1996	0,52	0,57	0,57
1998 / 1997	0,57	0,56	0,53
1999 / 1998	0,62	0,78	0,80
2000 / 1999	0,60	0,67	0,72
2001 / 2000	0,65	0,73	0,72
2002 / 2001	0,77	0,68	0,67
2003 / 2002	0,71	0,62	0,56
2004 / 2003	0,56	0,67	0,63
2005 / 2004	0,70	0,72	0,70
Médias	0,52	0,60	0,61

## Análises dos experimentos individuais

Na Tabela 4.2 constam, por região, os valores médios, mínimos e máximos, das médias de produtividade de grãos, coeficientes de variação, número de tratamentos testados anualmente e número de experimentos. Estes resultados médios foram obtidos nos experimentos conduzidos no período compreendido entre 1988 a 2005. Por esta tabela, observa-se que a média da produtividade de grãos foi de 2.390kg/ha na região Norte, 3.404 kg/ha na região Central e de 3.582 kg/ha na região Sul.

O coeficiente de variação experimental médio, considerando-se as três regiões, foi de 12,2 %. Em mais de 95% dos experimentos houve significância para os efeitos de genótipos a 5% de probabilidade.

Tabela 4.2 Resumo das análises de variância individuais por região

		Região		
		NORTE	CENTRAL	SUL
Produtividade de grãos (kg/ha)	m	2390	3404	3582
	min	358	1205	1326
	max	3783	4891	5328
Coeficiente de var. (%)	m	14,7	11,0	11,0
	min	5,9	0,2	7,1
	max	45,2	26,6	25,9
Nº de tratamentos por ano	m	44	87	121
	min	12	18	24
	max	80	135	160
F de tratamentos sig. (%)		92,5	97,1	95,8
Nº de experimentos		67	70	71

Examinando-se a mesma Tabela 4.2, verifica-se que o número médio de tratamentos testados anualmente variou conforme a região, sendo uma média de 121 tratamentos por ano para a região Sul, 87 tratamentos para a região Central e 44 para a região Norte. O maior número de genótipos foi testado na região Sul, por ser esta região a mais importante em termos de produção de soja no Estado de Minnesota.

### **Análises de Variância Conjuntas**

Nas Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5 encontram-se os resumos das análises de variância conjuntas separados por região e em todos os anos de ensaios. Verifica-se que em todos os anos e regiões, houve efeito significativo de genótipos, exceto na região Norte no ano de 1988.

Foi obtido efeito significativo para local em todas as situações. Toledo et al. (1990) e Duarte et al. (1994) para o caráter produtividade de grãos de linhagens com diferentes ciclos de maturação, também obtiveram os mesmos resultados.

Nas interações genótipo x ambiente, os resultados obtidos foram na sua maioria significativos, com exceção da região Norte no ano de 1989, na região Central no ano de 1989 e na região Sul nos anos de 1988, 1995 e 2002.

Alliprandini et al. (1993) estudando ganho genético em diferentes grupos de maturação em soja para o Estado do Paraná, no período de 1985/86 a 1989/90, não obteve resultados significativos para efeito de ano e local, analisados isoladamente.

O estudo da interação genótipo versus ambiente envolvendo diferentes ciclos de maturação, em soja, é raro. Trabalhos desse tipo foram desenvolvidos por Toledo et al. (1990), Alliprandini et al. (1993, 1994), Soldini (1993), Duarte et al. (1994) e Laínez-Mejía (1996).

Tabela 4.3 Resumo das análises de variância conjunta por ano na região Norte de Minnesota, EUA (níveis de significância expressos em porcentagem).

Fontes de variação	Anos																	
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Rep (local)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Local	.	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Genotipos	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gen x local	.	17,91	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Erro	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Media geral (kg/ha)	1154,8	1060,5	1592,2	2442,0	2047,4	2147,6	2865,4	2884,8	2769,0	2542,3	1832,8	2994,1	2643,7	2493,1	3141,4	2266,1	836,6	3256,4
Coef. Var. %	30,46	28,46	17,85	19,72	15,71	12,18	14,72	10,71	10,00	11,29	24,58	14,79	12,90	12,32	13,36	13,05	26,06	9,42

Tabela 4.4 Resumo das análises de variância conjunta por ano na região Central de Minnesota, EUA (níveis de significância expressos em porcentagem).

Fontes de variação	Anos																	
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Rep (local)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Local	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Genotipos	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gen x local	0,06	7,70	4,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Erro	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Media geral (kg/ha)	2724,6	3119,9	2722,3	3657,5	3106,4	2734,3	3510,2	3626,8	2839,4	3630,0	4385,0	3921,2	3921,1	2582,9	4177,3	3084,3	2527,0	4078,1
Coef. Var. %	14,7	15,8	11,7	8,6	8,7	11,2	10,2	10,4	10,7	7,6	8,9	12,3	8,7	11,5	10,3	11,6	16,5	10,3

Tabela 4.5 Resumo das análises de variância conjunta por ano na região Sul de Minnesota, EUA (níveis de significância expressos em porcentagem).

Fontes de variação	Anos																	
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Rep (local)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Local	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Genotipos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gen x local	14,19	0,00	0,00	0,14	0,00	0,02	3,23	8,05	0,00	0,06	0,00	0,40	0,00	0,03	10,99	0,00	0,00	0,00
Erro	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Media geral (kg/ha)	2080,6	3204,7	4138,8	3553,0	3232,9	2938,4	3999,7	4065,0	3491,0	3807,7	4272,4	3369,4	3486,0	4053,2	3931,1	2726,8	3173,4	4702,3
Coef. Var. %	20,02	10,05	8,01	11,43	12,39	13,49	9,62	8,96	9,25	8,11	8,56	9,96	10,95	9,71	11,42	13,83	12,33	10,10

A tabela 4.6 mostra que para a região Norte, o ambiente, o genótipo e a interação genótipo versus ambiente foram significativos.

Tabela 4.6 Resumo das análises de variância conjunta total para a região Norte.

FONTE	GL	QM	F	Níveis de significância
AMBIENTE	66	13092645	118,91	**
GENÓTIPO	575	286585	2,60	**
GEN X AMB	2276	128519	1,17	**
ERRO CONJ.	5906	110108	.	
MEDIA GERAL (kg/ha)	.	.	.	2371,7
C.V. %	.	.	.	13,99

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A tabela 4.7 mostra que para a região Central, tanto o ambiente quanto o genótipo, foram significativos, e somente para a interação genótipo versus ambiente os resultados foram não significativos.

Tabela 4.7 Resumo das análises de variância conjunta total para a região Central.

FONTE	GL	QM	F	Níveis de significância
AMBIENTE	69	31198754	237,60	**
GENÓTIPO	1316	356659	2,72	**
GEN X AMB	4720	91853	0,70	NS
ERRO CONJ.	12072	131309	.	
MEDIA GERAL (kg/ha)	.	.	.	3389,2
C.V. %	.	.	.	10,69

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade. NS: Não significativo.

