**SELEÇÃO RECORRENTE DIVERGENTE
PARA PESO DE SEMENTES E
PORCENTAGEM DE ÓLEO EM SOJA COM
O USO DE MACHOESTERILIDADE
GENÉTICA**

MANOEL ALBINO COELHO DE MIRANDA

Orientador: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

**PIRACICABA
Estado de São Paulo
Janeiro - 1994**

Miranda, Manoel Albino Coelho de

Seleção recorrente divergente para peso de sementes e porcentagem de óleo em soja com o uso de machoesterilidade genética. Piracicaba, 1994.
112 p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Semente de soja - Seleção recorrente 2. óleo de soja - Seleção recorrente 3. Soja - machoesterilidade genética I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

**SELEÇÃO RECORRENTE DIVERGENTE
PARA PESO DE SEMENTES E
PORCENTAGEM DE ÓLEO EM SOJA COM
O USO DE MACHOESTERILIDADE
GENÉTICA**

MANOEL ALBINO COELHO DE MIRANDA

Aprovada em 15.03.1994

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Natal Antonio Vello	ESALQ/USP
Prof. Dr. Gerhard Bandel	ESALQ/USP
Prof. Dr. Isaias Olívio Geraldi	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Orlando Mauro	FCAV/UNESP
Prof. Dr. Dionísio Destro	UEL/Londrina

1-1-1/115.
Prof. Dr. Natal Antonio Vello
- Orientador -

Aos meus pais, Hilário e Violeta

e aos meus filhos, Fernando, Rodrigo e Helena

dedico

À Dulce Maria

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Natal Antonio Vello pela orientação;

Aos professores do curso de Genética e Melhoramento de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, pelos ensinamentos;

Ao CNPq pela bolsa de estudo;

Aos meus irmãos Pesquisadores Científicos Hilário da Silva Miranda Filho e Luiz Eugênio Coelho de Miranda, pela colaboração e sugestões apresentadas;

Aos Pesquisadores Científicos José Carlos Vila Nova Alves Pereira, Paulo Boller Gallo e Daise Soave, pela cooperação e facilidades proporcionadas durante a realização dos ensaios e análises do teor de óleo no NMR;

Aos Técnicos de Apoio Aparecido da Silva e Virginia Maria Barbosa Villar, pela condução dos experimentos;

Aos colegas da Seção de Leguminosas do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo;

Ao Instituto Agronômico do Estado de São Paulo.

SUMÁRIO

	página
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1. Tamanho de semente.....	7
2.2. Teor de óleo.....	10
2.3. Coeficiente de repetibilidade.....	11
2.4. Herdabilidade.....	12
2.5. Seleção recorrente.....	15
2.6. Machoesterilidade.....	16
2.7. Seleção recorrente com a utilização da machoesterili- dade genética (SRMEG).....	22
2.7.1. SRMEG para tamanho de semente.....	22
2.7.2. SRMEG para teor de óleo, determinado com espectroscópio de ressonância nuclear magnética (NMR).....	23
2.8. Correlações fenotípicas.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Material genético.....	26
3.2. Descrição do ambiente.....	28
3.3. Procedimentos experimentais.....	29
3.3.1. Curvas de distribuição de frequências.....	29
3.3.2. Seleção recorrente para peso de cem sementes (PCS)...	29

	página
3.3.3. Seleção para teor de óleo.....	33
3.3.4. Avaliação das populações selecionadas para PCS.....	34
3.3.5. Caracteres avaliados.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Seleção para tamanho de semente.....	37
4.1.1. Coeficiente de repetibilidade.....	37
4.1.2. Distribuição de frequência.....	38
4.1.3. Médias das populações.....	39
4.1.4. Herdabilidade.....	40
4.1.5. Regressão polinomial.....	42
4.1.6. Correlação fenotípica.....	46
4.1.7. Produtividade.....	47
4.2. Seleção para teor de óleo nas sementes.....	49
4.2.1. Distribuição de frequência.....	49
4.2.2. Herdabilidades.....	50
4.2.3. Correlação fenotípica.....	51
4.2.4. Considerações finais.....	52
5. CONCLUSÕES.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
TABELAS E FIGURAS.....	72

SELEÇÃO RECORRENTE DIVERGENTE PARA PESO DE SEMENTE E
PORCENTAGEM DE ÓLEO EM SOJA COM O USO DE MACHOESTERILIDADE
GENÉTICA

Autor: MANOEL ALBINO COELHO DE MIRANDA

Orientador: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

RESUMO

Até a pouco tempo atrás, não havia muita preocupação, por parte dos melhoristas de soja, em relação ao tamanho e aos teores de óleo e proteína das sementes. Entretanto, esta situação está mudando, e estes atributos fazem parte deste novo contexto, onde a matéria prima de melhor qualidade, destinada ao consumo como alimento, é valorizada.

Estas características são de herança quantitativa sendo o seu principal componente o aditivo, o que justifica o emprego da seleção recorrente. No entanto, a exeqüibilidade da seleção recorrente pode ser facilitada pelo uso da machoesterilidade, onde a polinização natural, totalmente entomófila, permite a produção de sementes de natureza híbrida nas quantidades necessárias para a execução de programas de melhoramento, com conseqüente redução do trabalho manual exigido para as polinizações.

Os objetivos principais deste trabalho foram:

a) realizar seleção recorrente divergente para peso de semente e teor de óleo; b) avaliar as populações selecionadas quanto as características estudadas; ~~e~~ e c) estimar parâmetros genéticos.

A seleção recorrente divergente para peso de semente foi realizada em três etapas: 1) seleção massal em plantas machoestéreis; 2) seleção entre progênies de meios irmãos baseada na média de progênie; 3) seleção das melhores plantas dentro das progênies selecionadas. No primeiro ciclo determinou-se o coeficiente de repetibilidade, tomando-se o peso de cada semente como uma medida fenotípica do caráter. Foram calculados dois tipos de coeficiente de herdabilidade para peso de semente. Inicialmente, a herdabilidade foi estimada pela regressão entre a medida tomada na planta machoestéril e a média da respectiva progênie. Posteriormente, utilizou-se os componentes das esperanças matemáticas das análises de variância, para se estimar a herdabilidade aos níveis de planta individual e de média de progênies de meios irmãos. Para se avaliar os ganhos com a seleção, quatro populações representadas pelas sementes remanescentes de cada lote de recombinação (dois ciclos para maior e menor peso de semente), foram testadas em quatro ambientes, em delineamento em blocos ao acaso com seis repetições.

Os ganhos de seleção (de 6 a 7% por ciclo) puderam ser representados por regressões lineares, com coeficientes de determinação acima de 90%, que mostraram a eficiência da seleção massal, baseada no peso de semente, em

planta machoestéril, mesmo que este peso esteja superestimado, e das seleções realizadas entre e dentro de progênies de meios irmãos.

Em seguida, a população do segundo ciclo de seleção para maior peso de semente, portanto, segregante para machoesterilidade, foi submetida à seleção divergente para o teor de óleo. A determinação da porcentagem de óleo nas sementes foi realizada no espectroscópio de ressonância nuclear magnética (NMR). A mesma metodologia, já descrita, foi utilizada para a execução da seleção, assim como para a determinação dos coeficientes de herdabilidade.

Os resultados permitiram concluir que o esquema de seleção recorrente divergente, com a utilização da machoesterilidade genética, é eficiente tanto para aumentar o peso de semente, quanto para elevar o teor de óleo nas sementes de soja do Composto IAC-1.

DIVERGENT RECURRENT SELECTION FOR SEED WEIGHT AND OIL CONTENT
IN SOYBEANS WITH THE USE OF GENETIC MALE STERILITY

Author: MANOEL ALBINO COELHO DE MIRANDA

Adviser: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

SUMMARY

Untill few years ago, soybean breeders did not worry about the size and composition of the seed. But this situation is changing, and so, the seed weight and the oil and protein content will be the aim in the new context where the seed quality as food will be worthy.

These characteristics are under quantitative genetic control, mainly with additive genetic effects; this fact justify the use of recurrent selection. The genetic male sterility allows the cross-pollination, made by bees, and remove the main factor of restriction to the adoption of recurrent selection in the soybean breeding, represented by the need of great number of manual pollinations.

The present paper had as main objetives: a) realizing divergent recurrent selection; b) avaluating the selected populations; and c) calculating the genetic

parameters.

Two cycles of divergent recurrent selection were made to change the seed weight. With the IAC-1 composite was performed two selection procedures: mass selection on male-sterile plants, in the field; among and within fertile half-sibs progenies in the greenhouse. In order to know the minimum number of seeds to characterize the male-sterile plant, it was calculated the repeatability coefficient by taking the weight of each seed as a phenotypic measure of trait, in first cycle of selection. Two types of heritability coefficients were calculated for seed weight. Initially, the heritability was estimated by means of the linear regression on the mean performance of the progeny related that of the parent (male-sterile plant). After, by using the estimates of mean square components of the variance analysis, it was estimated two levels of heritability: individual plant and among half-sib progenies. The remnant seeds from each cycle were bulked, and the four selected populations were tested in three locations in the randomized complete-block design, with six replications.

There was a significant increase and decrease in seed weight (observed genetic gain about 6-7% by cycle), that could be visualized in a linear regression analysis ($r > 90\%$).

After the second cycle to increase the seed weight, this population (2^o cycle +) was reselected by a divergent recurrent selection to oil content. It was used mass

selection on the male-sterile plants in the field and among and within half-sib progenies in greenhouse and the heritability coefficients were calculated at the same manner as in the seed weight selection. The oil content in the seeds were analysed with nuclear magnetic resonance (NMR).

The results showed that the divergent recurrent selection was efficient to modify the weight and oil content of soybean populations.

1 . INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a mais importante oleaginosa do mundo. Da produção mundial das oito principais oleaginosas (soja, algodão, amendoim, girassol, colza, linho, copra e palma), estimada em 227,5 milhões de toneladas para 1992/93, a soja deve participar com 51%, ou seja com 115,2 milhões de toneladas. Três países, Estados Unidos, Brasil e Argentina, contribuem com 80% da produção e 90% da comercialização mundial de soja. A China tem se colocado em quarto lugar na produção mundial, porém sua presença não é expressiva no mercado internacional, consumindo a quase totalidade de sua produção (Tabela 1),(USDA, 1992).

No Brasil, até meados dos anos 60, a soja não tinha lugar entre as principais culturas, como cana-de-açúcar, mandioca, algodão, milho, arroz, café, laranja e feijão. No entanto, a partir do final dos anos 60, a produção de soja teve um crescimento extraordinário, alterando sua importância relativa no cenário nacional e a participação brasileira no mercado internacional.

Entre as inúmeras causas deste rápido

crescimento destacam-se: as altas cotações dos produtos do complexo soja no início da década de 70 decorrente da falta de farinha de peixe, até então, principal concentrado protéico na composição de rações; condições favoráveis do mercado externo para a comercialização da produção brasileira, que acontece justamente na entressafra norte-americana; existência de tecnologia, gerada pela pesquisa mesmo antes da existência de interesse econômico, principalmente quanto ao desenvolvimento de cultivares adaptados, além de informações sobre a correção da acidez do solo, e, finalmente, a possibilidade de cultivo da soja no verão, e do trigo no inverno, com duas colheitas anuais na mesma área e utilização do mesmo capital fixo, o que contribui para baixar os custos de produção.

A produção no Brasil concentrou-se na região Centro-Sul até o início dos anos 80. A partir daí, a participação da região Centro-Oeste aumentou significativamente com a abertura dos cerrados para a cultura. De uma área igual a 1,29 milhão de hectares e uma produção de 2,2 milhões de toneladas em 1980, passou-se a cultivar 5,136 milhões de hectares com uma produção de 10,57 milhões de toneladas em 1989. Nesse ano, a produção dessa região representou 44,52% da produção nacional.

Atualmente os incrementos de novas áreas são muito menores, havendo mesmo uma tendência de estabilização da área plantada, a despeito do enorme potencial ainda a ser explorado nos cerrados. O Rio Grande do Sul é, ainda, o maior produtor, tanto em área quanto em produção, seguido pelo Mato

Grosso, este último já não pertencente à área tradicional de cultivo, mas que apresenta a maior produtividade devido às excelentes aptidões climáticas dos "chapadões" para o cultivo da soja após a correção da acidez do solo (Tabela 2).

Hoje a soja ocupa, em São Paulo, área de 463 mil hectares, com uma produção de 907,5 mil toneladas, distribuídos principalmente pelas DIRAS (Divisão Regional Agrícola) de Ribeirão Preto, Marília, Campinas, Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Sorocaba, Araçatuba e Bauru (Tabela 3).

Quando da introdução da cultura em São Paulo, grande parte dos solos apresentava-se coberta de vegetação natural do tipo cerrado, a não ser na Alta Sorocabana onde ocorriam florestas. Os solos de cerrado exigiam para sua exploração econômica, a correção de sua acidez natural, adubação para fornecimento de nutrientes, bem como a existência de cultivares adaptados. Este último requisito implicou naturalmente no desenvolvimento de novos cultivares, pois até então inexistiam programas de melhoramento em condições de latitude relativamente baixa.

Pela regressão linear, visualizada na Figura 1, calculada com dados do Instituto de Economia Agrícola, a produtividade vem crescendo com um aumento médio de $30,27 \pm 2,08$ Kg/ha/ano. Entretanto, nos últimos anos, houve declínio devido, principalmente, à redução da utilização de insumos modernos, dado as dificuldades creditícias. Outro fator que contribuiu para essa diminuição de produtividade da soja foi a

expansão da cana-de-açúcar, em áreas anteriormente destinadas à soja e deslocando a cultura para áreas novas com solos ainda ácidos.

Contudo, nas áreas já exploradas pela cana-de-açúcar, o cultivo da soja permanece como uma interessante rotação, nas faixas de reforma do canavial, pois além de produzir grãos, o cultivo desta leguminosa ocupa a mão-de-obra ociosa na entressafra, protege o solo contra a erosão e melhora suas condições físico-químicas com a incorporação dos restos de cultura.

A soja ainda não participa do suprimento de alimentos protéicos para a população brasileira, apesar de sua proteína possuir boa qualidade nutricional, apresentando quase todos os aminoácidos essenciais, a não ser os sulfurados.

A industrialização da soja nacional em 1992/93 foi estimada em 15,8 milhões de toneladas. O consumo interno de farelo de soja está previsto em 3,4 milhões de toneladas, 3% superior ao verificado no ano de 1991/92, resultado da expansão prevista nas atividades criatórias de aves; as 8,5 milhões de toneladas restantes se destinam à exportação e à formação de estoque. Já o consumo interno de óleo de soja deverá apresentar crescimento um pouco menor, (2%), situando-se em 2,2 milhões de toneladas, apenas suficiente para acompanhar o crescimento vegetativo da população, restando pouco a ser exportado. Os estoques, ao final da temporada comercial 1992/93 foram estimados em 241,1 mil toneladas de grão, 287 mil toneladas de farelo e 43,8 mil toneladas de

óleo, os mais baixos dos últimos dez anos (Instituto de Economia Agrícola, 1992).

O uso da soja pela indústria de alimentos é ainda pequeno, com dois principais produtos: proteína texturizada e extrato. O primeiro com uma participação crescente na composição de hambúrgueres, quibes, salsichas e salames; o segundo, para reidratação, na formulação de bebidas de aspecto semelhante ao leite. Como o leite é um produto estacional com redução drástica de produção no inverno, hoje já é utilizado o extrato em mistura com leite de vaca visando reduzir os problemas decorrentes da entressafra e a preços inferiores ao produto natural (leite de vaca puro). Só a OVEBRA, maior indústria de alimentos derivados de soja, vende cerca de 1.100 toneladas de proteína texturizada e 1.000 toneladas de extrato.

O melhoramento genético foi um dos instrumentos que permitiram a implantação da cultura da soja nas condições brasileiras. O melhoramento genético da soja em São Paulo vem sendo realizado pelo Instituto Agrônômico desde 1936. Até o ano 1952 o método de melhoramento utilizado foi o da introdução e coleta de cultivares. Desta primeira fase pode-se destacar os cultivares Abura, Mojiana e Improved Pelican (Pelicano). Em 1952, com a orientação do melhorista Dr. Leonard F. Williams, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, juntamente com o Dr. Shiro Miyasaka, foi elaborado um novo programa de melhoramento. Desta segunda fase, na qual a hibridação e a seleção da população segregante

já faziam parte, o método genealógico foi o mais usado no desenvolvimento de linhagens, podendo-se destacar os cultivares IAC-1, IAC-2, Santa Rosa (L-326) e Industrial (L-356). Este programa foi de grande importância para a expansão da cultura da soja não só em São Paulo, como também em todo o Brasil. Em 1967, após treinamento nos Estados Unidos, o Dr. Romeu A. de Souza Kiihl reestruturou o programa de melhoramento de soja, que passou a ter como principal objetivo a adaptação a baixas latitudes, e que, com algumas alterações está sendo até hoje executado no IAC. As populações segregantes foram conduzidas pelos métodos genealógico e das populações ("bulk"); mais recentemente o método mais empregado foi o genealógico modificado ou SSD (Single Seed Descent). Este programa possibilitou o lançamento dos cultivares: IAC-3, IAC-4, IAC-5, IAC-6, IAC-7, IAC-8, IAC-9, IAC-10, IAC-11, IAC-12, IAC-13, IAC-14, IAC-15, IAC-16, IAC-17, IAC-Foscarin-31 e IAC-Santa Maria-702 (MIRANDA et al. 1986).

Assim, sempre se buscou adequar o programa às necessidades emergentes, utilizando-se métodos, os mais modernos possíveis. Portanto, com a seleção recorrente busca-se aumentar a eficiência do programa ora executado reduzindo as limitações existentes nos métodos mais tradicionais.

São os seguintes os objetivos principais deste trabalho: a) realizar seleção recorrente divergente para tamanho de semente e teor de óleo; b) avaliar as populações selecionadas quanto às características estudadas; e c) estimar parâmetros genéticos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Tamanho de semente.

Uma das características usadas para descrever os cultivares de soja é o tamanho da semente expresso pelo peso de cem sementes em gramas, (PCS), CARTTER & HARTWIG, (1963). Apesar de haver este erro conceitual, pois o peso se refere à massa e não ao volume, o seu uso corriqueiro levou a uma universalidade para descrever esta característica. Uma provável explicação é que os dois principais constituintes das sementes de soja, o óleo e a proteína, correspondem a aproximadamente 60% (40% de proteína e 20% de óleo) do peso seco dos grãos, portanto, condicionando uma pequena variação na densidade dos grãos, podendo-se então, admitir uma relação direta entre peso e tamanho.

Os cultivares americanos apresentam valores de peso de 12 a 18g por cem sementes (HARTWIG, 1973). O peso de semente em soja não é normalmente utilizado como critério de seleção a não ser para suprir necessidades específicas, tanto para sementes pequenas quanto para sementes grandes. Genótipos

com sementes pequenas são preferidos para natô (COWAN, 1973), preparado oriental, no qual há a fermentação do grão íntegro, pois o menor tamanho possibilita que maior superfície da semente entre em contacto com o mosto onde se encontram as bactérias. Também este tipo de semente, apresenta melhor produtividade para a elaboração de moiashi, conhecido no Brasil como "broto de feijão", consumido em sopas e saladas, por permitir rápida hidratação e apresentar grande número de sementes por unidade de peso. O cultivar IAC-12 (12g/100 sementes) já é empregado, em pequena escala, com esta finalidade.

VELLO (1992) classifica a soja quanto ao tamanho de semente em tipo grão (PCS entre 10 a 19g) e tipo alimento (PCS menor que 10g, soja para a fabricação de natô e broto; PCS maior ou igual a 20g, soja tipo hortaliça).

Uma série de características dos grãos, assim como do seu comportamento, estão associadas à qualidade fisiológica da semente. Estas características podem ser importantes para os melhoristas que estejam buscando melhorar a qualidade da semente. O germoplasma de soja exibe ampla variação para o peso de semente, (HARTWIG, 1973). PASCHAL & ELLIS (1978), em avaliações de linhagens para as condições tropicais, relatam que o menor tamanho de semente está relacionado a melhor qualidade fisiológica. TEKRONY et al. (1984) relataram que o genótipo de semente pequena (OX-303) apresentou, consistentemente, melhor qualidade de semente em comparação com Beeson (semente graúda).

POTTS et al. (1978) demonstraram que as sementes de linhagens com alto nível de dureza foram mais resistentes à deterioração ocorrida no campo. O material de semente pequena já relatado (TEKRONY et al. 1984) que exibiu alta qualidade de semente, também mostrou uma porcentagem alta de sementes duras; isto pode ter contribuído para melhorar o seu desempenho. KILEN & HARTWIG (1978) sugerem que a resposta à permeabilidade do tegumento da semente de soja pode ser controlada por poucos genes maiores.

Nas condições brasileiras, genótipos de sementes pequenas como IAC-6, IAC-7 e IAC-12, (dados não publicados do autor), têm mostrado atributos desejáveis, pois apresentam melhor emergência em condições desfavoráveis (baixo teor de umidade no solo), confirmando a observação de EDWARDS Jr. & HARTWIG (1971), além de propiciarem a semeadura de maior área por saco de semente.

Outra vantagem de cultivares com menor tamanho de semente é a tolerância ao ataque de percevejos: estes genótipos apresentam grande número de sementes por planta, e como os percevejos atacam somente os grãos, inoculando patógenos quando de sua alimentação, este fato implica que pequena parcela da produção é atingida a cada picadura do inseto. Como a recíproca é verdadeira, ou seja cultivares de maior tamanho de semente apresentam um pequeno número de sementes por planta, quando do ataque de percevejos, uma picadura redundará em prejuízo de parte significativa da produção (MIRANDA et al., 1979 e LOURENÇÃO et al., 1987).

As sementes graúdas são preferidas para a confecção de outros alimentos típicos orientais, como miso, no qual a semente deve exceder 22g por 100 sementes (WEBER, 1967), como tofu, queijo de soja, e como legume à semelhança da utilização dada à ervilha.

Outra vantagem de cultivares de sementes graúdas é o seu menor tempo de cozimento em comparação aos cultivares de sementes miúdas, pois sabe-se que sementes com menor densidade necessitam de menor consumo de combustível quando de sua preparação como alimento.

2.2. Teor de óleo

Cultivares de soja utilizados nos Estados Unidos contêm, em média, 40,5% de proteína e 21% de óleo (HARTWIG, 1973). Dados de três anos de semeadura de cultivares recomendados para o Estado de São Paulo, produzidos em Campinas, apresentaram, em média, 36,5% de proteína e 22,19% de óleo (TEIXEIRA et al., 1984). As discrepâncias verificadas não devem ser atribuídas às diferenças genéticas entre os cultivares americanos e os nacionais, pois HIROMOTO & VELLO (1986) mostraram que a base genética é praticamente a mesma. Recentemente, MASCARENHAS et al. (1981), mostraram que o maior teor de óleo é decorrente da interferência da acidez no processo simbiótico de fixação de nitrogênio, pois com o aumento das dosagens de calcário havia um aumento no teor de proteína e um decréscimo nos teores de ácidos graxos.

2.3. Coeficiente de Repetibilidade

As plantas machoestéreis em uma população de polinização livre não possibilitam a utilização de esquema de melhoramento no qual se pressupõe a utilização de repetição de um mesmo genótipo, visto ser cada indivíduo geneticamente diferente dos demais.

Aplica-se o coeficiente de repetibilidade no estudo dos caracteres de animais e plantas perenes, que se expressam mais de uma vez no decorrer da vida do organismo. Baseiam-se na tomada de mais de uma observação fenotípica de cada indivíduo, sem utilizar progênies, a fim de se medir a capacidade que os organismos têm de repetir a expressão do caráter (VENCovsky, 1977).

O coeficiente de repetibilidade, ainda dá uma informação importante em relação à herdabilidade (h^2) segundo FALCONER (1975), por ser o seu limite superior. No caso em questão, a variância estimada entre plantas machoestéreis não é de natureza unicamente genética, pois contém, além desta última, uma variação ambiental, devida às diferenças de ambiente entre as plantas. Outra maneira de encarar este ponto, é que a variância ambiental utilizada para o cálculo da variância fenotípica, na realidade, tende a ser menor do que a variação ambiental existente no material, pois só reflete a variação ambiental que ocorre de uma semente para outra de uma mesma planta machoestéril e não a variação ambiental de uma planta para outra. Por esta razão, então, que o coeficiente de

repetibilidade é sempre igual ou maior que o coeficiente de herdabilidade, entretanto, o primeiro é bem mais simples de ser estimado, porque não exige cruzamentos controlados e nem estudo de progênies.

A repetibilidade permite, também, determinar o número de observações fenotípicas que devem ser feitas em cada indivíduo para que a seleção fenotípica seja feita com eficiência e um mínimo de trabalho.

2.4. Herdabilidade

O conceito de herdabilidade refere-se à importância relativa de fatores genéticos e não-genéticos na expressão do fenótipo de indivíduos de uma população.

HANSON (1963) estabelece que a estimativa da herdabilidade tem duas finalidades no melhoramento genético: a primeira, mostra com que facilidade diferentes características são selecionadas sob um determinado regime de seleção; e a segunda, visa a obtenção de estimativas com a finalidade de prever ganhos de seleção.

A herdabilidade pode ser definida como a relação entre a variância genética sobre a variância fenotípica. A variância fenotípica é o somatório da variância ambiental e da variância genética. A variância genética, por sua vez é o somatório da variância aditiva, da variância de dominância e da variância de epistase. A herdabilidade pode ser expressa no sentido amplo e restrito. No sentido amplo é a

relação entre a variância genética total, incluindo a aditiva, a de dominância e a epistática sobre a fenotípica. No sentido restrito é a relação entre a variância aditiva sobre a fenotípica. A herdabilidade no sentido restrito é a mais utilizada, pois mede a importância relativa da porção aditiva da variância genética, portanto, aquela que pode ser transmitida para a descendência. Isto é particularmente importante, quando a herdabilidade é utilizada para prever ganhos de seleção (VENCOVSKY, 1977 ; FEHR, 1987).

A herdabilidade de um caráter não é um valor constante por ser influenciada pelo ambiente e pela composição genética do material. Decisões tomadas pelos melhoristas podem influenciar a magnitude da herdabilidade e a quantidade de ganho genético obtido pela seleção. A compreensão de fatores que contribuem para a herdabilidade permite ao melhorista desenvolver programas que maximizem o ganho genético com os recursos disponíveis. Visto ser a herdabilidade influenciada por diversos fatores, as suas estimativas devem ser consideradas com critério e para as condições em que as mesmas foram obtidas (BURTON, 1987).

O cálculo da herdabilidade no sentido restrito requer a estimativa da variância aditiva na população. A regressão linear do desempenho da descendência em relação à ascendência foi proposta por LUSH (1940) como um método para estimar a herdabilidade:

$$Y_i = a + bX_i + e_i$$

onde, Y_i é o valor do descendente; a é a média da população parental; b é o coeficiente de regressão linear; X_i é o valor do ascendente e e_i é o erro associado à estimativa do valor dos ascendentes.

A equação do coeficiente de herdabilidade é:

$$b = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2}$$

onde, σ_{xy} é a covariância entre pais e filhos e σ_x^2 é a variância fenotípica entre os pais. A relação genética definida pela covariância entre progênies de meios irmãos e plantas machoestéreis incluem a variância aditiva e formas de epistase aditiva, mas nenhuma dominância (FEHR, 1987). Portanto esta herdabilidade pode ser considerada como sendo restrita.

Outra possibilidade de se estimar o coeficiente de herdabilidade é através da análise da variância, em dados tomados em plantas individuais (VENCOVSKY, 1977) a partir do modelo aleatório, pois as plantas machoestéreis representam uma amostra ao acaso da população:

$$Y_i = m + g_i + e_i, \text{ em que:}$$

Y_i representa a expressão fenotípica de um caráter quantitativo para um indivíduo i ($i = 1, 2, \dots, n$); m é a média dos fenótipos de todos os indivíduos; g_i e e_i são

desvios em relação à média geral, (g_i é o efeito atribuído ao i -ésimo genótipo e e_i é o efeito do ambiente específico onde se encontra o indivíduo). Admitindo-se o seguinte esquema de análise de variância:

F.V.	QM	E (QM)
Progênies	Q_p	$\sigma^2_d + n\sigma^2_g$
Erro dentro	Q_e	σ^2_d

pode-se estimar os componentes da variância pela esperança dos quadrados médios com se segue:

variância genética entre as progênies,

$$\hat{\sigma}^2_g = \frac{Q_p - Q_e}{n}$$

sendo n (número médio de plantas por parcela);

e a variância fenotípica ao nível de planta,

$$\hat{\sigma}^2_F = \hat{\sigma}^2_d + \hat{\sigma}^2_g.$$

2.5. Seleção recorrente

A seleção recorrente pode ser definida, de maneira geral, como a seleção sistemática de indivíduos desejáveis de uma população seguida de recombinação dos indivíduos selecionados para constituírem uma nova população (FEHR 1987).

O processo seletivo na soja é realizado principalmente em populações sintetizadas mediante cruzamentos entre duas linhagens puras homozigóticas. A fixação de características desejáveis é obtida por autofecundações e/ou retrocruzamentos. Linhas selecionadas (cultivares) dessa maneira são intercruzadas para um segundo estágio de melhoramento. Os cultivares desenvolvidos atualmente no Brasil podem ser considerados como pertencentes ao terceiro ciclo de seleção (HIROMOTO & VELLO, 1986). O processo descrito é lento e impõe restrição à quantidade de recombinação intracromossômica, por permitir que as ligações gênicas pré-existentes sejam mantidas pela aproximação da homozigose (HANSON, 1959a, 1959b, 1959c, 1959d).

HANSON et al. (1967) sugeriram que o emprego da seleção recorrente poderia minimizar as limitações que caracterizam os programas de melhoramento de soja. Mas, a dificuldade principal para a utilização da seleção recorrente é a necessidade de realizar grande número de hibridações manuais.

2.6. Machoesterilidade

A soja é uma planta tipicamente de autofecundação, que apresenta flor perfeita com os órgãos masculino e feminino circunscritos dentro da corola. Insetos podem transmitir o pólen de uma flor para outra, mas a

frequência de polinização cruzada geralmente é menos que 1% entre plantas férteis, FEHR, (1987).

A machoesterilidade genética, na presença de insetos polinizadores (heminópteros), principalmente abelhas produtoras de mel, (*Apis mellifera* L.) (Mcgregor, 1976), é um dos meios para aumentar a taxa de cruzamento natural, que passa a ser praticamente de 100% e, conseqüentemente, viabiliza a utilização da seleção recorrente. A machoesterilidade genética em soja é uma característica de herança monogênica recessiva (ms ms); portanto, os compostos com machoesterilidade apresentam: 1/4 de plantas férteis homozigóticas : 2/4 de plantas férteis heterozigóticas : 1/4 de plantas machoestéreis. Como são selecionadas apenas as plantas machoestéreis, as suas progênies, produto da polinização das plantas férteis, apresentam: 2/3 de plantas normais : 1/3 de plantas estéreis. Todas as plantas normais são heterozigóticas para o fator em questão; quando da composição do lote de recombinação, ter-se-á a mesma proporção inicial de plantas machoestéreis (BRIM, 1973).