A tabela 4.8 mostra que para a região Sul, tanto o ambiente quanto o genótipo, foram significativos, e somente para a interação genótipo versus ambiente os resultados foram não significativos.

Tabela 4.8 Resumo das análises de variância conjunta total para a região Sul.

FONTE	GL	QM	F	Níveis de significância
AMBIENTE	70	47324663	331,79	**
GENÓTIPO	1850	226552	1,59	**
GEN X AMB	6649	73330	0,51	NS
ERRO CONJ.	16998	142633	.	
MEDIA GERAL (kg/ha)	.	.	.	3559,7
C.V. %			.	10,61

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade. NS: Não significativo.

### Ganhos em produtividade de grãos

Na Tabela 4.9 encontram-se as estimativas de ganhos genéticos para produtividade de grãos em cultivo de soja, separados por região e em três grupos: considerados no geral (que englobam genótipos não transgênicos e transgênicos), não transgênicos e transgênicos.

O ganho médio anual para produtividade de grãos para a região Norte, envolvendo cultivares de soja não transgênicos e transgênicos foi de 27,60kg/há (1,31%), somente cultivares não transgênicos foi de 4,22kg/ha (0,15%) e somente com cultivares transgênicos foi de 43,26kg/ha (1,90%). Para a região Norte apenas os considerados como geral e os transgênicos apresentaram valores significativos.

O ganho médio anual para produtividade de grãos para a região Central, envolvendo cultivares de soja não transgênicos e transgênicos foi de 28,97kg/ha (0,91%). Quando considerou-se somente cultivares não transgênicos o

ganho foi de 9,06kg/ha (0,24%). Somente com cultivares transgênicos o ganho foi de 11,81kg/ha (0,36%). Para a região Central apenas os considerados como geral apresentaram valores significativos.

O ganho médio anual para produtividade de grãos para a região Sul, envolvendo cultivares de soja não transgênico e transgênico foi de 30,52kg/ha (0,93%), somente cultivares não transgênicos foi de 37,58kg/ha (1,07%) e somente com cultivares transgênicos foi de 80,32kg/ha (2,46%). Para a região Sul os três grupos de genótipos (geral, não transgênicos e transgênicos) apresentaram valores significativos.

Em todas as regiões os genótipos considerados como geral alcançaram valores significativos. No caso dos genótipos transgênicos apenas a região Norte e Sul apresentaram dados significativos, demonstrando também uma maior magnitude em relação as geral. As não transgênicas apresentaram valores significativos somente para a região Central.

A partir do ano de 1999 as transgênicas começaram a fazer parte dos ensaios com grande ênfase, sendo o número de genótipos testado em todas as regiões, quase três vezes maior que os genótipos não transgênicos. Essa tendência é facilmente comprovado na Tabela 4.9 no item Número de genótipos.

Tabela 4.9 Estimativas e erros padrões dos ganhos genéticos anuais médios, para a variável produtividade de grãos, expressos em kg/ha e porcentagem, e respectivos detalhes obtidos pelo método de regressão linear com médias ajustadas, referentes aos ensaios de competição de linhagens e cultivares de soja conduzidos no período de 1988 a 2005, no estado de Minnesota-EUA.

Itens	NORTE			CENTRAL			SUL		
	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas
Ganho (kg/ha)	27,60 **	4,22	43,26 *	28,97 **	9,06	11,81	30,52 **	37,58 **	80,32 **
Ganho (%)	1,319	0,156	1,901	0,910	0,243	0,364	0,931	1,070	2,464
Erro Padrão (kg/ha)	3,30	19,61	14,14	3,81	23,21	10,36	2,46	7,54	5,28
Erro Padrão (%)	0,158	0,726	0,621	0,119	0,621	0,320	0,075	0,215	0,162
Média de Referência (kg/ha)	2092,9	2702,7	2275,5	3184,9	3735,4	3243,2	3278,1	3512,9	3260,1
Número de Genótipos	281	102	296	724	202	598	1153	278	702
Número de Experimentos	49	19	18	53	20	17	53	20	18
Número de Anos	18	7	7	18	7	7	18	7	7
R <sup>2</sup>	0,814	0,009	0,652	0,784	0,030	0,206	0,906	0,832	0,979

\*,\*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste t.

Por não se tratar do mesmo período analisado, os valores de ganho genético não são obtidos por soma simples dos valores de genótipos não transgênicos e transgênicos. Exemplo: na tabela 4.9 para a região Central, pode-se constatar que com a média entre os valores de genótipos não transgênicos (9,06) com os genótipos transgênicos (11,81) não encontramos o resultado esperado de 10,43, isso deve-se ao fato de que os valores são obtidos de acordo com os períodos analisados, que nesse caso são diferentes. Essa explicação é válida para todas as regiões e também para ganhos de óleo e proteína (Tabelas 4.10 e 4.11).

O ganho genético obtido para os genótipos considerados geral foi de  $1,32 \pm 0,16\%$  na região Norte,  $0,90 \pm 0,12\%$  na região Central e de  $0,93 \pm 0,07\%$  na região Sul.

Toledo et al. (1990), analisando a eficiência do programa de melhoramento em soja no Estado do Paraná, no Brasil, no período de 1981 a 1986 obteve ganho genético de 1,8% no grupo precoce e 1,3% para genótipos do grupo semi-precoce. Os resultados encontrados por Alliprandini et al. (1993), com estudos no mesmo local e cultura, foram da ordem de 0,89% para o grupo de maturação precoce, de 0,38% para o grupo de maturação semi-precoce e o grupo médio apresentou um ganho negativo de  $-0,28\%$ . Trabalhando com arroz irrigado no Nordeste do Brasil, Breseghello (1995) obteve resultados de ganho genético da ordem de 0,3%. Santos et al. (1997), avaliando o programa de melhoramento de arroz irrigado de Minas Gerais de 1980/81 a 1995/96, fase posterior à substituição das cultivares tradicionais pelas modernas, de porte baixo, obtiveram um ganho de produtividade de apenas 0,25%, não-significativo.

## Ganhos em teores de óleo

Na Tabela 4.10 encontram-se os ganhos genéticos para teores de óleo em cultivo de soja, geral (não transgênicas e transgênicas), apenas não transgênicas e somente transgênicas.

O ganho genético para o teor de óleo médio anual para a região Norte, envolvendo cultivares de soja não transgênico e transgênico foi de 0,024% de óleo (0,132%), somente cultivares não transgênicos foi de 0,015% de óleo (0,084%) e somente com cultivares transgênicos foi de -0,017% de óleo (-0,090%).

O ganho genético para o teor de óleo médio anual para a região Central, envolvendo cultivares de soja não transgênico e transgênico foi de 0,020% de óleo (0,108%), somente cultivares não transgênicos foi de 0,011% de óleo (0,061%) e somente com cultivares transgênicos foi de -0,076% de óleo (-0,412%).