Em soja são conhecidos vários mutantes machoestéreis mas com fertilidade do lado feminino. BRIM & YOUNG (1971) descreveram o gene ms_1 . Quatro ocorrências deste gene ou similar foram posteriormente relatadas (BOERMA & COOPER, 1978; PALMER et al., 1978b). Estes dados não permitiram discriminar entre uma possível mutação idêntica ao do gene ms_1 ou uma série de alelos múltiplos neste locus. A machoesterilidade é devida à falta de citocinese após a

telófase II (PATIL & SINGH, 1976; RUBAIHAYO & GUMISIRIZA, 1978), que resulta na formação de um grão-de-pólen com quatro núcleos, denominado micrósporo cenocítico (ALBERTSEN & PALMER, 1979).

Pela ausência de citocinese esperava-se que na planta machoestéril o número de grãos-de-pólen cenocítico fosse um quarto do número de grãos-de-pólen de uma planta normal. Entretanto, PALMER et al. (1978a) encontraram desvios significativos em relação à proporção esperada, dependendo da constituição genética e das condições do ambiente.

Embora o locus ms_1 não iniba a função feminina da mesma maneira extrema como na parte masculina, várias anormalidades têm sido relatadas. KENWORTHY et al. (1973), BEVERSDORF & BINGHAM (1977) e CHEN et al. (1985) relataram poliembrionia em sementes produzidas em plantas ms_1ms_1 . Também nas plantas monoembriônicas são relatados haplóides e poliplóides.

Dos 20 possíveis grupos de ligação somente 13 haviam sido identificados até 1987 (PALMER & KILEN, 1987). O grupo 8 de ligação no qual se encontra o fator de machoesterilidade ms_1 com quatro loci apresenta a seguinte provável seqüência gênica: $st5$ (esterilidade), $w1$ (flor branca) wm (flor magenta) e ms_1 (machoesterilidade) (BUZZELL et al. 1977; SADANAGA, 1983; PALMER & KAUL, 1983 e PALMER, 1985).

Um segundo mutante para machoesterilidade, denominado 'Eldorado', foi identificado por BERNARD & CREMEENS

(1975); este mutante ms_2 parece ser completamente machoestéril mas com boa fertilidade feminina evidenciada pelo sucesso de cruzamentos, quase igual ao pegamento em suas linhagens irmãs-férteis. Citologicamente, o primeiro sinal de anormalidade no desenvolvimento do micrósporo é o aparecimento de grandes vacúolos citoplasmáticos nas células do tapeto, evidentes durante a prófase I. As células reprodutivas abortam no estágio de tétrades na microsporogênese. Na morfologia externa as anteras inicialmente parecem normais. Por ocasião da antese, as anteras enrugam-se e não se abrem (GRAYBOSCH et al. 1984). O gene ms_2 pode ter um efeito discreto sobre a reprodução feminina. BUSS & AUTIO (1980) e SADANAGA & GRINDELAND (1981) notaram baixa frequência de poliplóides e aneuplóides entre progênes de plantas ms_2 .

Foi descrito um terceiro mutante ms_3 , também, com boa fertilidade feminina. O aborto do micrósporo ocorre logo após o início da formação de sua parede celular na antera (PALMER et al., 1980). Estruturalmente, as diferenças são detectadas no tapeto do ovário das plantas estéreis, quando comparadas com as férteis antes da prófase I (BUNTMAN & HORNER, 1983). As células do tapeto das plantas estéreis acumulam material fluorescente de composição química desconhecida. Esta propriedade serve como marcador inicial da machoesterilidade nas plantas ms_3ms_3 (NAKASHIMA et al., 1984).

No mutante ms_4 a fertilidade feminina é boa e citologicamente o desenvolvimento da antera é normal até a telófase II. A citocinese posterior à meiose é que se mostra

em alguns casos ausente, incompleta e desorientada, resultando células com diferentes números de núcleos (DELANNAY & PALMER, 1982). Algum pólen pode ser produzido; por isso este mutante pode ser classificado como parcialmente machoestéril (GRAYBOSCH & PALMER, 1984).

Dados genéticos indicam que o gene ms_5 é de herança monogênica simples recessiva. As anteras são enrugadas e os grãos-de-pólen são pequenos e não se desenvolvem (BUSS, 1983). Nenhum estudo citológico foi relatado.

Vários outros mutantes machoestéreis foram identificados como apresentando herança monogênica recessiva, mas os testes de alelismo ainda não foram realizados, não permitindo a identificação do gene responsável, (PATIL & SINGH, 1976).

A aplicação de mutantes com machoesterilidade genética em esquemas de seleção recorrente no melhoramento da soja foi descrita por BRIM & STUBER (1973) e vários esquemas foram detalhados por FEHR (1987). Estudos sobre o pegamento de vagens em plantas machoestéreis indicaram uma pequena variação na produção de sementes híbridas em comparação com as plantas férteis, somente 8% abaixo de suas irmãs, indicando pequena influência de provável esterilidade feminina (BOERMA & MORADSHAHI, 1975; NELSON & BERNARD, 1979; KOELLING et al., 1981; CARTER et al., 1983 e PALMER et al., 1983). Em condições de campo o principal fator determinante para o pegamento de vagens em plantas machoestéreis é a presença de insetos polinizadores.

A produção de sementes F_1 para a verificação do efeito da heterose em soja é difícil, pois, a polinização manual é tediosa e demorada. O uso de alelos de quatro loci (machoesterilidade ms_1 , os dois loci que conferem cor ao embrião d_1 e d_2 ; e o que determina a cor do tegumento da semente g), permite a obtenção de sementes F_1 , pela facilidade de detecção dos cruzamentos oriundos de polinização entomófila nas plantas machoestéreis, em quantidade suficiente para testes experimentais com repetições em diversos ambientes. O método é o seguinte: linha feminina com tegumento de semente amarelo, embrião verde e com machoesterilidade é intercalada com a linha masculina com embrião amarelo e machofértil sendo a identificação de sementes híbridas nas plantas machoestéreis visualizada pelo efeito de xênia, (SADANAGA & GRINDELAND, 1981 e BURTON & CARTER, 1983).

Por ocasião da maturação as plantas machoestéreis são facilmente reconhecíveis, pois, não apresentam senescência normal mostrando retenção foliar e haste verde e produção de poucas vagens, geralmente, com uma única semente. Nas axilas foliares visualiza-se cálices de flores não fecundadas e mesmo formação de pequenos frutos partenocárpicos (Figura 2). MASCARENHAS et al. (1988) explicam a senescência anormal por qualquer fator que implique em mal pegamento de vagens condicionando acúmulo de substâncias metabolizadas em órgãos não reprodutivos.

2.7. Seleção recorrente com a utilização da machoesterilidade genética (SRMEG)

2.7.1. SRMEG para peso de semente

A semente é a maior fonte metabólica de reservas representando os efeitos combinados de muitos efeitos genéticos e ambientais. O tamanho da semente é conhecido como uma característica do cultivar de herança quantitativa. A herdabilidade estimada para o tamanho de semente é geralmente alta, variando de 0,37 a 0,94, sendo que a grande maioria dos últimos resultados estão acima de 0,85 (JOHNSON & BERNARD, 1963; ANAND & TORRIE, 1963; KWON & TORRIE, 1964; FEHR & WEBER, 1968; SMITH & WEBER, 1968; BYTH et al., 1969a,b). Portanto a variação genética é mais importante que a variação ambiental. A alta precisão experimental com que o tamanho pode ser estimado, também contribui para a alta herdabilidade. Como o principal componente da variância genética é a variância aditiva, esta característica se presta perfeitamente para ser submetida à seleção recorrente. A produção de sementes de um determinado cultivar é o produto do número de sementes produzidas por unidade de área, pelo tamanho das mesmas. Então, a seleção baseada no tamanho de semente, também poderia ser um método eficiente para se aumentar a produtividade.

Na Carolina do Norte foram testadas, em quatro localidades, compostos constituídos dos parentais de duas populações submetidas a quatro ciclos de seleção para tamanho de semente e uma terceira, submetida a apenas três ciclos, apresentando machoesterilidade genética (TINIUS et al., 1991).

A seleção foi eficiente tanto para plantas machoestéreis quanto para plantas machoférteis, sendo que o incremento nas primeiras foi duas vezes superior ao obtido nas últimas. As plantas machoférteis, tiveram seu ganho de seleção relacionado ao aumento da frequência de classes com maior tamanho de semente e à diminuição nas frequências das classes de menor tamanho. Houve seleção indireta para produtividade e a produção de sementes aumentou linearmente para duas das subpopulações: 46 ± 18 e 78 ± 27 Kg/ha/ciclo, respectivamente. Na terceira população não houve acréscimo (17 ± 19 Kg/ha/ciclo).

2.7.2. SRMEG para teor de óleo, determinado com espectroscópio de ressonância nuclear magnética (NMR)

O teor de óleo nas sementes é controlado pelo parental feminino do embrião (BRIM et al. 1968; SINGH & HADLEY, 1968; MIRANDA et al., 1984). Isso mostra a inutilidade de seleção para o teor de óleo dentro da planta machoestéril, ao nível de semente, mesmo que cada semente apresente, provavelmente, constituição genética diferente. Por outro lado, este fato viabiliza a seleção entre plantas machoestéreis.

Diversos autores mostraram que o componente aditivo é majoritário na variância genética para o teor de óleo: BRIM & COCKERHAM (1961); HANSON et al. (1967) e HANSON & WEBER (1962), o que justifica o emprego da seleção recorrente para a melhoria de tal característica.

Também, a literatura revela que a herdabilidade para este fator é alta, com variação de 0,37 a 0,84, permitindo a obtenção de progresso com a seleção fenotípica (WEBER & MOORTHY, 1952; JOHNSON et al., 1955; HANSON & WEBER, 1962; SHORTER et al., 1976; ZIMBACK, 1992).

A adaptação do espectroscópio de ressonância nuclear magnética (NMR) para medir o teor de óleo mostrou ser uma técnica eficaz na seleção (CONWAY & EARLE, 1963; COLLINS et al., 1967; FEHR et al., 1968). O método é rápido, preciso e não destrutivo, possibilitando a utilização das sementes analisadas para o próximo ciclo de seleção.

A seleção recorrente para aumento do teor de óleo realizada por BURTON & BRIM (1981), que se constituía na seleção massal entre plantas machoestéreis seguida de seleção dentro de progênies de famílias de meios irmãos, mostrou um acréscimo no teor de óleo de $0,35 \pm 0,03\%$ por ciclo de seleção. Estes resultados também mostraram que tanto a seleção massal quanto a seleção dentro de progênies contribuíram para o progresso de seleção.

2.8. Correlações fenotípicas.

Para o melhorista é importante verificar de que maneira a seleção para um determinado caráter implica na expressão de outro. A correlação indica o grau de associação entre caracteres. A correlação fenotípica envolve tanto causas genéticas com as de ambiente.

As correlações do peso de cem sementes com a produtividade apresentam uma ampla variação, tanto em magnitude como em direção (ANAND & TORRIE, 1963; HARRISON *et al.*, 1981). Entretanto, em relação ao número de vagens por planta e número de sementes por vagem ANAND & TORRIE (1963) e JOHNSON *et al.* (1955b) obtiveram correlações negativas com o peso de cem sementes.

As correlações negativas entre óleo e proteína é um fato bem conhecido e relatado por diversos autores (JOHNSON *et al.*, 1955; KWON & TORRIE, 1964; GUPTA *et al.*, 1980; SIMPSON & WILCOX, 1983). Entretanto as associações entre teor de óleo e produtividade são positivas mas de pequena magnitude (SIMPSON & WILCOX, 1983), o mesmo acontecendo em relação ao peso de cem sementes (SHORTER *et al.*, 1976); por outro lado, SIMPSON & WILCOX (1983) também obtiveram correlações pequenas e negativas para estas características.

3 . MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho faz parte do Programa de Melhoramento de Soja, da Seção de Leguminosas, do Instituto Agrônomo de Campinas, que visa a obtenção de cultivares adaptados às condições edafo-climáticas do Estado de São Paulo com alto teor de óleo ou proteína e com tamanho de semente compatível com as exigências de mercado para a elaboração de alimentos.

3.1. Material Genético

A seleção recorrente foi realizada no Composto IAC-1. Esse composto foi formado a partir de hibridações manuais da fonte de machoesterilidade genética (IAC-Santa Rosa machoestéril) com cultivares e linhagens. Diante da dificuldade de se executar as hibridações nas plantas machoestéreis, pela dificuldade de identificação no momento do florescimento, utilizou-se como macho, as plantas originadas de plantas machoestéreis, portanto, heterozigotas para o fator de esterilidade masculina; dessa maneira, os cultivares e as linhagens foram usadas como fêmeas. Espera-se que metade dos

F1 tenha o alelo para machoesterilidade. Foram obtidas aproximadamente 10 sementes por cruzamento, as quais foram plantadas no inverno, em casa de vegetação. As sementes de cada planta F1, identificadas, dos oito cruzamentos, foram semeadas no campo em fileiras, constituindo a geração F2. Nas progênes segregantes foram colhidas as plantas machoestéreis e misturadas as sementes em igual número por cruzamento. A geração seguinte foi desenvolvida em casa de vegetação, e como era de se esperar, estas sementes originaram plantas férteis heterozigóticas para o alelo de esterilidade, que no próximo ciclo apresentou a segregação esperada de aproximadamente 3 plantas férteis : 1 planta estéril, nas condições de campo. A incorporação da machoesterilidade no material foi feita por meio de três ciclos de recombinação, nos quais foram colhidas as plantas machoestéreis no campo e as suas progênes em casa-de-vegetação na ausência de seleção. Procurou-se manter uma população efetiva de 4500 plantas no lote de recombinação, de tal forma que fosse possível a obtenção de no mínimo 200 plantas machoestéreis conforme sugere FEHR (1987).

O Composto IAC-1 é constituído por quatro cultivares e quatro linhagens experimentais. Os cultivares parentais (IAC-7, IAC-8, IAC-9 e IAC-11) apresentam período juvenil longo, têm ampla capacidade de adaptação e independência em relação à semeadura em diferentes latitudes e épocas de semeadura, mostram alta produtividade e elevado teor de óleo, (cerca de 22%, em relação ao peso seco da semente). As experimentais utilizadas como parentais foram: IAC74-2766,

IAC73-2736, D77-12244 e IAC78-2318; esta última apresenta resistência múltipla a insetos, tem sementes pequenas (PCS = 10,1g) e baixo teor de óleo (18,6%) (LOURENÇÃO & MIRANDA, 1987 e LOURENÇÃO et al., 1987). A fonte de machoesterilidade empregada neste composto foi encontrada no IAC dentro do cultivar Santa Rosa, provavelmente ms_1ms_1 por apresentar ligação com flor branca, pertencendo portanto, ao grupo de ligação 8, (PALMER, 1985). Outra evidência é a presença de sementes poliembriônicas nas plantas machoestéreis deste composto, o que aumenta a possibilidade da machoesterilidade ser condicionada por este gene.

As três recombinações ao acaso permitiram um provável equilíbrio genético.

3.2. Descrição do Ambiente

Todas as fases da seleção recorrente foram conduzidas no Centro Experimental de Campinas: a seleção massal foi praticada no campo; a seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos foi feita em casa-de-vegetação.

As populações selecionadas foram avaliadas em Mococa, Ribeirão Preto e Campinas (em duas épocas). Na Tabela 4 têm-se as coordenadas geográficas e características climáticas destas localidades.

3.3. Procedimentos Experimentais

3.3.1. Curvas de distribuição de frequências

Em todos os lotes de recombinação calculou-se a distribuição de frequências das populações e a sua respectiva curva normal pela resolução da função:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

onde os desvios dos dados em relação à média são tomados em unidades de desvio-padrão. Desse modo, transforma-se uma variável qualquer em outra de distribuição normal com média zero e desvio padrão igual à unidade (STEEL & TORRIE, 1960).

3.3.2. Seleção recorrente para peso de cem sementes (PCS)

Foram semeadas no Centro Experimental de Campinas, em novembro de 1989, 4500 sementes provenientes de plantas machoestéreis, no espaçamento de um metro entre fileiras, com dez plantas por metro linear: esperava-se 1125 plantas machoestéreis. Foi colocada uma colméia no meio do lote de recombinação para aumentar a taxa de cruzamento na planta machoestéril.