O ganho genético para o teor de óleo médio anual para a região Sul, envolvendo cultivares de soja não transgênico e transgênico foi de -0,004% de óleo (-0,020%), somente cultivares não transgênicos foi de 0,003% de óleo (0,015%) e somente com cultivares transgênicos foi de 0,032% de óleo (0,169%).

Portanto, no período considerado, para a variável teor de óleo, não obteve-se valores significativos, não diferindo estatisticamente de zero.

A correlação entre teor de óleo e rendimento de grãos de soja, dependendo dos genótipos avaliados, pode ser elevada e positiva (JOHNSON et al., 1955), pequena, e variar de positiva a negativa (SIMPSON JUNIOR e WILCOX, 1983), ou ausente (KWON e TORRIE, 1964).

Fehr (1978) citou três alternativas para aumentar a produtividade de óleo: aumento da produtividade de grãos, mantendo-se constante a porcentagem de óleo; aumento da porcentagem de óleo, mantendo-se constante a produtividade de grãos, e aumento simultâneo da produtividade de grãos e porcentagem de óleo. Considerando-se os resultados encontrados (Tabela 10), maiores progressos no melhoramento genético do teor de óleo serão alcançados, adotando-se a primeira estratégia. De acordo com Farias Neto et al, (2001) essa estratégia tem a vantagem de não requerer extensivas análises para determinação da porcentagem de óleo nas gerações iniciais de um programa de melhoramento.

Tabela 4.10 Estimativas e erros padrões dos ganhos genéticos anuais médios, para a variável teor de óleo, expressos em porcentagem, e respectivos detalhamentos obtidos pelo método de regressão linear com médias ajustadas, referentes aos ensaios de competição de linhagens e cultivares de soja conduzidos no período de 1988 a 2005, no estado de Minnesota-EUA.

Itens	NORTE			CENTRAL			SUL		
	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas
Ganho (óleo %)	0,024	0,015	-0,017	-0,020	0,011	-0,076	-0,004	0,003	0,032
Ganho (%)	0,132	0,084	-0,090	-0,108	0,061	-0,412	-0,020	0,015	0,169
Erro Padrão (óleo %)	0,012	0,047	0,032	0,006	0,036	0,045	0,005	0,018	0,016
Erro Padrão (%)	0,065	0,257	0,175	0,034	0,197	0,246	0,029	0,096	0,087
Média de Referência (óleo %)	18,0	18,3	18,5	18,1	18,1	18,5	18,2	18,5	18,7
Número de Genótipos	281	102	296	724	202	598	1153	278	702
Número de Experimentos	49	19	18	53	20	17	53	20	18
Número de Anos	18	7	7	18	7	7	18	7	7
R <sup>2</sup>	0,204	0,021	0,050	0,385	0,019	0,360	0,027	0,005	0,432

\*,\*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste t.

## Ganhos em teores de proteína

Na Tabela 4.11 encontram-se os ganhos genéticos para teores de proteína em cultivo de soja, geral (não transgênicas e transgênicas), apenas não transgênicas e somente transgênicas.

O ganho genético para o teor de proteína médio anual para a região Norte, envolvendo cultivares de soja não transgênico e transgênico foi de 0,023% de proteína (0,067%), somente cultivares não transgênicos foi de 0,051% de proteína (0,149%) e somente com cultivares transgênicos foi de -0,112% de proteína (-0,311%).

O ganho genético para o teor de proteína médio anual para a região Central, envolvendo cultivares de soja não transgênico e transgênico foi de 0,016% de proteína (0,045%), somente cultivares não transgênicos foi de 0,039% de proteína (0,111%) e somente com cultivares transgênicos foi de -0,295% de proteína (-0,811%).

O ganho genético para o teor de proteína médio anual para a região Sul, envolvendo cultivares de soja não transgênico e transgênico foi de -0,012% de proteína (-0,033%), somente cultivares não transgênicos foi de -0,014% de proteína (0,041%) e somente com cultivares transgênicos foi de -0,084% de proteína (-0,240%).

Costa et al. (1981) citam teores de proteína bruta entre 40,00% e 41,38% em grãos de sete cultivares comerciais, produzidas no Brasil na safra de 1973. As cultivares de soja comercialmente cultivadas nos Estados Unidos têm, segundo Hartwig (1979), aproximadamente 40,5% de proteína no grão e 21,0% de óleo, com base em matéria seca. No nosso estudo, os teores de proteína ficaram ao redor de 35%.

De acordo com Wilcox e Guodong (1997), a composição das sementes das cultivares comerciais dos Estados Unidos, com poucas exceções, tem permanecido inalterada, nos últimos 70 anos, em aproximadamente 400 g de proteína e 210 g de óleo por kg de grãos.

Voldeng et al. (1997), no entanto, afirmaram que de 1976 a 1992, o aumento da produtividade de grãos, das cultivares no Canadá foi de 0,7% ao ano,

enquanto o nível de proteína foi reduzido em 4 g/kg/ano e o teor de óleo aumentou em 4 g/kg/ano.

A produtividade de grãos de soja, em geral, é inversamente correlacionado com o teor de proteína nos grãos (JOHNSON et al., 1955; KWON e TORRIE, 1964; BYTH et al., 1969a, 1969b; THORNE e FEHR, 1970; HARTWIG e HINSON, 1972; HYMOWITZ et al., 1972; SHANNON et al., 1972; VOLDENG et al., 1997; WILCOX e GUODONG, 1997). Segundo Burton (1984), correlações negativas entre a produtividade de grãos e teor de proteína, apesar de freqüentes, usualmente não são expressivas. Associação positiva entre o conteúdo de proteína e a produtividade de grãos também tem sido observada (WEISS et al., 1952; KWON e TORRIE, 1964; SIMPSON JUNIOR e WILCOX, 1983). Relação negativa entre a produtividade de grãos e teor de proteína foi encontrada, por Wilcox e Guodong (1997), em populações de tipo de crescimento indeterminado, e não foi encontrada em populações de hábito determinado.

Os teores de proteína e de óleo são inversamente correlacionados (JOHNSON et al., 1955; KWON e TORRIE, 1964; THORNE e FEHR, 1970; HYMOWITZ et al., 1972; SIMPSON JUNIOR e WILCOX, 1983; BURTON, 1984; MAREGA FILHO et al., 2001).

De maneira geral os ganhos para teor de proteína foram não significativos (não diferindo estatisticamente de zero) exceção às regiões Central e Sul, nos genótipos transgênicos, onde as estimativas de ganho foram negativas e significativas. Nestes experimentos ocorreu elevado ganho genético para produtividade de grãos. A produtividade de grãos apresenta elevada correlação negativa com o teor de proteína, o que pode explicar estes resultados.

Tabela 4.11 Estimativas e erros padrões dos ganhos genéticos anuais médios, para a variável teor de proteína, expressos em porcentagem, e respectivos detalhamentos obtidos pelo método de regressão linear com médias ajustadas, referentes aos ensaios de competição de linhagens e cultivares de soja conduzidos no período de 1988 a 2005, no estado de Minnesota-EUA.

Itens	NORTE			CENTRAL			SUL		
	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas	Geral	Não Transgênicas	Transgênicas
Ganho (proteína %)	0,023	0,051	-0,112	0,016	0,039	-0,295 **	-0,012	-0,014	-0,084 * *
Ganho (%)	0,067	0,149	-0,311	0,045	0,111	-0,811	-0,033	-0,041	-0,240
Erro Padrão (proteína %)	0,020	0,095	0,045	0,010	0,060	0,071	0,007	0,021	0,018
Erro Padrão (%)	0,057	0,278	0,123	0,028	0,170	0,196	0,019	0,060	0,050
Média de Referência (proteína %)	34,5	34,3	36,1	35,9	35,4	36,4	35,6	34,9	35,1
Número de Genótipos	281	102	296	724	202	598	1153	278	702
Número de Experimentos	49	19	18	53	20	17	53	20	18
Número de Anos	18	7	7	18	7	7	18	7	7
R <sup>2</sup>	0,079	0,055	0,560	0,133	0,078	0,774	0,155	0,084	0,822

\*,\*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste t.

Na Figura 4.3 é feita a comparação da produtividade de grãos obtida em cada região durante os 18 anos de ensaios, não havendo separação de genótipos não transgênicos e transgênicos.

Os resultados são próximos aos esperados, pois a região Sul que obteve a maior produtividade de grãos possui maior quantidade de genótipos adaptados a região, em contrapartida a região Norte tem menor produtividade de grãos devido aos problemas maiores com adaptabilidade dos genótipos, por sofrer maior adversidade climática.

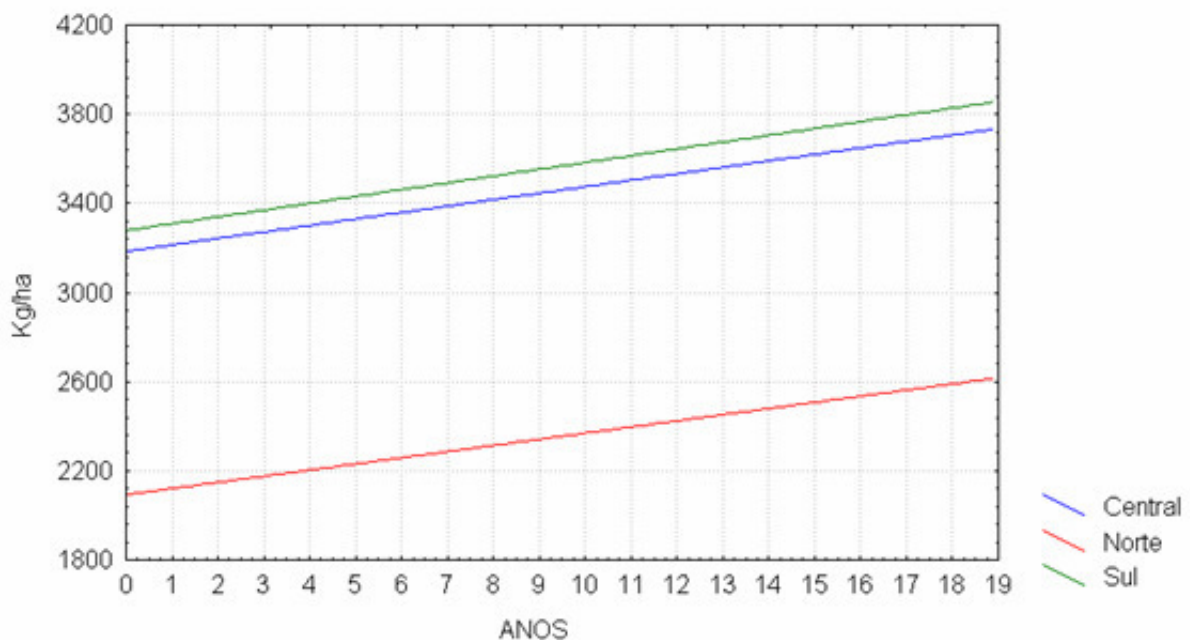


Figura 4.3 Ganho genético para a característica produtividade de grãos (kg/ha), por região em 18 anos de cultivo, de 1988 até 2005.

A Figura 4.4 corresponde ao comparativo de cultivares não transgênicas com transgênicas, na região Norte.

Na região Norte o comportamento das cultivares transgênicas tende a alcançar a produtividade de grãos das não transgênicas, devido ao crescimento acentuado dos genótipos transgênicos, aliada a ausência de ganho genético nos genótipos não transgênicos, que apresentaram valores não significativo.

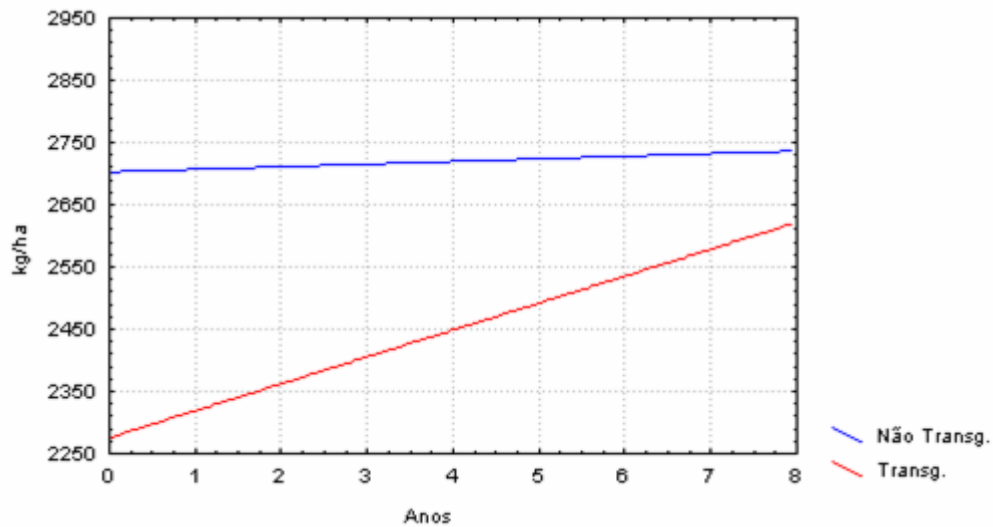


Figura 4.4 Ganho genético para a característica produtividade de grãos (kg/ha), na região Norte em sete anos de cultivo não transgênico versus transgênico de 1999 até 2005.

A Figura 4.5 corresponde ao comparativo de cultivares não transgênicas com transgênicas, na região Central.

Na região Central, nota-se que as cultivares não transgênicas possuem uma maior produtividade de grãos que as transgênicas, durante todos os anos de ensaios.