Por ocasião da colheita foram coletadas 172 plantas machoestéreis, reconhecidas pela senescência anormal, retenção foliar, contendo mais de 15 sementes cada uma. Após

pesagem em balança analítica, de cada uma das sementes das plantas machoestéreis, calculou-se o coeficiente de repetibilidade do Composto IAC-1, segundo VENCovsky (1977). Tomou-se cada semente como uma medida fenotípica do indivíduo (planta machoestéril), a partir da fórmula:

$$r = \frac{\sigma^2_p}{\sigma^2_p + \sigma^2_e}, \text{ em que:}$$

r = coeficiente de repetibilidade; σ^2_p = variância devida à diferença genética entre plantas e parte a efeitos ambientais
 σ^2_e = variância ambiental.

Essas estimativas foram obtidas a partir da análise da variância, tendo como fontes de variação o erro experimental entre plantas e dentro de plantas. Os componentes da variância foram estimados como se segue:

$$\sigma^2_e = Q_1 \text{ e } \sigma^2_p = (Q_2 - Q_1)/n,$$

sendo Q_1 , quadrado médio do erro entre plantas; Q_2 , quadrado médio do erro dentro de planta; e n número de sementes.

Tomando-se a média de 15 sementes realizou-se a seleção massal separando-se as 30 plantas machoestéreis com maior e menor peso de semente.

Nesta mesma ocasião, para se ter uma referência em relação ao peso de semente determinou-se da mesma maneira o peso de semente dos genótipos: Santa Rosa, IAC-8, IAC-11 e IAC78-2318, produzidos em Campinas em condições semelhantes ao do composto.

Calculou-se a herdabilidade ao nível de planta machoestéril, a partir da covariância entre a média das sementes da planta-mãe e a média de suas progênes (plantas-filhas), de acordo com FALCONER (1975): $h^2 = 2b$.

No presente caso, as sementes das plantas machoestéreis dão origem às progênes de meios irmãos, portanto metade dos alelos da descendência são provenientes de plantas machoestéreis e metade da população (plantas férteis do lote de recombinação). O valor b obtido da regressão entre a média das progênes (férteis) e a dos pais (machoestéreis) é, portanto, igual à metade do valor da herdabilidade.

As 15 sementes de cada planta machoestéril selecionada, foram então, semeadas em casa-de-vegetação, originando progênes de meios irmãos. Foram plantadas em delineamento inteiramente ao acaso, havendo variação no número de repetições, após a colheita, em cada progênie dada a segregação para esterilidade. Através da análise da variância determinou-se o coeficiente de herdabilidade a nível de planta e de média de progênie de meios irmãos.

De acordo com a análise da variância, onde todos os componentes se referem ao nível de planta, a variação fenotípica é estimada por:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_d + \sigma^2_p$$

A fim de se estimar o coeficiente de herdabilidade referente a uma seleção entre plantas, neste caso $\sigma^2_p = (1/4) \sigma^2_A$ e:

$$h^2 = \frac{4 \sigma^2_p}{\sigma^2_d + \sigma^2_p}$$

De maneira semelhante, a herdabilidade estimada ao nível de médias de progênie de meios irmãos, é:

$$h^2_m = \frac{\sigma^2_p}{\sigma^2_d/n + \sigma^2_p}$$

Tomando-se como referência a média de cada progênie, foram selecionadas as 15 melhores progênie para os atributos desejados. Dentro de cada progênie selecionada foram separadas as três melhores plantas para as características almejadas; foram coletadas 100 sementes de cada, perfazendo novamente 4500 sementes constituindo-se o primeiro ciclo de seleção.

Dentro destas novas populações que segregavam para machoesterilidade, na proporção de 3 férteis : 1 estéril, foram selecionadas 200 plantas machoestéreis.

No segundo ciclo para menor tamanho de semente, o ataque de insetos pentatomídeos não permitiu a seleção de 30 plantas com mais de 15 sementes, obrigando a realização de seleção das 50 plantas com menor peso e que apresentassem mais de nove sementes por planta.

As 15 sementes de cada planta das selecionadas para maior peso de semente e as nove das selecionadas para menor tamanho de semente, foram então, semeadas em casa-de-vegetação, em delineamento inteiramente ao acaso, originando progênies de meios irmãos; houve variação no número de repetições de cada progênie devido à segregação para esterilidade. Através da análise da variância determinou-se novamente os coeficientes de herdabilidade ao nível de planta e de média de progênie.

No segundo ciclo de seleção foram selecionadas as 15 melhores progênies para maior peso e as 25 progênies para menor peso de semente, para a formação de novo lote de recombinação, assim foram misturadas 100 sementes de cada planta selecionada no lote de maior tamanho de semente e 60 sementes de cada planta selecionada no lote de menor tamanho de semente. reconstituindo-se o mesmo número da população original.

3.3.3. Seleção para teor de óleo

No lote de recombinação do segundo ciclo de seleção para maior tamanho de semente foram coletadas, ao acaso, 247 plantas machoestéreis que, posteriormente, foram analisadas no NMR para determinação do teor de óleo. Aqui, também, foram utilizadas abelhas para aumentar o número de sementes nas plantas machoestéreis. As duas amostras de quatro sementes de cada uma das plantas selecionadas foram

desidratadas em estufa a 130°C por um período de 6 horas. Quinze sementes remanescentes das 30 plantas com maior e menor teor de óleo foram semeadas em casa-de-vegetação, durante o inverno. Foram realizadas as análises de variância e novamente determinados os coeficientes de herdabilidade.

3.3.4. Avaliação das populações selecionadas para peso de cem sementes

As sementes remanescentes de cada lote de recombinação constituíram os quatro tratamentos que foram avaliados em quatro ambientes (Mococa, Ribeirão Preto e dois experimentos em Campinas), com seis repetições no delineamento em blocos ao acaso. As parcelas foram constituídas de 4 fileiras de 5m espaçadas de 0,50m. Para os dados de produtividade foram colhidos somente os quatro metros centrais das duas fileiras intermediárias de cada parcela; portanto a área útil da parcela compreendeu 4m².

Foi realizada a análise da variância por ambiente e a conjunta dos resultados.

3.3.5. Caracteres avaliados

Foram anotados os seguintes caracteres, de plantas individuais dentro de progênies de meios irmãos em casa de vegetação:

NIM: número de internódios na maturidade. Contados a partir do

nó da primeira folha trifoliolada.

PPI: produtividade da planta individual em gramas.

NSP: número de sementes por planta. A contagem foi feita após a colheita e trilhagem das plantas individuais.

PCS: peso de cem sementes. Em gramas, obtido por meio da divisão da PPI pelo NSP, multiplicado por cem.

NVP: número de vagens por planta.

NSV: número de sementes por vagem.

APM: altura de planta em cm.

% de óleo: porcentagem de óleo em relação ao peso seco.

Na avaliação das populações foram tomadas, a nível de parcela, a altura de planta em cm e a produção em gramas transformadas em kg/ha. Concomitantemente foram colhidas dez plantas férteis e dez plantas machoestéreis de cada parcela.

3.3.6. Correlações fenotípicas.

Foram determinadas as correlações fenotípicas com os dados coletados em plantas férteis dentro de progênies de meios irmãos tanto nos ensaios de seleção para tamanho de semente como nos de teor de óleo.

3.3.7. Polinômios ortogonais.

Para se ter uma idéia das discrepâncias em relação a regressão linear, também foram determinadas as

regressões quadrática e cúbica. A análise de regressão foi responsável pela estimativa numérica do nível de mudança causada pelos ciclos de seleção sobre o tamanho da semente.

4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Seleção para tamanho de semente

4.1.1. Coeficiente de repetibilidade

Pela análise da variância, Tabela 5, determinou-se o coeficiente de repetibilidade. Este apresentou um valor de ($r = 94,79\%$), mostrando que a média de 15 sementes pode representar o peso de semente da planta machoestéril, e que o genótipo do embrião fica praticamente mascarado pelo genótipo da planta-mãe. Portanto, a constituição genética da planta machoestéril (efeito nuclear materno) é o principal fator determinante do peso de cem sementes.

As alterações verificadas no tamanho de semente nas sementes F_1 das hibridações com IAC73-228 (MIRANDA et al., 1984), linhagem irmã da que deu origem a IAC78-2318, podem ser explicadas pela falta de competição entre as sementes e não pela constituição genética do embrião.

Ressalte-se que as sementes provenientes de cruzamentos manuais, em plantas férteis, não sofrem concorrência, pelo menos no nó em que o mesmo foi realizado, devido à eliminação das demais flores.

O tamanho de sementes nas plantas ms_1ms_1 é naturalmente maior (cerca de 33%) do que as sementes das plantas machoférteis, porque o número de sementes por planta é muito menor e há uma preponderância de vagens com um única semente (BURTON et al., 1979).

4.1.2. Distribuição de freqüência

Nas Figuras 3, 4, e 5 estão as curvas representativas da distribuição de freqüências de classes de plantas machoestéreis para o peso de cem sementes, da população original e as resultantes do primeiro ciclo de seleção para maior peso e menor peso. Há uma certa discrepância em relação à curva teórica. Estas alterações podem ser explicadas, provavelmente, pelo pequeno número de indivíduos amostrados, e/ou pela necessidade de se selecionar apenas as plantas machoestéreis com mais de 15 sementes, ou, ainda, pela falta de estratificação da amostragem, fazendo com que fatores de ambiente pudessem interferir na normalidade da distribuição.

Apesar do efeito de ambiente, pois as populações foram produzidas em anos e locais diferentes, pode-se notar uma alteração na média das populações pelo efeito da seleção nas plantas machoestéreis, sendo mais evidente na seleção realizada para menor peso de semente.(Figura 6).

A média da população original de plantas machoestéreis foi de $PCS = 26,35 \pm 2,89$. As 30 plantas

selecionadas apresentaram as médias de PCS = $31,01 \pm 1,90$ para maior e PCS = $22,01 \pm 1,31$ para menor peso, respectivamente. Estas medidas tomadas em plantas machoestéreis foram superiores às das cultivares: Santa Rosa ($17,45 \pm 1,61$), IAC-8 ($21,18 \pm 1,22$), IAC-11 ($15,40 \pm 1,35$) e da linhagem IAC78-2318 ($11,01 \pm 1,26$), produzidos em Campinas em condições semelhantes ao do composto.

4.1.3. Médias das populações

Após o primeiro ciclo de seleção para maior tamanho de semente, no lote de recombinação, a média das 200 plantas machoestéreis foi PCS = $27,02 \pm 3,12$, pouco superior à da população original. A média da população selecionada (30 plantas com maior peso de sementes), foi muito próxima à obtida quando da primeira seleção massal ou seja de PCS = $31,61 \pm 0,94$; entretanto, a média das 200 plantas selecionadas depois do primeiro ciclo de seleção para menor peso de semente, já se mostrou bem inferior ao da população original (PCS = $22,77 \pm 2,04$). Este fato pode ser devido também ao efeito do ambiente e ao ataque de percevejos pentatomídeos. As 50 plantas machoestéreis com menor peso de semente apresentaram a média de PCS = $19,14 \pm 2,04$, também bem inferior à obtida no primeiro ciclo de seleção para menor tamanho de semente.

As 15 melhores progênies das 30 selecionadas de cada grupo apresentaram respectivamente as seguintes médias: $20,49 \pm 0,82$ e $16,50 \pm 1,50$. A média das 45 plantas para maior

tamanho de semente foi $PCS = 23,09 \pm 1,89$ e para menor tamanho de semente foi $PCS = 14,49 \pm 0,20$.

No segundo ciclo de seleção para maior peso de semente as 15 melhores progênies apresentaram a média de $PCS = 20,65 \pm 1,32$, sendo que a média das 45 plantas selecionadas (três dentro de cada progênie) foi de $PCS = 23,88 \pm 2,61$. Estes resultados são próximos aos obtidos no ciclo anterior.

A média das 25 progênies selecionadas para menor peso de semente no segundo ciclo de seleção apresentou $PCS = 15,75 \pm 0,94$, inferior ao do ciclo anterior, e a média das 75 plantas selecionadas (três dentro de cada progênie) já foi bem próxima ao do ciclo anterior com $PCS = 14,32 \pm 1,90$.

Estes resultados confirmam a importância dos fatores de ambiente na expressão da característica peso de semente, pois, aparentemente, não tinha sido obtido muito sucesso no segundo ciclo de seleção.

4.1.4. Herdabilidades

Nas Tabelas 6, 7, 8 e 9 são apresentados o peso de cem sementes na planta machoestéril e a média de suas respectivas progênies férteis.

Com estes dados foram calculadas as herdabilidades no sentido restrito, considerando-se apenas a regressão entre pais e filhos. Estas mostraram uma amplitude grande, desde valores negativos, até valores superiores a

100%, que não se coadunam com o esperado (Tabela 10). Na tentativa de se reverter esta situação, os dados foram transformados em unidades de desvio-padrão, conforme FREY & HORNER (1957), em cada um dos ciclos estudados. Esta sistemática permitiu estabelecer um valor máximo, eliminando as estimativas superiores a 100% (2º ciclo para maior tamanho de semente e 1º ciclo para menor tamanho de semente) que não correspondiam a uma realidade. Estes autores pontificam que a estandardização corrige somente, um caso particular de interação genótipo-ambiente, que tende a causar uma expansão ou contração de escala no parâmetro medido. No caso em questão, embora as medidas de tamanho de semente avaliadas na planta machoestéril estão superestimadas pela falta de competição entre as poucas sementes formadas, portanto, guardam diferenças genéticas que são transmitidas aos descendentes (Tabela 10).

A herdabilidade relativamente baixa calculada para o 1º ciclo de seleção para maior tamanho poderia ser atribuída também ao pequeno número de sementes por planta machoestéril, redundando em maior peso de semente e dificultando a seleção. Outros fatores que devem ter contribuído para esta distorção são: a dificuldade de se reconhecer o ponto exato de maturação da planta machoestéril que não apresenta senescência normal e a época de semeadura que pode ter condicionado um aumento do período reprodutivo e conseqüentemente maior peso de semente (Tabela 10).

A herdabilidade negativa calculada para o 2º

ciclo de seleção foi explicada pela presença de percevejos pentatomídeos que alteraram o tamanho da semente durante sua alimentação nas sementes da soja. Daí a razão de se utilizar os 140 pares, correspondentes aos dois ciclos de seleção, para se ter uma noção mais exata da herdabilidade do caráter (Tabela 10).

Nas Tabelas 11 e 12 estão apresentadas as análises da variância para os dois ciclos de seleção e na Tabela 13 as herdabilidades calculadas por meio destas análises de variância. Estes coeficientes de herdabilidade são relativamente baixos quando comparados com os resultados da literatura, provavelmente devido ao pequeno tamanho das populações utilizadas e estas terem sido previamente selecionadas, a não ser os coeficientes obtidos no primeiro ciclo de seleção para menor peso de semente.

4.1.5. Regressão polinomial

O primeiro parâmetro avaliado quanto aos efeitos da seleção foi o tamanho de semente, tomado de acordo com as regras de análise de semente, pela análise conjunta dos resultados dos locais (Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2).

Este material, antes da avaliação apresentava os seguintes pesos: primeiro ciclo de seleção (menor peso) $14,14 \pm 0,48$, segundo ciclo de seleção (menor peso) $11,21 \pm$

0,29, primeiro ciclo de seleção (maior peso) $15,71 \pm 0,57$, e segundo ciclo de seleção (maior peso) $16,27 \pm 0,29$, determinados também pelas regras de análise de semente.