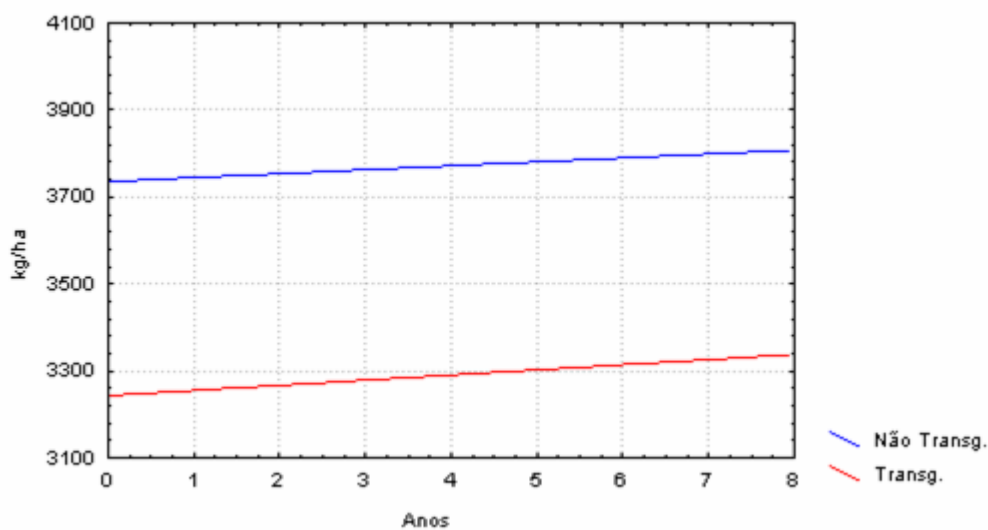


Figura 4.5 Ganho genético para a característica produtividade de grãos (kg/ha), na região Central em sete anos de cultivo não transgênico versus transgênico de 1999 até 2005.

A Figura 4.6 corresponde ao comparativo de cultivares não transgênicas com transgênicas, na região Sul. Na região Sul, os ganhos foram altamente significativos para ambos os tipos de genótipos, porém transgênicos apresentaram ganho genético em praticamente o dobro da magnitude alcançada pelas não transgênicas, a saber, 80,32 contra 37,58 kg/ha/ano.

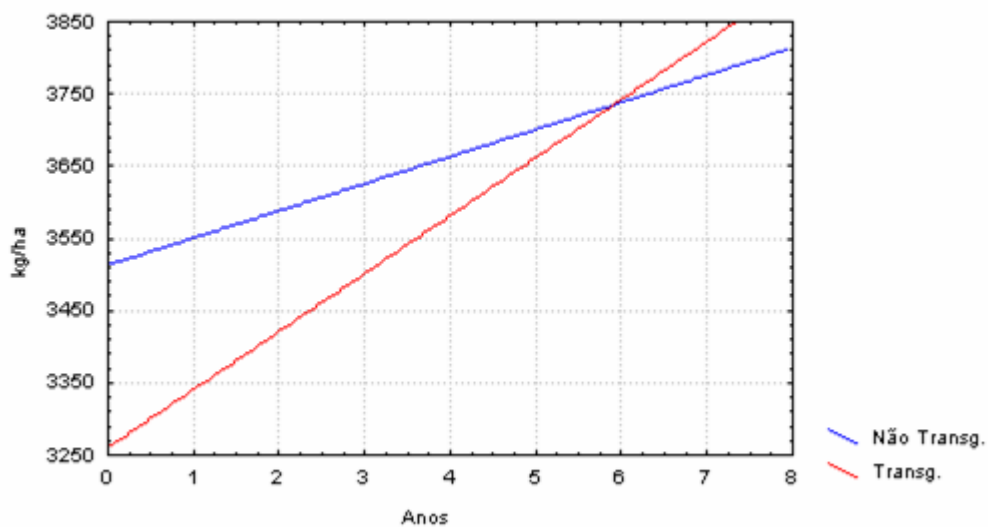


Figura 4.6 Ganho genético para a característica produtividade de grãos (kg/ha), na região Sul em 7 anos de cultivo não transgênico versus transgênico de 1999 até 2005.

#### **4.5. CONCLUSÕES**

Nos ensaios de competição de linhagens avançadas coordenadas pela Universidade de Minnesota, E.U.A., proveniente de diferentes programas de melhoramento de diferentes empresas, detectou-se que os genótipos não transgênicos apresentaram ganho genético da ordem de 1% e os transgênicos da ordem de 2% para a produtividade de grãos. Não foi alterado o teor de óleo e para o teor de proteína houve redução significativa nas regiões Central e Sul.

No geral, a alternativa para aumentar a produtividade de óleo e proteína foi a de aumentar a produtividade de grãos, mantendo-se constante a porcentagem de óleo e proteína.

## **5 CONCLUSÕES GERAIS**

Os programas de melhoramento genético de soja devem ser avaliados de formas a auxiliar o melhorista na tomada de decisões.

A avaliação do ganho genético deve ser utilizada, pois é uma importante ferramenta para auxiliar a corrigir distorções nos programas de melhoramento genético de soja.

Sugere-se separar genótipos por grupo de maturação, em ensaios distintos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 29(1): 105-12, 1994.

AGRICULTURAL MARKETING SERVICE. **USDA**. Disponível em: <<http://www.ams.usda.gov>>. Acesso em: 19 janeiro. 2007.

AKHTER, M; SNELLER, C. H. Genotype x planting date interaction and selection of early maturing soybean genotypes. **Crop Science**, Madison, 36:883-889, 1996.

ALLIPRANDINI, L. F.; TOLEDO, J. F. F. de.; FONSECA JUNIOR, N. S.; KIIHL, R. A. S. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento no período de 1985/86 a 1989/90. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 28(4):489-497, 1993.

ALLIPRANDINI, L. F.; TOLEDO, J. F. F. de.; FONSECA JUNIOR, N. F.; ALMEIDA, L. A. de. ; KIIHL, R. A. S. Efeitos da interação genótipo x ambiente sobre a produtividade da soja no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 29 (9):1433-1444, 1994.

AMORIM NETO, S.; ANDRADE, W.E. de B.; COSTA, R.A. da. Aumento da produtividade de arroz irrigado no Estado do Rio de Janeiro de 1981/82 a 1991/92. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.369-374, 1998.

ARANTES, N. E. **Interação genótipo x ambiente e estudo de alternativas para seleção de variedades de soja (*Glycine max (L.) Merrill*), com base em testes regionais**. Viçosa, 1979. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFV, 1979.

ARAÚJO, J.S. de. **Ganhos genéticos obtidos em híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento no Brasil**. 1995. 64p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ARIAS, E.R.A.; RAMALHO, M.A.P. Progresso genético em milho no Estado do Mato Grosso do Sul, no período de 1986/87 a 1993/94. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1534-1538, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS – **ABIOVE**. Disponível em: < <http://www.abiove.com.br> > Acesso em: 17 janeiro 2007.

ATROCH, A.L.; NUNES, G.H. de S. Progresso genético em arroz de várzea úmida no Estado do Amapá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.767- 771, 2000.

BARBOSA NETO, J.F.; MATIELLO, R.R.; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, J.M.S.; PEGORARO, D.G.; SCHNEIDER, F.; SORDI, M.H.B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1605-1612, 2000.

BELL, M.A.; FISHER, R.A.; BYERLEE, D.; SAYRE, K. Genetic and agronomic contributions to yield gains: a case of study for wheat. **Field Crops Research**, Amsterdam, 44(1): 55-65, 1995.

BERZONSKY, W.A; LAFEVER, H.N. Progress m Ohio soft red winter wheat breeding: grain yield and agronomic traits of cultivars released from 1871 to 1987. **Crop Science**, Madison, 33(6): 1382-6, 1993.

BILLORE, S. D; JOSHI, O. P. Genotypical variability for yield and quality in *Glycine max* (L.) Merrill. **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, 24:88-91, 1997.

BONETTI, L.P. Distribuição da soja no mundo. In MYASAHKA S.; MEDINA J.C. (Ed) **A soja no Brasil**, Campinas: ITAL, 1981, cap, 1, p. 1-6, 1981.

BRESEGHELLO, F. **Ganhos para produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil**. Goiânia: UFG, 1995. 93p. Dissertação o de Mestrado.

BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P.H.N.; MORAIS, O.P. de. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.399-407, 1999.

BULMAN, P.; MATHER, D.E.; SMITH, D.L. Genetic improvement of spring barley cultivars grown in eastern Canada from 1910 to 1988. **Euphytica**, Wageningen, 71(1): 35-48, 1993.

BURTON, J.W. Breeding soybeans for improved protein quantity and quality. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. **Proceedings**. Boulder : Westview, 1984. p.361-367,

BYTH, D.E.; CALDWELL, B.E.; WEBER, C.R. Specific and nonspecific index selection in soybean *Glycine max* L. (Merrill). **Crop Science**, Madison, v.9, p.702-705, 1969a.

BYTH, D.E.; WEBER, C.R.; CALDWELL, B.E. Correlated truncation selection for yield in soybeans. **Crop Science**, Madison, v.9, p.699-702, 1969b.

CARDWELL, V.B. Fifty years of Minnesota corn production: sources of yield increase. **Agronomy Journal**, Madison, 74(6): 984-90, 1982.

CARVALHO, L.P.; BARBOSA, M.H.P.; COSTA, J.N.; FARIAS, F.J.C.; SANTANA, J.C.F.; ANDRADE, F.P. Progresso genético do algodoeiro herbáceo no Nordeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 32(3): 283-91, 1997.

CECON, P.R.; MORAIS, R.A. ; SEDIYAMA, C.S. Obtenção da herdabilidade e das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente nas gerações F2 e F3 em cruzamentos fatoriais em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.1399-1406, 1993.

CÓRDOVA, H.S.; BARRETO, H.J.; CROSSA, J. Hybrid development in central América: reliability of yield gains against a regional check. **Maydica**, Bergamo, 41(4): 349-53, 1996.

COSTA, S.L. A soja na produção de alimentos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, Londrina, 1978. **Anais**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1979. v. 2, p. 235-243.

COSTA, S.I. da; MORI, E.E.M.; FUJITA, J.T. Características químicas, organolépticas e nutricionais de algumas cultivares de soja. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas : Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.823-827.

COSTA, M.M; MAURO, A.O.Di; UNÊDA-TREVISOLI, S.H; ARRIEL, N.H.C; BÁRBARO, I.M; MUNIZ, F.R.S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.11, p.1095-1102. 2004.

CRUZ, C.D; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

DUARTE, J. B.; ROLIM, R. B.; OLIVEIRA, P. M. F. de; SOUZA, J. R. de. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), nas condições de Goiás e Distrito Federal. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, 24(1):90-109, 1994.

DUDLEY, J.W; LAMBERT, R.J. Ninety generations of selection for oil and protein in maize. **Maydica**, Bergamo, 37(1): 81-7, 1992.

DUVICK, D.N. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. **Maydica**, Bergamo, 37(1): 69-79, 1992.

EMBRAPA SOJA. **Soja**. Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br> >. Acesso em: 30 abril. 2005.

EYHÉRABIDE, G.H.; DAMILANO, A.L.; COLAZO, J.C. Genetic gain for grain yield of maize in Argentina. **Maydica**, Bergamo, 39(3): 207-11, 1994.

FARIAS NETO, J. T. ; VELLO, N. A. . Avaliação de progênies F4:3 e F5:3 e estimativas de parâmetros genéticos com ênfase para porcentagem de óleo e produtividade de grãos e óleo em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 812-820, 2001.

FEHR, W. R. Breeding. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **Soybean: physiology, agronomy and utilization**. New York: Academic Press, 1978. p. 119-155.

FERNANDES, J.S.C. **Estabilidade ambiental de cultivares de milho (*Zea mays* L.) na região Centro Sul do Brasil**. Piracicaba, 1988. 94p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba.

FERNANDES, J.S.C.; FRAZON, J.F. Thirty years of genetic progress in maize (*Zea mays* L.) in a tropical environment. **Maydica**, v.42, p.21-27, 1997.

FONSECA JÚNIOR, N.S. **Progresso genético na cultura do feijão no Estado do Paraná para o período de 1977 a 1995**. 1997. 168p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

GALVÃO, E. R. **Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de nove genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul**. Viçosa, 1994. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFV, 1994.

GIECO, J. O. **Interação genótipos x ambientes e implicações para o melhoramento da soja**. Piracicaba, 1997. 98p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - ESALQ-USP, 1997.

HARTWIG, E.E. Breeding productive soybeans with a higher percentage of protein. In: International symposium seed protein improvement in cereals and grain legumes, 1978, Neuherberg. **Proceedings**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1979. v.2, p.59-66.

HARTWIG, E.E.; HINSON, K. Association between chemical composition of seed and seed yield of soybeans. **Crop Science**, Madison, v.12, p.829-830, 1972.

HENDERSON, C.R.; KEMPTHORNE, O.; SEARLE, S.R. e KROSIGK, C.M. The estimation of environmental and genetic trends from records subject to culling. **Biometrics**, Blacksburg, 15(2): 192-218, 1959.

HOLLAND, J.B; BINGHAM, E.T. Genetic improvement for yield and fertility of alfafa cultivars representing different eras of breeding. **Crop Science**, Madison, 34(4): 953-7, 1994.

HYMOWITZ, T.; COLLINS, F.I.; PANCZNER, J.; WALKER, W.M. Relationship between the content of oil, protein, and sugar in soybean seed. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.613-616, 1972.

JOHNSON, H.W.; ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and these implications in selection. **Agronomy Journal**, Madison, v.47, p.477-483, 1955.

KWON, S.H.; TORRIE, J.H. Heritability and interrelationship among traits of two soybean populations. **Crop Science**, Madison, v.4, p.196-198, 1964.

LAÍNEZ-MEJÍA, J. R. **Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de progênes de soja com ênfase nas produtividades de grãos e óleo**. Piracicaba, 1996. 145p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - ESALQ - USP, 1996.