A análise da variância, Tabela 14, mostra efeito significativo para locais e ciclos, entretanto a interação foi não-significativa, confirmando os resultados já obtidos de que a característica tamanho de semente é pouco influenciada pelo ambiente, o que possibilita que a seleção seja realizada em planta machoestéril em um único local e que a avaliação de suas progênies aconteça em casa-de-vegetação, completando-se um ciclo por ano. TINIUS et al., (1991), também relatam interação não significativa para locais por ciclos de seleção para o peso de cem sementes.

De acordo com MIRANDA FILHO (1987), sob a hipótese da homogeneidade do erro em um modelo aleatório, existem dois quadrados médios, QM (ciclo x locais) e QM (erro médio), que podem ser usados para testar os efeitos de tratamento. Primeiramente, a interação é testada contra o erro médio. Se for significativa, o QM (ciclo x locais) deve ser o QM adequado para testar os ciclos. Se a interação for não significativa então o QM (ciclos) pode ser testado diretamente com o erro médio, ou então, pode-se obter uma média ponderada pelos graus de liberdade, envolvendo QM (erro médio) e QM (ciclos x locais) que servirá como testador mais adequado para ciclos.

Seguindo este último raciocínio a nova análise da variância pode ser a visualizada na Tabela 14. Pela

regressão polinomial para os níveis de ciclo, houve significância tanto para efeitos lineares como para os quadráticos. Entretanto, o coeficiente de determinação para a linearidade foi de 0,98, restando pouca variabilidade para explicar os demais efeitos.

A significância para o efeito quadrático talvez possa ser explicada pela ausência da população original, que não foi incluída nos testes visto ter perdido o poder germinativo durante o período de armazenamento. Na Figura 7 estão as curvas representativas da regressão linear e da regressão quadrática assim como as médias observadas. A curva de segundo grau é próxima da de primeiro grau.

A análise ao nível de local mostrou significância para o efeito linear em todos os locais; o efeito quadrático foi significativo apenas em Campinas-2, sendo que neste local a semeadura se deu no mês de dezembro, fato que poderia ter restringido o tamanho relativo das sementes, pois semeaduras tardias diminuem o ciclo vegetativo (Tabela 15).

Tomando-se então a regressão linear ($y = 13,68 + 0,91X$) como representativa dos ciclos de seleção, verifica-se um aumento para PCS = 0,91 para cada ciclo (6,67% em relação à média).

O segundo critério utilizado para a determinação do ganho de seleção, foi a avaliação do peso de semente em dez plantas férteis por parcela, simulando a extração de linhagens destas populações. Foi detectado efeito

significativo para ciclos e novamente não houve interação ciclos x locais (Tabela 16). Procedeu-se da mesma maneira já indicada anteriormente, ou seja, ponderou-se os graus de liberdade do resíduo e da interação para se testar os efeitos de ciclos de seleção. Pela regressão polinomial para os níveis de ciclo houve significância tanto para os efeitos lineares quanto para os cúbicos (Figura 8).

A análise ao nível de local mostrou significância para o efeito linear em todos os locais e para o cúbico em Mococa e Campinas-1 a 5% (Tabela 17).

O coeficiente de determinação para a linearidade foi de 0,96, pelo qual pode-se admitir que a cada ciclo houve um aumento ou diminuição de PCS = 1,05 (7,60% em relação à média).

Os resultados, como não poderiam deixar de ser, foram muito semelhantes aos obtidos nas amostras de sementes de cada parcela pelas regras de análise de sementes. Entretanto, o significado do erro dentro não é o mesmo, pois este agora engloba efeitos genéticos entre plantas mais o efeito ambiental.

Uma terceira avaliação do ganho de seleção referiu-se à planta machoestéril, quando foram tomadas dez plantas por parcela. Apesar do coeficiente de variação atingir valores altos houve significância para a interação ciclos por locais ao nível de 5%. Os dados são apresentados na Tabela 18.

Novamente o componente linear explicou grande

parte da variação sendo o seu efeito altamente significativo e apresentando um coeficiente de determinação igual a 0,9264. Os efeitos quadráticos não foram significativos e os cúbicos significativos a 5%. Recorrendo-se à regressão linear pode-se admitir uma elevação de 1,49g por ciclo de seleção, correspondendo a 6,48% em relação à média, dado muito próximo aos obtidos nas outras avaliações.

As curvas representativas dos polinômios ortogonais são muito semelhantes às verificadas quando da análise utilizando-se dez plantas férteis, só que de magnitude maior (Figura 9).

A análise ao nível de local mostrou significância para efeitos lineares em todos os locais testados e para os efeitos cúbicos em Ribeirão Preto, Mococa e Campinas-2. A significância para os efeitos cúbicos talvez possa ser explicada, novamente, pela menor competição entre as sementes nas plantas machoestéreis (Tabela 20).

Os resultados das três avaliações foram consistentes com efeitos significativos para ciclo, tendo a linearidade explicado grande parte da variação polinomial.

4.1.6. Correlação fenotípica

Os coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres tomados nas dez plantas individuais por parcela estão na tabela 20. O peso da planta (PPI) correlacionou-se positivamente com: número de internódios

(NIM), número de sementes (NSP), número de vagens (NVP), altura (APM) e peso de cem sementes (PCS). O NSP correlacionou-se com: NIM, NVP e APM. O NIM com o NVP e com a APM. Por sua vez o NVP mostrou correlação positiva com a APM e negativa com NSV (número de sementes por vagem) e por último a APM correlacionou-se negativamente com o NSV.

As correlações positivas entre produtividade, número de internódios e altura de planta foram também constatadas por JOHNSON et al. (1955b), ANAND & TORRIE (1963), KWON & TORRIE (1964), SIMPSON & WILCOX (1983), FREIRE FILHO (1988) e ZIMBACK (1992).

4.1.7. Produtividade

Em relação à produtividade, foi detectado efeito para locais, sendo Mococa (2192 Kg/ha) mais produtivo que os demais locais. A seguir, tem-se Ribeirão Preto (1873 Kg/ha) e Campinas-2 (1799 Kg/ha), com produções intermediárias e semelhantes entre si. O local menos produtivo foi Campinas-1 (1687 Kg/ha), provavelmente em consequência de uma forte infestação de nematóides de gênero *Meloidogyne* spp

Como o tamanho de semente é um dos componentes da produção, havendo aumento significativo para esta característica, pelos três critérios utilizados, também deveria ocorrer para a produtividade. Entretanto, não foi verificado efeito de ciclo pela análise conjunta dos resultados (Tabela 21).

A produção relativamente baixa foi decorrente, principalmente, do acamamento verificado em todos os ciclos. A seleção realizada em planta machoestéril e em casa-de-vegetação sobre um único caráter, peso de cem sementes, pode ter levado ao desenvolvimento de populações com baixo valor agrônomo, pois durante o processo seletivo excluiu-se a competição intra-populacional. Assim, o material selecionado não foi capaz de suportar altas populações no que concerne à estrutura da planta, acamando e prejudicando a produtividade.

Como o número de plantas por parcela não estava vinculado com efeito de ciclo, visto que não houve significância para este efeito ao nível de local (Tabela 22), determinou-se o peso (gramas/planta) dividindo o peso da parcela (em gramas) pelo número de plantas ali existentes como uma medida de produtividade.

A análise da variância conjunta revelou significância para os efeitos de locais e ciclos, o mesmo não ocorrendo para a interação. Este fato é surpreendente, visto que a maioria dos experimentos que procuram avaliar a produtividade mostram efeitos significativos para a interação. Como esta população não é geneticamente uniforme pode ser que esta estrutura tenha permitido maior estabilidade produtiva. Entretanto, o coeficiente de variação foi muito elevado mostrando que este parâmetro (gramas/planta) não pode ser avaliado com muita precisão (Tabela 23).

A explicação mais plausível para que tenha havido efeitos de ciclo ao nível de planta e não tenha

ocorrido o mesmo ao nível de parcela, é que o estande muito baixo possa ter prejudicado a avaliação da produtividade, pois a soja é planta de alta capacidade de compensação, ou seja, as plantas mais isoladas engalham e ocupam os espaços vazios.

Na Figura 10 visualiza-se a regressão linear para a produtividade de grãos (gramas/planta) dada pela expressão:

$$Y = 9,83 + 0,75 X$$

O coeficiente de determinação foi de 0,97 mostrando que a linearidade é o principal componente da regressão polinomial.

O acréscimo de 0,75 g/planta (7,65% em relação à média) é bastante representativo, visto que existe a possibilidade da realização de um ciclo por ano, desde que seja utilizada geração de inverno, em casa-de-vegetação. Outro aspecto que valoriza a seleção para tamanho de semente é que esta característica é pouco influenciada pelo ambiente.

4.2. Seleção para teor de óleo nas sementes

4.2.1. Distribuição de frequência

Na Figura 11 são apresentadas as curvas de distribuição do teor de óleo em porcentagem das 247 plantas machoestéreis. Sendo a média desta população $20,04\% \pm 1,07$, apresentando como valores extremos de 15,96 e 22,44%. Esta curva apresenta uma discordância bastante acentuada em relação

à curva normal, talvez ligada ao fato da população ter sido selecionada para maior tamanho de semente por dois ciclos de seleção, desde que existisse correlação entre tamanho de semente e teor de óleo.

4.2.2. Herdabilidades

Foram selecionadas as 30 plantas com maior e menor teor de óleo, sendo que as suas progênies foram desenvolvidas em casa-de-vegetação, no inverno, sendo representadas nas Tabelas 24 e 25. Determinou-se a herdabilidade pela regressão linear entre plantas machoestéreis e a média das respectivas progênies. Como não havia grande diferença em relação ao teor de óleo na planta machoestéril e na média da progênie, não houve necessidade de estandardização dos dados, conforme sugerem FREY & HORNER (1957). Os valores da herdabilidade foram relativamente próximos: $h^2 = 52,99$ para a seleção para maior teor de óleo; e $h^2 = 43,45$ para a seleção negativa. Pela regressão linear dos 60 pares disponíveis a equação da regressão foi:

$$Y = 16,52 + 0,23 X$$

com desvios padrão de 0,75 para a constante (a) e 0,06 para o coeficiente de regressão (b).

Pela análise da variância (Tabela 26) determinou-se os coeficientes de herdabilidade (Tabela 27). A característica porcentagem de óleo analisada pelo NMR forneceu medidas precisas diante dos baixos coeficientes de

variação.. A herdabilidade ao nível de planta no primeiro ciclo para maior teor de óleo, apresentou valor superior à unidade, provavelmente em decorrência de sub-estimação do erro experimental; de qualquer forma, as herdabilidades ao nível de média estiveram dentro das expectativas para este caráter.

4.2.3. Correlação fenotípica

As Tabelas 28 e 29 mostram as correlações fenotípicas entre sete caracteres. O teor de óleo correlaciona-se positivamente com a produtividade, com seus componentes (número de sementes, número de vagens, número de sementes por vagem e número de internódios); no entanto, a correlação foi negativa entre teor de óleo e peso de cem sementes. Então este fato não pode explicar a anormalidade da curva de distribuição do teor de óleo, após dois ciclos de seleção para maior peso de semente. Observa-se na Figura 11 que as classes de freqüências acima da curva normal deveriam estar do lado esquerdo e não do lado direito, pois é bem conhecida a correlação negativa entre teor de óleo e proteína dos grãos (HANSON et al., 1961; SHORTER et al., 1976; BURTON & BRIM, 1981). Para exemplificar, quando BRIM & BURTON (1979), aumentaram o teor de proteína de 42,8 para 46,1%, por meio de cinco ciclos de seleção recorrente para aumento do teor de proteína, houve em contra partida uma diminuição do teor de óleo de 19,5 para 17,5%.

4.2.4. Considerações finais

Vários métodos de seleção recorrente vem sendo empregados em soja, (KENWORTHY & BRIM, 1979; BRIM & BURTON, 1979; ; PROHASKA & FEHR, 1981; SUMARNO & FEHR, 1982 e CARVER et al., 1986)). Os que recorrem à machoesterilidade empregam seleção massal e seleção dentro progênes de meios irmãos. Seleção recorrente entre progênes de meios irmãos não tem sido usada primeiramente porque neste método espera-se como resultado menor ganho genético por ciclo do que os métodos de seleção massal ou seleção de progênes S1. No esquema empregado utilizou-se seleção massal, seleção entre e dentro de progênes de meios irmãos, de tal forma que fosse maximizada a utilização da infra-estrutura existente, principalmente a possibilidade de semeadura no inverno em casa-de-vegetação.

Infelizmente, este esquema de seleção, eficiente e rápido (um ciclo por ano) tanto para tamanho de semente quanto para teor de óleo não leva em consideração a competição entre genótipos, prejudicando a avaliação de outros caracteres, tais como produtividade, onde o desempenho da planta individual não espelha a performance em altas densidades comumente utilizadas (HANSON, 1963)

Portanto, outros esquemas devem ser utilizados. Assim em populações de polinização aberta, segregante para machoesterilidade genética, as sementes produzidas na planta machoestéril, resultantes das hibridações ao acaso com os pais

férteis, constituem-se progênes de meios irmãos. Sendo as progênes de meios irmãos rotineiramente geradas nestas populações, elas tornam-se adequadas para constituírem as unidades de seleção. Estas progênes podem ser testadas em covas, todavia, mais uma geração de autofecundação seria necessária para a obtenção de quantidade adequada de semente de tal forma que permitisse a avaliação em esquemas tradicionais. BURTON & CARVER (1993) concluíram que a seleção entre progênes autofecundadas de meios irmãos poderia ser de grande benefício para componentes de produtividade que requerem quantidades maiores de sementes para serem avaliadas. Estas unidades de seleção permitem maior tamanho de parcela e ou maior número de repetições, implicando na maior precisão das estimativas e reduzindo a variância fenotípica.

St.MARTIN (1981), aponta que o principal problema da maioria dos esquemas propostos é a ocorrência da segregação de machoesterilidade nas parcelas dos testes e conseqüente redução na precisão das estimativas de produtividade. O ponto alto do esquema proposto por este autor, é a inclusão de uma geração, para aumentar a quantidade de semente, entre a colheita de plantas S_1 e os testes de produtividade. Durante esta estação seria identificada uma linha fértil homozigota que na geração seguinte seria avaliada para produtividade, concomitantemente as plantas férteis das linhas segregantes seriam reunidas formando um "bulk". Estes dois materiais (linha homozigota e o "bulk") são derivados de um única planta machoestéril S_0 . O "bulk" representaria a linha no lote de

recombinação, caso esta fosse selecionada. Este esquema de seleção recorrente teria como desvantagens a diminuição do controle parental aliado ao aumento de uma geração por ciclo de seleção.

SPECHT & GRAEF (1990) fazendo uma retrospectiva histórica dos métodos de melhoramento utilizados em soja no Estados Unidos, mostraram que o grande avanço no rendimento se deu por ocasião da inclusão da recombinação genética via hibridação de dois parentais, em meados dos ano 40, quando se conseguiu um acréscimo de 600 Kg/ha. Partindo deste precedente histórico, estes autores desenvolveram um esquema de seleção que prioriza a recombinação e a variabilidade genética. Este método emprega uma população que: é forçada, anualmente, a se recombinar (por meio da machoesterilidade genética) com os cultivares e linhagens elites selecionados nos ensaios de produtividade, e é usada anualmente para originar (via multiplicação de inverno da população F_1) população F_2 , que mais tarde servirá tanto como material genético para o avanço de gerações (F_3 a F_5) de um programa típico de melhoramento, quanto para a formação de um novo lote de recombinação com machoesterilidade para hibridação com os próximos genótipos selecionados. As vantagens do sistema são: a produção de grande número de plantas F_1 provenientes de diversos cruzamentos e maior rapidez de recombinação entre os sucessivos ciclos de seleção.

Este esquema pela sua exeqüibilidade e méritos indiscutíveis, provavelmente, tornará a seleção recorrente com

a utilização da machoesterilidade genética, um dos instrumentais disponíveis para a modernização dos métodos de melhoramento de plantas autógamas.

5. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi realizada esta pesquisa, pode-se concluir:

- a) O coeficiente de repetibilidade ($r = 94,79\%$) mostrou que a medida tomada em poucas sementes pode representar o peso de semente da planta machoestéril. Portanto, o genótipo do embrião tem pequena expressão, sendo o efeito materno o principal fator determinante do peso de cem sementes.
- b) A herdabilidade para peso de semente calculada pela regressão entre planta machoestéril e média de sua progênie apresentou grande variabilidade (7,17 a 98,35%), pois as medidas são tomadas em dois ambientes (campo e casa de vegetação). A herdabilidade média (49,15%) calculada a partir de todos os pares possíveis mostrou que a seleção em planta machoestéril pode ser eficiente, mesmo que esta característica esteja super-estimada. A estandardização pelo desvio-padrão das medidas tomadas na planta machoestéril permitiu a obtenção de resultados coerentes para a herdabilidade dentro dos limites esperados.

- c) Os coeficientes de herdabilidade determinados por meio da análise da variância, de progênies de meios irmãos das plantas machoestéreis selecionadas, mostraram valores baixos (0,15 a 0,42), tanto a nível de plantas como em relação à média de progênie, a não ser para os coeficientes determinados nas progênies do primeiro ciclo de seleção para menor tamanho de semente (0,72 a 0,96).
- d) A regressão polinomial permitiu determinar que a linearidade explica grande parte da variação disponível para ciclos de seleção para peso de cem sementes, sendo o coeficiente de determinação sempre superior a 90%. Os acréscimos no peso de cem sementes, por ciclo, pela regressão linear foram: 0,91g (6,67% em relação à média) avaliado de acordo com as regras de análise de semente, em amostra retirada de cada parcela; 1,05g (7,60% em relação à média) determinado em dez plantas férteis por parcela; e de 1,49g (6,48% em relação à média) tomados em dez plantas machoestéreis por parcela.
- e) A produtividade de grãos em gramas/planta mostrou a mesma tendência da análise para peso de semente, sendo o efeito de ciclo significativo, o mesmo ocorrendo com a regressão linear.
- f) A herdabilidade para porcentagem de óleo, calculada pela regressão entre planta machoestéril e a média de suas progênies férteis, apresentou resultados mais consistentes, mostrando que o efeito ambiental interfere menos no teor de óleo do que no peso

de cem sementes.

- g) As herdabilidades para porcentagem de óleo calculadas por meio da análise da variância ao nível de planta e de média de progênie mostraram valores altos (0,69 a 0,86), mesmo após a seleção massal realizada nas plantas machoestéreis.

6 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTSEN. M.C. & PALMER, R.G. A comparative light- and electron-microscope study of microsporogenesis in male-sterile (ms_1) and male-fertile soybeans (*Glycine max* (L.) Merr). *American Journal of Botany*, 66:253-265, 1979.
- ANAND, S.C. & TORRIE, J.H. Heritability of yield and other traits and interrelationships among traits in the F_3 e F_4 generations of three soybean crosses. *Crop Science*, 3:508-511, 1963.
- BERNARD, R.L. & CREMEENS, C.R. Inheritance of the Eldorado male-sterile trait. *Soybean Genetics Newsletter*, 2:37-39, 1975.
- BEVERSDORF, W.D. & BINGHAN, E.T. Male-sterility as a source of haploids and polyploids of *Glycine max*. *Canadian Journal of Genetic and Cytology*, 19:283-287, 1977.
- BOERMA, H.R. & COOPER, R.L. Increase female fertility associated with ms_1 locus in soybeans. *Crop Science*, 18:344-346, 1978.
- BOERMA, H.R. & MORADSHAHI, A. Pollen movement within and between rows to male-sterile soybeans. *Crop Science*, 15:858-861, 1975.

- BRIM, C.A. Quantitative genetics and breeding. In: CALDWELL, B.E., ed. **Soybeans: improvement, production and uses.** American Society of Agronomy, n 16 p.155-186, 1973.
- BRIM, C.A. & BURTON, J.W. Recurrent selection in soybeans: II. Selection for increase percent protein in seeds. **Crop Science**, 19:494-498, 1979.
- BRIM, C.A. & COCKERHAM, C.C. Inheritance of quantitative characters in soybeans. **Crop Science**, 1:187-190, 1961.
- BRIM, C.A.; SCHUTZ, W.M. & COLLINS, F.I. Maternal effect on fatty acid composition and oil content of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). **Crop Science**, 8:517-518, 1968.
- BRIM, C.A. & STUBER, C.W. Application of genetic male sterility to recurrent selection schemes in soybeans. **Crop Science**, 13:528-530, 1973.
- BRIM, C.A. & YOUNG, M.F. Inheritance of a male sterile character in soybeans. **Crop Science**, 11:564-566, 1971.
- BUNTMAN, D.J. & HORNER H.T. Microsporogenesis of normal and ms_3 mutant soybean (*Glycine max*). **Scanning Electron Microscopy**, 2:913-922, 1983.
- BURTON, J.W. Quantitative genetics: Results relevant to soybean breeding. In WILCOX, J.R. (ed.), **Soybeans: Improvement, production, and uses.** 2nd ed. Agron. Monogr. p. 211-247, 1987.
- BURTON, J.W. & BRIM, C.A. Recurrent selection in soybeans: III. Selection for increase percent oil in seeds. **Crop Science**, 21:31-34, 1981.

- BURTON, J.W. & CARTER Jr., T.E. A method for production of experimental quantities of hibrid soybean seed. *Crop Science*, 23:388-390, 1983.
- BURTON, J.W. & CARVER, B.F. Selection among S1 families vs. selfed half-sib or full-sib families in autogamous crops. *Crop Science*, 33:21-28, 1993.
- BURTON, J.W.; WILSON, R.F. & BRIM, C.A. Dry matter and nitrogen accumulation in male-sterile and male-fertile soybeans. *Agronomy Journal*, 71:548-552, 1979.
- BUSS, G.R. Inheritance of a male-sterile mutant from irradiated Essex soybeans. *Soybean Genetics Newsletter*, 10:104-108, 1983.
- BUSS, G.R. & AUTIO, W.R. Observations of polyembryony and polyploidy in ms₁ and ms₂ male-sterile soybean populations. *Soybean Genetics Newsletter*, 7:94-97, 1980.
- BUZZELL, R.I.; BUTTERY, B.R. & BERNARD, R.L. Inheritance and linkage of a mangenta flower gene in soybeans. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 19:749-751, 1977.
- BYTH, D.E.; WEBER, C.R. & CALDWELL, B.E. Correlated truncation selection in soybeans. *Crop Science*, 9:699-702, 1969a.
- BYTH, D.E.; CALDWELL, B.E. & WEBER, C.R. Specific and nonspecific index selection in soybeans. *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, 9:702-705, 1969b.
- CARTTER, J.C. & HARTWIG, E.E. The management of soybeans. In: *The soybean*, NORMAN, A.G. ed. Academic Press. p.162-226, 1963.

- CARTER Jr., T.E.; BURTON, J.W. & HUIE Jr. E.B. Implications of seed set on ms_2ms_2 male-sterile plants in Raleigh. **Soybean Genetic Newsletter**, 10:85-87, 1983.
- CARVER, B.F.; BURTON, J.W.; WILSON, R.F. & CARTER Jr, T.E. Cumulative response to various recurrent selection schemes in soybean: Oil quality and correlated agronomic traits. **Crop Science**, 26:853-858, 1986.
- CHEN, L.F.O.; HEER, H.E. & PALMER, R.G. The frequency of polyembryonic seedlings and polyploids from ms_1 soybean. **Theoretical Applied Genetics**, 69:271-277, 1985.
- COLLINS, F.I.; ALEXANDER, D.E.; RODGERS, R.C. & SILVELA, S.L. Analysis of oil content of soybeans by wide line NMR. **Journal of the American Oil Chemists Society**, 49:708-710, 1967.
- CONWAY, T.F. & EARLE, F.R. Nuclear magnetic resonance for determining oil content of seeds. **Journal of the American Oil Chemists Society**, 40:265-268, 1963.
- COWAN, J.C. Processing and products. In: CALDWELL, B.E. (ed.) **Soybeans: Improvement, production, and uses**. American Society of Agronomy. p. 619-664, 1973.
- DELANNAY, X. & PALMER, R.G. Genetics and cytology of the ms_4 male-sterile soybeans. **Journal of Heredity**, 73:219-223, 1982.
- EDWARDS Jr., C.H. & HARTWIG, E.E. Effect of seed size upon rate of germination in soybean. **Agronomy Journal**, 63:429-430, 1971.

- FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. Longman . 365p, 1975.
- FEHR, W.R. Heritability In: Principles of Cultivar Development. Macmillan Publishing Company. V.1, p. 95-114, 1987.
- FEHR, W.R.; COLLINS, F.I. & WEBER, C.R. Evaluation of methods for protein and oil determination in soybean seed. *Crop Science*, 8:47-49, 1968.
- FEHR, W.R. & WEBER, C.R. Mass selection by seed size and specific gravity in soybeans populations. *Crop Science*, 8:551-554, 1968.
- FREIRE FILHO, F.R. Análise genética de um dialelo entre genótipos precoces de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba, 1988. 224p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- FREY, K.J. & HORNER, T. Heritability in standard units. *Agronomy Journal*, 49:59-62, 1957.
- GRAYBOSCH, R.A.; BERNARD, C.R.; CREMEENS, C.R. & PALMER, R.G. Genetic and cytological studies of a male-sterile, female-fertile soybean mutant. *Journal of Heredity*, 75:383-388, 1984.
- GRAYBOSCH, R.A. & PALMER, R.G. Is the male-sterile mutant partially fertile? *Soybean Genetics Newsletter*, 11:102-104, 1984.

- GUPTA, V.P.; SOOD, D.R.; NAINAWATTI, H.S. & WAGLE, D.S.
Heritability and correlation estimates for protein, oil,
and crushing hardness in photo-sensitive and insensitive
groups of soybean. *Soybean Genetics Mewsletter*,
7:5--55, 1980.
- HANSON, W.D. The breakup of initial linkage blocs under
selected mating systems. *Genetics*, 44:857-868, 1959a.
- HANSON, W.D. Early generations analisys of lengths of
heterozygous chromosome segments around a locus held
heterozygous with backcrossing or selfing. *Genetics*,
44:8333-837, 1959b.
- HANSON, W.D. Theoretical distribution on the inical linkage
blocks lengths intact in the gametes of a population
intermated for in generations. *Genetics*,
44:839-846, 1959c.
- HANSON, W.D. The theoretical distribution on lengths of
parental gene blocks in the gametes of an F_1 individual.
Genetics, 44:197-209, 1959d.
- HANSON, W.D. Heritability. In: HANSON, W.D. & ROBINSON (ed.)
Statistical genetics and plant breeeding. National Academy
of Sciences.p.125-139, 1963.
- HANSON, W.D.; LEFFEL, R.C. & HOWELL, R.W. Genetic analisys of
energy production in the soybean. *Crop Science*,
1:121-126, 1961.

- HANSON, W.D.; PROBST, A.H. & CALDWELL, B.E. Evaluation of a population of soybean genotypes with implications for improving self-pollinated crops. *Crop Science*, 7:99-103, 1967.
- HANSON, W.D. & WEBER, C.R. Analysis of genetic variability from generations of plant progeny lines in soybeans. *Crop Science*, 1:63-67 1962.
- HARTWIG, E.E. Varietal development in soybeans. In: Caldwell, B.E., ed. *Soybeans: improvement, production and uses*. American Society of Agronomy, 182-210, 1973.
- HARRISON, S.A.; BOERMA, H.R. & ASHLEY, D.A. Heritability of canopy-apparent photosynthesis and its relationships to seed yield in soybeans. *Crop Science*, 21:222-226, 1981
- HIROMOTO, D.M. & VELLO, N.A. The genetic base of Brazilian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars. *Revista Brasileira de Genética*, 9(2):295-306, 1986.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. 1989 - Prognóstico.
- JOHNSON, H.W.; ROBINSON, H.F. & COMSTOCK, R.E. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agric. Journal*, 47:477-483, 1955.
- JOHNSON, H.W. & BERNARD, R.L. Soybeans genetics and breeding. In: NORMAN, A.G. ed. *The soybean*. Academic Press. p.1-73, 1963.
- KENWORTHY, W.J.; BRIM, C.A. & WERNSMAN, E.A. Polyembryony in soybeans. *Crop Science*, 13:637-639, 1973.

- KENWORTHY, W.J. & BRIM, C.A. Recurrent selection in soybeans:
I. Seed yield. *Crop Science*, 19:315-318, 1979.
- KOELLING, P.D.; KENWORTHY, W.J. & CARON, D.M. Pollination of male-sterile soybeans in caged plots. *Crop Science*, 21:559-561, 1981.
- KWON, S.H. & TORRIE, J.H. Heritability of and interrelationships among traits of two soybean populations. *Crop Science*, 4:196-198, 1964.
- LOURENÇÃO A.L. & MIRANDA M. A. C. . de. Resistência de soja a insetos. VIII. IAC78-2318, linhagem com resistência múltipla. *Bragantia*, 46(1): 65-72, 1987.
- LOURENÇÃO, A.L.; MIRANDA, M.A.C. DE & NAGAI, V. Resistência de soja a insetos: VII. Avaliação de danos de percevejos em cultivares e linhagens. *Bragantia*, 46(1): 45-57, 1987.
- LUSH, J.L. Intra-sire correlations or regressions of offsprings on dam as a method of estimating heritability of characteristics. *Proc. Am. Soc. An. Prod.*: 293-301, 1940.
- MASCARENHAS, H.A.A.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. DE & TEIXEIRA, J.P.F. Respostas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à aplicação de doses de calcáreo em latossolo roxo distrófico de cerrado: I. Efeito imediato. In: *Seminário Nacional de Pesquisa de Soja*, 2., Brasília. *Anais. Londrina, EMBRAPA-CNPSO* v.2 p742-751, 1981.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. de; NOGUEIRA, S.S.S. & BULISANI, E. Senescência anormal decorrente de distúrbios fisiológicos. *O Agrônomo*, 40(2):130-138, 1988.

- MCGREGOR, S.E. Insect pollination of cultivated crop plants. USDA, Handbook. 496. U.S. Government Printing Office, Washington, 1976.
- MIRANDA, M.A.C. de ; ROSSETTO, C.J.; ROSSETTO, D.; BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; TEIXEIRA, J.P.F. & MASSARIOL, A. Resistência de soja a *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* em condições de campo. *Bragantia*, 38:181-188, 1979.
- MIRANDA, M.A.C. de; MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A. Melhoramento da soja no Estado de São Paulo. In: Fundação Cargill ed. *A soja no Brasil Central*. Campinas, 3ª edição. p. 75-112, 1986.
- MIRANDA, M.A.C. de; SUASSUNA FILHO, J.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; TISSELLI FILHO, O. & BRAGA, N.R. Efeito maternal e do genótipo sobre o teor de óleo e tamanho de sementes em sementes F1 de soja. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA**, 3., Campinas, 1984. *Anais*. Londrina, EMBRAPA-CNPS, p.308-317, 1984.
- MIRANDA FILHO, J.B. Princípios de experimentação e análise estatística. In: **MELHORAMENTO E PRODUÇÃO DE MILHO**. PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P. eds. Fundação Cargill, 2ª ed. p. 765-795, 1987.
- NAKASHIMA, H.; HORNER, H.T. & PALMER, R.G. Histological features of anthers from normal and ms₃ mutant soybean. *Crop Science*, 24:735-739, 1984.

- NELSON, R.I. & BERNARD, R.L. Pollen movement to male-sterile soybeans in Southern Illinois. *Soybean Genetics Newsletter*, 6:100-103, 1979.
- PALMER, R.G. Soybean cytogenetics. In: SHIBLES R. ed *World Soybean Research Conference 3. Proceedings*. Westview Press. p.337-344, 1985.
- PALMER, R.G.; ALBERTSEN, M.C. & JOHNS, C.W. Pollen movement to two male-sterile soybean mutants grown in two locations. *Journal of Heredity*, 74:55-57 1983.
- PALMER, R.G.; ALBERTSEN, M.C. & HEER, H. Pollen production in soybeans with respect to genotype, environment, and stamen position. *Euphytica*, 27:427-433, 1978a.
- PALMER, R.G.; JOHNS, C.W. & MUIR, P.S. Genetics and cytology of the ms_3 male-sterile soybean. *Journal Heredity*, 71:343-348, 1980.
- PALMER, R.G. & KAUL, M.L.H. Genetics, cytology, and linkage studies of a desynaptic soybean mutant. *Journal Heredity*, 74:260-264, 1983.
- PALMER, R.G. & KILEN, T.C. Qualitative Genetics and cytogenetics In: WILCOX, J.R. ed. *Soybeans: improvement, production and uses*. Second Edition. American Society of Agronomy. p.135-209, 1987.
- PALMER, R.G.; WINGER, C.L. & ALBERTSEN, M.C. Four independent mutations at the ms_1 locus in soybeans. *Crop Science*, 18:727-729, 1978b.

- PASCHAL II, E.H. & ELLIS, M.A. Variation in seed quality characteristics of tropically grown soybeans. *Crop Science*, 18:837-840, 1978.
- PATIL, A.B. & SINH, B.B. Male sterility in soybeans. *Indian Journal of Genetic & Plant Breeding*, 36:238-243, 1976.
- PROHASKA, K.R. & FEHR, W.R. Recurrent selection for resistance to iron deficiency chlorosis in soybeans. *Crop Science*, 21:524-526, 1981.
- RUBAIHAYO, P.R. & GUMISIRIZA, G. The causes of genetic male sterility in three soybean lines. *Theoretical Applied Genetics*, 53:257-260, 1978.
- SADANAGA, K. Locating *w*m on linkage group 8. *Soybean Genetics Newsletter*, 10:39-41, 1983.
- SADANAGA, K. & GRINDELAND, R. Natural cross-pollination in diploid and autotetraploid soybeans. *Crop Science*, 21:503-506, 1981.
- SHORTER, R.; BYTH, D.E. & MUNGOMERY, V.E. Estimates of selection parameters associated with protein and oil content of soybean seeds *Glycine max* (L.) Merrill. *Australian Journal of Agricultural Research*, 28:211-222, 1976.
- SIMPSON Jr, A.M. & WILCOX J.R. 1983. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristic in four high protein soybean populations. *Crop Science*, 23:1077-1081.
- SINGH, D.B. & HADLEY, H.H. Maternal control of oil synthesis in soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, 8:622-624, 1968.

- SPECHT, J.E. & GRAEF, G.L. Breeding methodologies for chickpea: New avenues to greater productivity. In: **Chickpea in the Nineties**, WALBY, B.J. & HALL, S.D. eds. **Proceedings. Second International Workshop on Chickpea Improvement**, ICRISAT, p. 217-223, 1989.
- SMITH, T.J. & WEBER, C. R. Mass selection by specific gravity for protein and oil in soybeans populations. **Crop Science**, 8:373-377, 1968.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.W. **Principles and Procedures of Statistics**. McGraw Hill Book Co., Inc. 481p, 1960.
- St.MARTIN, S.K. A new recurrent selection scheme incorporating genetic male sterility. **Soybean Genetics Newsletter**, 8:107-109, 1981.
- SUMARNO; FEHR, W.R. Response to recurrent selection for yield in soybeans. **Crop Science**, 22:295-299, 1982.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; BALLE, J.; TOMES, L. & STUCKEY, R.E. Effect of date of harvest maturity on soybean seed quality and *Phomopsis* sp. seed infection. **Crop Science**, 24:189-193, 1984.
- TEIXEIRA, J.P.F.; RAMOS, M.T.B.; MIRANDA, M.A.C. DE & MASCARENHAS, H.A.A. Relação entre os principais constituintes químicos da soja. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA**, 3., Anais. Londrina, EMBRAPA-CNPS, 898-908, 1984.

- TINIUS, C.N.; BURTON, J.W. & CARTER Jr. T.E. Recurrent selection for seed size in soybean: I. Response to selection in relicate populations. *Crop Science*, 31:1137-1141, 1991.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *World oilseed situation and market highlights*. Washington, D.C., Foreign Agriculture Service, 1965 a 1992.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: *Melhoramento e Produção de milho*. PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P. eds. Fundação Cargill, 2^a ed. p. 135-214, 1987.
- VENCOVSKY, R. Repetibilidade. In: *Princípios de genética quantitativa*. Piracicaba, ESALQ. Publicação Didática, 16. p.47-52, 1977.
- VELLO, N.A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento da soja na ESALQ/USP. In: *Simpósio sobre a Cultura e Produtividade da soja*. CÂMARA, G.M.S.; MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E.A.M. (eds.). *Anais*, FEALQ. p.60-81, 1992
- WEBER, C.R. Registration of Price soybeans. *Crop Science*, 10:605-606, 1967.
- ZIMBACK, L. Cruzamentos em cadeia entre genótipos adaptados e exóticos de soja com ênfase na produção de óleo. Piracicaba, 1992. 178p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Produção mundial de soja (1000 t) : 1963 a 1993

Ano	Estados Unidos		Brasil		China		Argentina		Total	
	-----		-----		-----		-----		-----	
		IR		IR		IR		IR		IR
		%		%		%		%		%
1963	19034	100	323	100	7976	100	19	100	29227	100
1968	30022	157	654	202	6480	81	22	115	39636	135
1973	42117	221	5012	1551	10000	125	272	1431	60665	207
1978	50859	267	9541	2953	7565	94	2700	14210	75172	257
1983	44518	233	14582	4514	9760	122	3570	18789	81262	278
1988	42153	221	18053	5589	11650	146	6500	34210	89376	305
1993	56427	296	21173	6555	11000	137	12500	65789	115200	394

IR : Informação relativa ao ano de 1963.

Fonte: USDA (1992).

Tabela 2. Área, produção e rendimento de soja no Brasil:
1990/91 e 1991/92

Estado	1990/91			1991/92		
	Área	Produção	Rendimento	Área	Produção	Rendimento
	1000 ha	1000 t	Kg/ha	1000 ha	1000 t	Kg/ha
Rio Grande do Sul	3269,4	2354,0	720	2970,0	5791,5	1950
Mato Grosso	1100,0	2607,0	2370	1452,0	3484,8	2400
Paraná	1966,0	3617,4	1900	1797,5	3415,3	1900
Mato Grosso do Sul	1013,1	2299,7	2270	969,5	1929,3	1990
Goiás	790,0	1659,0	2100	820,0	1804,0	2200
Minas Gerais	472,0	962,9	2040	456,0	1003,2	2200
São Paulo	500,0	967,5	1935	463,0	907,5	1960
Bahia	278,0	556,0	2000	330,0	495,0	1500
Santa Catarina	300,0	249,9	833	249,0	448,2	1800
Distrito Federal	43,1	101,3	2350	42,0	95,1	2265
Maranhão	4,6	8,3	1800	21,1	25,3	1201
Tocantins	3,9	6,5	1675	12,0	19,2	1600
Outros	2,4	5,1	2130	0,1	0,2	2000
Total	9742,5	15394,6	1580	9582,2	19418,6	2027

Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

Tabela 3. Área cultivada com soja por Divisao Regional Agrícola (DIRA)

DIRA	1988	1989	1990	1991	1992	média
	-----ha-----					
Ribeirão Preto	276500	305100	296300	271600	254230	280746
Marília	168000	178900	173300	149900	141100	162240
Campinas	25700	31500	26400	21780	21350	25346
Presid. Prudente	21500	24200	21550	20360	17200	20962
São José do Rio Preto	19900	23100	16700	14680	12270	17330
Sorocaba	14700	18000	16600	10670	13250	14644
Araçatuba	7400	10050	9800	5750	5350	7670
Bauru	900	1650	550	490	750	868
Estado SP	534600	592500	561200	495230	465500	529806

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

Tabela 4. Coordenadas geográficas e classificação climática, segundo Koppen

Local	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Altitude (metros)	classificação climática
Campinas	22 ^o 54'	47 ^o 05'	674	Cwa Aw
Mococa	21 ^o 28'	47 ^o 01'	665	Cwa Aw
Ribeirão Preto	21 ^o 10'	47 ^o 48'	621	Cwa Aw

Cwa: Tropical úmido, mesotérmico, inverno relativamente seco, verão quente e úmido.

Aw: Tropical úmido, inverno seco e verão quente e úmido.

Tabela 5. Análise da variância para o peso de cem sementes (PCS em gramas), em planta machoestéril. Campinas 1989

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	E(QM)	F
Plantas MS ^a	171	27388,81	160,17	15 $\sigma^2_p + \sigma^2_e$	19,23**
Resíduo	2408	20061,17	8,33	σ^2_e	
Total	2579	47449,98			

CV% = 10,95

média = 26,35 $\pm$ 2,89g

^a: MS, machoestéreis.

Tabela 6. Peso de cem sementes (PCS em gramas) da planta machoestéril e de sua respectiva progênie, no primeiro ciclo de seleção para maior peso de semente. Campinas, 1989

	Planta Machoestéril	Progênie
	-----g-----	
MS89-236	36,04	18,07
MS89-111	35,47	20,03
MS89-259	34,07	21,69
MS89-294	33,75	20,51
MS89-212	33,41	18,96
MS89-173	33,27	22,73
MS89-43	31,80	18,13
MS89-250	31,42	18,26
MS89-240	31,38	19,83
MS89-1	31,21	19,50
MS89-232	30,88	21,06
MS89-307	30,86	20,82
MS89-199	30,80	20,40
MS89-305	30,78	19,46
MS89-138	30,70	20,52
MS89-203	30,46	19,25
MS89-288	30,35	20,44
MS89-211	30,32	18,52
MS89-262	30,24	19,24
MS89-65	30,23	19,38
MS89-180	30,09	20,42
MS89-59	29,49	20,25
MS89-9	29,42	18,32
MS89-192	29,38	18,03
MS89-174	29,34	21,52
MS89-223	29,34	19,70
MS89-92	29,31	18,00
MS89-71	29,28	19,82
MS89-40	29,27	22,45
MS89-7	28,02	20,04
Média	31,01	19,61
CV%		15,01

Tabela 7. Peso de cem sementes (PCS em gramas) da planta machoestéril e de sua respectiva progênie, no primeiro ciclo de seleção para menor peso de semente. Campinas, 1989

	Machoestéril	Progênie
	-----g-----	
MS89-14	18,65	15,38
MS89-244	18,96	13,28
MS89-249	20,21	14,34
MS89-39	20,31	20,63
MS89-367	20,68	15,59
MS89-337	20,87	20,61
MS89-341	20,98	17,49
MS89-216	21,21	18,53
MS89-356	21,26	19,09
MS89-332	21,43	17,75
MS89-130	21,52	16,19
MS89-246	22,01	17,47
MS89-276	22,11	19,21
MS89-13	22,22	16,00
MS89-196	22,23	20,21
MS89-390	22,57	15,11
MS89-93	22,65	17,39
MS89-389	22,65	20,09
MS89-245	22,84	18,74
MS89-352	22,94	18,82
MS89-263	22,95	20,59
MS89-278	22,98	19,99
MS89-5	23,04	17,90
MS89-243	23,08	17,55
MS89-391	23,13	18,32
MS89-68	23,15	19,33
MS89-78	23,39	18,44
MS89-82	23,40	17,72
MS89-161	23,41	19,80
MS89-193	23,52	18,78
Média	22,01	18,01
CV%		15,01

Tabela 8. Peso de cem sementes (PCS em gramas) da planta machoestéril e de sua respectiva progênie, no segundo ciclo de seleção para maior peso de semente. Campinas, 1990

	Machoestéril	Progênie
	-----g-----	
MS90-127	34,02	20,85
MS90-160	33,44	22,39
MS90-213	33,00	21,36
MS90-91	32,91	20,18
MS90-249	32,57	19,57
MS90-75	32,55	21,73
MS90-131	32,39	19,03
MS90-64	32,15	19,52
MS90-84	32,14	19,47
MS90-133	32,09	19,00
MS90-233	31,95	20,98
MS90-21	31,72	22,13
MS90-256	31,55	18,16
MS90-19	31,47	18,26
MS90-182	31,29	20,24
MS90-74	31,22	20,71
MS90-180	31,20	20,87
MS90-101	31,20	20,14
MS90-205	31,15	21,61
MS90-77	31,06	20,22
MS90-115	30,97	18,19
MS90-214	30,93	20,11
MS90-52	30,83	19,33
MS90-245	30,81	19,68
MS90-217	30,73	17,91
MS90-171	30,72	19,91
MS90-119	30,70	19,08
MS90-106	30,51	18,71
MS90-179	30,48	19,40
MS90-253	30,46	19,60
Media	31,61	19,94
CV%		13,73

Tabela 9. Peso de cem sementes (PCS em gramas) da planta machoestéril e de sua respectiva progênie, no segundo ciclo de seleção para menor peso de semente. Campinas, 1990

	Macho- estéril	Progênie		Macho- estéril	Progênie
	-----g-----			-----g-----	
MS90-140	12,69	17,38	MS90-166	19,62	16,18
MS90-176	12,78	13,85	MS90-163	19,81	17,59
MS90-192	14,14	19,33	MS90-22	19,83	18,88
MS90-35	14,25	15,40	MS90-41	19,86	14,09
MS90-182	16,19	17,26	MS90-215	19,91	15,20
MS90-207	16,86	19,46	MS90-69	20,00	17,45
MS90-153	19,10	19,36	MS90-91	20,02	17,84
MS90-111	17,62	14,25	MS90-88	20,14	15,69
MS90-187	17,75	19,02	MS90-156	20,16	18,59
MS90-180	18,00	19,31	MS90-155	20,29	17,21
MS90-109	18,14	16,97	MS90-115	20,43	15,32
MS90-179	18,38	18,35	MS90-48	20,45	16,34
MS90-137	18,49	18,02	MS90-14	20,48	17,76
MS90-134	18,66	19,24	MS90-85	20,50	19,00
MS90-171	21,07	16,65	MS90-47	20,55	17,00
MS90-195	18,93	16,47	MS90-102	20,58	17,88
MS90-147	18,95	19,89	MS90-181	20,69	17,22
MS90-204	19,09	16,96	MS90-24	20,71	17,29
MS90-174	19,14	15,93	MS90-211	20,74	15,14
MS90-190	19,18	15,83	MS90-34	20,96	17,17
MS90-1	19,22	14,36	MS90-71	20,99	15,72
MS90-40	19,24	16,40	MS90-33	21,07	17,47
MS90-200	19,24	16,02	MS90-138	21,09	16,21
MS90-29	19,36	17,92	MS90-170	21,10	19,45
MS90-6	19,41	15,18	MS90-162	21,09	15,13
média				19,14	17,03
CV%					18,00

Tabela 10. Coeficientes lineares e de herdabilidade determinados através da regressão entre a planta machoestéril e sua respectiva progênie para tamanho de semente. Campinas, 1989 a 1990

Seleção	Número de progênes	Coeficientes			
		b	b'	h ²	h ² '
-----%-----					
1º ciclo maior peso	30	0,024±0,125	0,036±0,189	4,74	7,17
2º ciclo maior peso	30	0,565±0,214	0,446±0,169	112,97	89,23
1º ciclo menor peso	30	0,725±0,243	0,492±0,165	145,07	98,35
2º ciclo menor peso	50	-0,004±0,112	-0,005±0,144	-	-
TOTAL	140	0,221±0,022	0,246±0,022	44,26	49,15

b : coeficiente de regressão linear;

b' : coeficiente de regressão linear estandardizado;

h^2 : herdabilidade calculada pela regressão linear;

$h^{2'}$: herdabilidade calculada pela regressão estandardizada.