LILL, D; PURCHASE, J.L. Directions in breeding for winter wheat yield and quality in South Africa from 1930 do 1990. **Euphytica**, Wageningen, 82(1): 79- 87, 1995.

LOPES, A.C.A; VELLO, N.A.;, PANDINI, F. Variability and correlations among traits in soybean crosses. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), Apr./June 2002, vol.59, no.2, p.341-348.

MAREGA FILHO, M. ; DESTRO, D. ; MIRANDA, Lilian Azevedo ; SPINOSA, W. A. ; PANIZZI, M. C. C. ; MONTALVÁN, Ricardo . Relationships among oil content, protein content and seed size in soybeans. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 23-32, 2001.

MARTINS, E.N.; LOPES, P.S.; SILVA, M.A.; REGAZZI, A.J. **Modelo linear misto**. Viçosa, UFV, 1993. 46p. (Boletim 323).

MARTIN, S.K.St; GERALDI, I.O. **Comparison of three procedures for early generation testing of soybean**. *Crop Science* 42:705-709, 2002.

McCAIG, T.N; CLARKE, J.M. Breeding durum wheat in western Canada: historical trends in yield and related variables. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, 75(1): 55-60, 1995.

McCAIG, T.N; DePAUW, R.M. Breeding hard red spring wheat in western Canada: historical trends in yield and related variables. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, 75: 387-93, 1995.

MIRANDA, L. C. Uma sucessão de acertos. In: **Anuário Brasileiro da Soja**, Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 34-36, 2003.

MORAES, L. K. de.; PINHEIRO, J. B.; COELHO, S. G.; ROSA, S. R.A. da; REIS, A. J. S. Interação de cultivares de soja com épocas de semeadura. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 43. Goiânia, 1997. **Anais**. Goiânia, SBG, 1997. p.166.

MORESCO, E. R. **Progresso genético no melhoramento do algodoeiro no Estado do Mato Grosso**. Piracicaba, 2003. 79 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MORRISON, M.J.; VOLDENG, H.D.; COBER, E.R. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. **Agronomy Journal**, v.92, p.780-784, 2000.

NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE. **USDA**. Disponível em: <<http://www.nass.usda.gov>>. Acesso em: 19 janeiro. 2007.

NEDEL, J.L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 29(10): 1565- 70,1994.

PELTONEN-SAINIO, P; PELTONEN, J. Progress since the 1930s in breeding for yield, its components, and quality traits of spring wheat in Finland. **Plant Breeding**, Berlin, 113(3): 177-86, 1994.

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

RAUT, V. M.; TAWARE, S. P.; HALVANKAR, G. B.; PATIL, V. P. Stability analysis for oil and yield in soybean. **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, 24:92-93, 1997.

REIS, E.F.dos; REIS, M.S; CRUZ, C.D; SEDIYAMA, T. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.685-692, 2004.

RIBEIRO, N.D.; POSSEBON, S.B.; STORCK, L. Progresso genético em caracteres agrônômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência Rural**, v.33, p.629-633, 2003.

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

RODRIGUES, J.A.S. **Progresso genético e potencial de risco da cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no Brasil**. Piracicaba, 1990. 171 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. Piracicaba, 2001. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ-USP, 2001.

SANTOS, P.G.; SOARES, P.C.; SOARES, A.A.; MORAIS, O.P. de; CORNÉLIO, V.M. de O. Estimativas do progresso genético do programa de arroz irrigado desenvolvido em Minas Gerais no período de 1974 a 1996. In: Reunião da cultura do arroz irrigado, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí : EPAGRI, 1997. p.27-30.

SALADO-NAVARRO, L.R.; SINCLAIR, T.R.; HINSON, K. Changes in yield and seed growth traits in soybean cultivars released in the Southern USA from 1945 to 1983. **Crop Science**, Madison, 33(6): 1204-9, 1993.

SAS INSTITUTE - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT® users' guide**. The GLM procedure. Cary: SAS Institute Inc. Version 6, 4.ed v.2. cap.24, p.891-996, 1990.

SAS INSTITUTE - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT® users' guide**. Cary: SAS Institute Inc. Version 8, 1999.

SEARLE, S.R. Mixed models: a thumbnail survey. In: SEARLE, S.R. **Linear models for unbalanced data**. New York, John Wiley e Sons, 1987, cap. 13, p.484-519.

SHANNON, J.G.; WILCOX, J.R.; PROBST, A.M. Estimated gains from selection for protein and yield in the F4 generation of six soybean populations. **Crop Science**, Madison, v.12, p.824-826, 1972.

SHARMA, S.K. Note on path-coefficient analysis in the F2 populations of soybean grown at two locations. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.49, p.820-821, 1979.

SIMPSON JUNIOR, A.M.; WILCOX, J.R. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean populations. **Crop Science**, Madison, v.23, p.1077-1081, 1983.

SOARES, A.A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado na década de oitenta em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 188p. Tese de Doutorado.

SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P; SOUZA, A.F. Estimativa do progresso genético obtido pelo programa de melhoramento de arroz irrigado da EPAMIG, na década de oitenta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.97-104. 1994.

SOARES, A.A.; SANTOS, P.G.; MORAIS, O.P. de; SOARES, P.C.; REIS, M. de S.; SOUZA, M.A. de. Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.415-424, 1999.

SOLDINI, D. O. **Interação genótipos x locais e correlações entre caracteres com ênfase na produtividade de óleo em soja.** Piracicaba, 1993. 136p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - ESALQ- USP, 1993.

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

THORNE, J.C.; FEHR, W.R. Incorporation of highprotein, exotic germplasm into soybean populations by 2- and 3-way crosses. **Crop Science**, Madison, v.10, p.652-655, 1970.

TOLEDO, J.F.F. de; ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A. de S.; MENOSSO, M.G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, p.89-94, 1990.

VASCONCELOS, M. F. S. **Competitividade do comércio internacional de soja.** 1994. 92 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VENCOVSKY, R.; MORAES, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. **Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil.** Piracicaba: [s.n.], 1986. 22p.

VENCOVSKY, R.; MORAES, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1986. **Anais.** Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1988. p.300-307.

VENCOVSKY, R; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VOLDENG, H.D.; COBER, E.R.; HUME, D.J.; GILLARD, C.; MORRISON, M.J. Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. **Crop Science**, Madison, v.37, p.428-431, 1997.

WEISS, M.G.; WEBER, C.R.; WILLIAMS, L.T.T.; PROBST, A.H. Correlations of agronomic characters and temperature with seed compositional characters in soybean, as influenced by variety and time of planting. **Agronomy Journal**, Madison, v.44, p.289-297, 1952.

WILCOX, J.R.; SCHAPAUGH JÚNIOR, W.T.; BERNARD, R.L.; COOPER, R.L.; FEHR, W.R.; NEIHAUS, M.H. Genetic improvement of soybeans in the Midwest. **Crop Science**, Madison, 19(6):803-5, 1979.

WILCOX, J.R.; GUODONG, Z. Relationship between seed yield and seed protein in determinate and indeterminate soybean populations. **Crop Science**, Madison, v.37, p.361-364, 1997.

WOODFIELD, D.R.; CARADUS, J.R. Genetic improvement in white clover representing six decades of plant breeding. **Crop Science**, Madison, 34(5): 1205-13, 1994.

# APÊNDICES

Apêndice 4.1 Colocação dos Estados, Norte Americanos em relação a valor de produção da safra de soja 2005. Fonte: NASS (2007)

<b>Soja Valor da produção por Estado em 2005</b>		
<b>Colocação</b>	<b>Estado</b>	<b>Valor da Produção</b>
1	Iowa	2.902.943.000 dólares
2	Illinois	2.442.825.000 dólares
3	Minnesota	1.667.700.000 dólares
4	Indiana	1.449.910.000 dólares
5	Nebraska	1.294.315.000 dólares

Apêndice 4.2 Dados referentes à área de produtividade dos Estados Unidos. Fonte: NASS (2007)

<b>Soja</b>						
<b>Ano</b>	<b>Área plantada</b>	<b>Área colhida</b>	<b>Produtividade</b>	<b>Produção</b>	<b>Preço por unidade</b>	<b>Valor da produção</b>
2006	30.563,3 <sup>1</sup>	30.191,0 <sup>1</sup>	2.871,6 <sup>2</sup>	86.771.330,35 <sup>3</sup>		
2005	29.150,9 <sup>1</sup>	28.834,9 <sup>1</sup>	2.891,8 <sup>2</sup>	83.369.058,19 <sup>3</sup>	0,202 <sup>4</sup>	16.927.898 <sup>5</sup>
2004	30.436,3 <sup>1</sup>	29.930,4 <sup>1</sup>	2.838,0 <sup>2</sup>	85.014.238,18 <sup>3</sup>	0,211 <sup>4</sup>	17.894.948 <sup>5</sup>
2003	29.706,2 <sup>1</sup>	29.330,6 <sup>1</sup>	2.279,8 <sup>2</sup>	66.778.946,64 <sup>3</sup>	0,270 <sup>4</sup>	18.013.753 <sup>5</sup>
2002	29.932,4 <sup>1</sup>	29.339,1 <sup>1</sup>	2.555,5 <sup>2</sup>	75.011.296,75 <sup>3</sup>	0,203 <sup>4</sup>	15.252.691 <sup>5</sup>
2001	29.977,7 <sup>1</sup>	29.532,6 <sup>1</sup>	2.663,1 <sup>2</sup>	78.672.801,31 <sup>3</sup>	0,161 <sup>4</sup>	12.605.717 <sup>5</sup>

As seguintes unidades são utilizadas acima.

1 – mil hectares    2 – kg/ha    3 - toneladas    4 – US\$/kg    5 – mil dólares

Apêndice 4.3 Dados do Estado de Minnesota, E.U.A, relacionados a produção de soja. Fonte: NASS (2007)

Dados do Estado de Minnesota, EUA - Soja														
Cultura	Ano	Estado	Área plantada	Unidade	Área colhida	Unidade	Produtividade	Unidade	Produção	Unidade	Preço por unidade	Unidade	Valor da produção	Unidade
Soja	1988	Minnesota	1.983	mil hectares	1.942	mil hectares	1.748,5	Kg/ha	3.395.587,0	Toneladas	0,268	US\$ / kg	911.040	Mil dólares
Soja	1989	Minnesota	2.043	mil hectares	2.023	mil hectares	2.488,3	Kg/ha	5.033.830,9	Toneladas	0,205	US\$ / kg	1.032.300	Mil dólares
Soja	1990	Minnesota	1.902	mil hectares	1.862	mil hectares	2.622,8	Kg/ha	4.883.653,6	Toneladas	0,204	US\$ / kg	995.670	Mil dólares
Soja	1991	Minnesota	2.225	mil hectares	2.165	mil hectares	2.454,7	Kg/ha	5.314.425,5	Toneladas	0,199	US\$ / kg	1.056.438	Mil dólares
Soja	1992	Minnesota	2.225	mil hectares	2.185	mil hectares	2.152,0	Kg/ha	4.702.120,0	Toneladas	0,203	US\$ / kg	953.856	Mil dólares
Soja	1993	Minnesota	2.185	mil hectares	2.023	mil hectares	1.546,8	Kg/ha	3.129.176,4	Toneladas	0,227	US\$ / kg	710.700	Mil dólares
Soja	1994	Minnesota	2.307	mil hectares	2.266	mil hectares	2.690,0	Kg/ha	6.095.540,0	Toneladas	0,197	US\$ / kg	1.202.880	Mil dólares
Soja	1995	Minnesota	2.388	mil hectares	2.347	mil hectares	2.723,7	Kg/ha	6.392.523,9	Toneladas	0,242	US\$ / kg	1.547.991	Mil dólares
Soja	1996	Minnesota	2.428	mil hectares	2.388	mil hectares	2.555,5	Kg/ha	6.102.534,0	Toneladas	0,267	US\$ / kg	1.627.692	Mil dólares
Soja	1997	Minnesota	2.671	mil hectares	2.651	mil hectares	2.622,8	Kg/ha	6.953.042,8	Toneladas	0,228	US\$ / kg	1.583.790	Mil dólares
Soja	1998	Minnesota	2.792	mil hectares	2.752	mil hectares	2.824,5	Kg/ha	7.773.024,0	Toneladas	0,171	US\$ / kg	1.328.040	Mil dólares
Soja	1999	Minnesota	2.833	mil hectares	2.792	mil hectares	2.824,5	Kg/ha	7.886.004,0	Toneladas	0,162	US\$ / kg	1.280.916	Mil dólares
Soja	2000	Minnesota	2.954	mil hectares	2.894	mil hectares	2.757,3	Kg/ha	7.979.626,2	Toneladas	0,161	US\$ / kg	1.283.997	Mil dólares
Soja	2001	Minnesota	2.954	mil hectares	2.914	mil hectares	2.488,3	Kg/ha	7.250.906,2	Toneladas	0,159	US\$ / kg	1.150.848	Mil dólares
Soja	2002	Minnesota	2.914	mil hectares	2.873	mil hectares	2.925,4	Kg/ha	8.404.674,2	Toneladas	0,199	US\$ / kg	1.673.967	Mil dólares
Soja	2003	Minnesota	3.035	mil hectares	3.015	mil hectares	2.152,0	Kg/ha	6.488.280,0	Toneladas	0,267	US\$ / kg	1.730.784	Mil dólares
Soja	2004	Minnesota	2.954	mil hectares	2.853	mil hectares	2.219,3	Kg/ha	6.331.662,9	Toneladas	0,217	US\$ / kg	1.372.635	Mil dólares
Soja	2005	Minnesota	2.792	mil hectares	2.752	mil hectares	3.026,3	Kg/ha	8.328.377,6	Toneladas	0,200	US\$ / kg	1.667.700	Mil dólares

Fonte: NASS (2007)