Tabela 11. Análises da variância para o peso de cem sementes (g) em progênies de meios irmãos. Campinas 1989

a) Primeiro ciclo de seleção para maior peso:

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	E(QM)	F	
Entre progênie de meios irmãos	29	328,10	11,31	7,6	$\sigma^2_p + \sigma^2_d$	1,31
Dentro de progênies de meios irmãos	198	1715,57	8,66		σ^2_d	
Total	226	2043,67				

CV% = 15,01

média = 19,61 $\pm$ 2,94

b) Primeiro ciclo de seleção para menor peso:

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	E(QM)	F	
Entre progênie de meios irmãos	29	773,04	26,66	8,4	$\sigma^2_p + \sigma^2_d$	3,64
Dentro de progênies de meios irmãos	222	1627,93	7,33		σ^2_d	
Total	251	2400,97				

CV% = 14,82

média = 18,27 $\pm$ 2,71

Tabela 12. Análise da variância para o peso de cem semente (g) em progênies de meios irmãos. Campinas 1990

a) Segundo ciclo de seleção para maior peso:

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	E(QM)		F
Entre progênie de meios irmãos	29	374,45	12,91	9,5	$\sigma^2_p + \sigma^2_d$	1,72
Dentro de progênies de meios irmãos	255	1908,89	7,49		σ^2_d	
Total	284	2283,34				

CV% = 13,73

média = 19,93 $\pm$ 2,74

b) Segundo ciclo de seleção para menor peso:

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	E(QM)			F
Entre progênie de meios irmãos	49	623,61	12,73	5,14	σ^2_p	σ^2_d	1,34
Dentro de progênies de meios-irmãos	207	1962,36	9,48			σ^2_d	
Total	256	2585,97					

CV% = 13,73

média = 17,11 $\pm$ 3,08

Tabela 13. Coeficientes de herdabilidade determinados através da análise da variância com dados tomados em plantas individuais de progênies de meios irmãos em dois ciclos de seleção para tamanho de semente. Campinas, 1989 a 1990

Seleção	Número de progênies	Número médio de plantas por progênie	Coeficientes	
			h^2	h_m^2
1º ciclo maior peso	30	7,6	0,15	0,23
2º ciclo maior peso	30	9,5	0,28	0,42
1º ciclo menor peso	30	8,4	0,96	0,72
2º ciclo menor peso	50	5,14	0,25	0,26

h^2 : seleção entre as plantas férteis;

h_m^2 : seleção entre médias de progênies.

Tabela 14. Análise da variância conjunta para o peso de cem sementes (PCS em gramas) dos quatro ciclos de seleção testados em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2, 1991/92.

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Blocos/Locais	20	123,90	6,20	1,59ns
Locais	3	170,04	56,68	14,53**
Ciclos	3	1634,36	544,79	139,64**
Regressão linear	1	1599,03	1599,03	409,85**
Regressão quadr.	1	30,51	30,51	7,82**
Regressão cúbica	1	4,82	4,82	1,24ns
Resíduo (A)	69	269,20	3,90	
Locais X Ciclos	9	28,18	3,13	0,78ns
Erro médio	60	241,02	4,02	
Sub-total	95	2197,51		
Erro dentro	672	123,59	0,18	
Total	767	2321,10		
CV % médio = 14,65				
CV % dentro = 3,14				
CV % (A) = 14,44				
Média geral = 13,68				

Tabela 15. Regressão polinomial para os quatro ciclos de seleção para peso de cem sementes (PCS em gramas) testados em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2, 1991/92

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Locais				
Ribeirão Preto				
Ciclos	3	499,22	149,74	63,63**
Regressão linear	1	440,31	440,31	187,10**
Regressão quadr.	1	7,39	7,39	3,14ns
Regressão cúbica	1	1,52	1,52	0,64ns
Resíduo	15	35,30	2,35	
Mococa				
Ciclos	3	419,34	139,78	53,78**
Regressão linear	1	410,40	410,40	157,90**
Regressão quadr.	1	0,55	0,55	0,21ns
Regressão cúbica	1	8,39	8,39	3,23ns
Resíduo	15	39,99	2,60	
Campinas-1				
Ciclos	3	302,18	100,73	12,54**
Regressão linear	1	288,69	288,69	35,94**
Regressão quadr.	1	12,01	12,01	1,49ns
Regressão cúbica	1	1,48	1,48	0,18ns
Resíduo	15	120,48	8,03	
Campinas-2				
Ciclos	3	495,21	165,07	53,08**
Regressão linear	1	476,62	476,62	153,27**
Regressão quadr.	1	17,60	17,60	5,66*
Regressão cúbica	1	1,00	1,00	0,32ns
Resíduo	15	46,65	3,11	

Tabela 16. Análise da variância conjunta para o peso de cem sementes (PCS em gramas) dos quatro ciclos de seleção testados em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2. 1991/92. Dados tomados em dez plantas férteis de soja por parcela.

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Blocos/Locais	20	200,11	10,01	1,09ns
Locais	3	220,52	73,51	7,98**
Ciclos	3	3098,67	1032,89	112,13**
Regressão linear	1	2985,19	2985,19	324,08**
Regressão quadr.	1	13,79	13,79	1,50ns
Regressão cúbica	1	99,70	99,70	10,82**
Resíduo (A)	69	635,57	9,21	
Locais X Ciclos	9	73,21	8,13	0,87ns
Erro médio	60	562,36	9,37	
Sub-total	95	4154,88		
Erro dentro	864	4172,02	4,83	
Total	959	8326,90		

CV % (A) = 21,96

CV % médio = 22,15

CV % dentro = 15,90

Média geral = 13,82

Tabela 17. Regressão polinomial para os quatro ciclos de seleção para peso de cem sementes (PCS em gramas) testados em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2, 1991/92. Dados tomados em dez plantas férteis de soja por parcela

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Locais				
Ribeirão Preto				
Ciclos	3	728,51	242,84	28,07**
Regressão linear	1	684,91	684,91	79,17**
Regressão quadr.	1	16,84	16,84	1,95ns
Regressão cúbica	1	26,76	26,76	3,09ns
Resíduo	15	129,76	8,65	
Mococa				
Ciclos	3	1052,91	350,97	35,88**
Regressão linear	1	983,53	683,53	100,55**
Regressão quadr.	1	1,01	1,01	0,10ns
Regressão cúbica	1	68,37	68,37	6,99*
Resíduo	15	146,73	9,78	
Campinas-1				
Ciclos	3	497,65	165,88	9,76**
Regressão linear	1	415,64	415,64	24,46**
Regressão quadr.	1	2,58	2,58	0,15ns
Regressão cúbica	1	79,43	79,43	4,68*
Resíduo	15	254,86	16,99	
Campinas-2				
Ciclos	3	956,00	318,67	30,21**
Regressão linear	1	946,17	946,17	89,69**
Regressão quadr.	1	3,44	3,44	0,33ns
Regressão cúbica	1	6,39	6,39	0,61ns
Resíduo	15	158,24	10,55	

Tabela 18. Análise da variância conjunta para o peso de cem sementes (PCS em gramas) dos quatro ciclos de seleção em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2, 1991/92. Dados tomados em dez plantas machoestéreis de soja por parcela.

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Blocos/Locais	20	603,81	30,19	0,99ns
Locais	3	676,26	225,42	3,45ns
Ciclos	3	5765,60	1921,87	29,39**
Regressão linear	1	5341,08	5341,08	81,68**
Regressão quadr.	1	6,85	6,85	0,10ns
Regressão cúbica	1	417,67	417,67	6,38*
Interação (LXC)	9	588,49	65,39	2,15*
Resíduo médio	60	1823,26	30,39	
Sub-total	95	9457,42		
Erro dentro	864	14398,27	16,67	
Total	959	23855,70		
CV % médio	= 24,00			
CV % dentro	= 17,77			
Média geral	= 22,97g/100 sementes			

Tabela 19. Regressão polinomial para os quatro ciclos de seleção em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2. 1991/92. Dados tomados em dez plantas machoestéreis de soja por parcela.

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Locais				
Ribeirão Preto				
Ciclos	3	1245,36	415,12	12,16**
Regressão linear	1	987,63	987,63	28,94**
Regressão quadr.	1	70,60	70,60	2,07ns
Regressão cúbica	1	187,13	187,13	5,48*
Resíduo	15	511,99	35,13	
Mococa				
Ciclos	3	1825,91	608,64	20,81**
Regressão linear	1	1390,07	1390,07	47,53**
Regressão quadr.	1	11,60	11,60	0,40ns
Regressão cúbica	1	424,24	424,24	14,51**
Resíduo	15	438,66	29,24	
Campinas-1				
Ciclos	3	1483,54	494,51	10,92**
Regressão linear	1	1307,79	1307,79	28,87**
Regressão quadr.	1	168,36	168,36	3,72ns
Regressão cúbica	1	7,39	7,39	0,16ns
Resíduo	15	679,52	45,30	
Campinas-2				
Ciclos	3	1799,30	599,77	46,59**
Regressão linear	1	1705,02	1705,01	132,45**
Regressão quadr.	1	7,52	7,52	0,58ns
Regressão cúbica	1	86,76	86,76	6,74*
Resíduo	15	193,09	12,87	

Tabela 20. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F) para sete caracteres de quatro ciclos de seleção para maior e menor tamanho de semente.

Caracteres	Caracteres						
	PPI	NSP	NIM	NVP	APM	PCS	NSV
PPI		0,92**	0,34**	0,89**	0,18**	0,26**	0,00ns
NSP			0,36**	0,96**	0,18**	-0,05ns	0,02ns
NIM				0,37**	0,61**	-0,04ns	-0,04ns
NVP					0,21**	-0,04ns	-0,18**
APM						0,05ns	-0,11**
PCS							-0,07*

ns : não significativo; * $p < 0,05$ e ** $p > 0,01$.

Tabela 21. Análise da variância conjunta para produtividade (Kg/ha) dos quatro ciclos de seleção testados em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2, 1991/92.

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Blocos/Locais	20	3274476,56	163723,83	0,88ns
Locais	3	3368446,09	1122815,37	6,42*
Ciclos	3	1470305,47	490101,82	2,80ns
Interação (LXC)	9	1573866,93	174874,10	0,95ns
Resíduo médio	60	11061908,85	184365,15	
Total	95	20749003,91		
CV % médio	= 22,74			
Média geral	= 1888 Kg/ha			

Tabela 22. Análise da variância para quatro ciclos de seleção testados em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2. Número de plantas por parcela, com dados transformados em raiz quadrada ($x+0,5$). 1991/92.

	Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Locais					
Ribeirão Preto					
	Ciclos	3	0,2976	0,0992	0,23ns
	Blocos	5	2,4816	0,4963	1,15ns
	Resíduo	15	6,4777	0,4318	
Mococa					
	Ciclos	3	5,9878	1,9959	2,37ns
	Blocos	5	4,0290	0,8057	0,96ns
	Resíduo	15	12,6186	0,8412	
Campinas-1					
	Ciclos	3	10,8936	3,6312	3,08ns
	Blocos	5	10,9088	2,1818	1,85ns
	Resíduo	15	17,6625	1,1775	
Campinas-2					
	Ciclos	3	2,7591	0,9197	0,07ns
	Blocos	5	5,2222	3,2661	0,03ns
	Resíduo	15	4,7967	0,3198	

Tabela 23. Análise da variância conjunta para a produtividade (gramas/planta) de quatro ciclos de seleção em Ribeirão Preto, Mococa, Campinas-1 e Campinas-2. Dados tomados nas parcelas. 1991/92

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	F
Blocos/Locais	20	162,21	8,11	1,09ns
Locais	3	831,02	277,01	25,70**
Ciclos	3	139,37	46,46	4,31*
Regressão linear	1	135,70	135,70	12,59**
Regressão quadr.	1	0,15	0,15	0,01ns
Regressão cúbica	1	3,52	3,52	0,33ns
Interação (LXC)	9	97,02	10,78	1,45ns
Resíduo médio	60	445,32	7,42	
Total	95	1674,95		
CV % médio	= 27,72			
Média geral	= 9,83 g/planta.			

Tabela 24. Porcentagem de óleo em plantas machoestéreis e em suas progênie. População de soja selecionada para maior teor de óleo. Campinas 1991

	Planta machoestéril	Progênie	
	----- % de óleo -----		
MS91-208	20,89	22,95	a
MS91-196	20,93	22,45	b
MS91-140	22,21	22,43	b
MS91-81	21,19	22,06	bc
MS91-129	21,12	22,05	bc
MS91-174	20,70	22,01	bc
MS91-158	20,90	21,85	cd
MS91-142	21,09	21,73	cde
MS91-33	21,41	21,72	cde
MS91-24	20,44	21,71	cde
MS91-15	20,93	21,70	cde
MS91-55	21,47	21,66	cde
MS91-227	21,61	21,63	cde
MS91-141	21,50	21,63	cde
MS91-132	21,81	21,58	cde
MS91-147	20,35	21,36	def
MS91-106	21,45	21,33	def
MS91-154	21,09	21,27	ef
MS91-100	20,26	21,26	ef
MS91-148	19,40	21,17	efg
MS91-210	21,03	21,00	fgh
MS91-162	21,81	20,95	fghi
MS91-169	21,90	20,91	fghi
MS91-242	21,41	20,70	ghij
MS91-167	20,13	20,46	hij
MS91-160	20,90	20,45	hij
MS91-23	19,78	20,44	hij
MS91-1	21,28	20,40	ij
MS91-18	21,16	20,38	ij
MS91-124	17,69	20,36	j

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, ao nível de 5%.

Média	20,93	21,39
CV%		3,85

Tabela 25. Porcentagem de óleo em plantas machoestéreis e em suas progênie. População de soja selecionada para menor teor de óleo. Campinas 1991

	Planta machoestéril	média da progênie
	----- % de óleo-----	
MS91-187	19,00	22,28 a
MS91-74	18,00	21,92 a
MS91-135	18,51	21,91 ab
MS91-234	18,45	21,85 ab
MS91-28	19,03	21,80 ab
MS91-22	18,68	21,70 abc
MS91-232	19,00	21,52 abc
MS91-221	18,87	21,46 abc
MS91-72	15,96	21,41 abcd
MS91-237	18,71	21,27 abcde
MS91-43	18,56	21,04 abcdef
MS91-228	18,97	20,95 bcdef
MS91-213	18,00	20,92 bcdef
MS91-110	17,30	20,85 cdef
MS91-120	18,87	20,68 cdefg
MS91-236	17,90	20,65 cdefg
MS91-248	18,97	20,64 cdefg
MS91-42	19,03	20,61 cdefg
MS91-238	17,96	20,60 cdefg
MS91-156	19,03	20,56 cdefg
MS91-73	17,91	20,51 defg
MS91-190	18,89	20,50 defg
MS91-54	18,26	20,48 defg
MS91-161	18,13	20,45 efg
MS91-171	18,87	20,40 efg
MS91-83	18,16	20,04 fgh
MS91-235	16,87	19,77 gh
MS91-245	18,35	19,32 hi
MS91-185	17,49	19,09 hi
MS91-244	18,74	18,77 i

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, ao nível de 5%.

média	18,35	20,80
CV%		6,61

Tabela 26. Análise da variância para porcentagem de óleo em progênies de meios irmãos. Campinas 1991.

a) Primeiro ciclo de seleção para maior teor.

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M	E(QM)	F	
Entre progênie de meios irmãos	29	141,71	4,89	8,73	$\sigma^2_p + \sigma^2_d$	7,17
Dentro de progênies de meios irmãos	232	158,02	0,68		σ^2_d	
Total	261	299,73				

CV% = 3,85
média = 21,44

b) Primeiro ciclo de seleção para menor teor.

Fontes de Variação	GL	SQ	Q.M		E(QM)	F
Entre progênie de meios irmãos	29	173,65	5,99	8,2	$\sigma^2_p + \sigma^2_d$	3,18
Dentro de progênies de meios irmãos	216	407,28	1,89		σ^2_d	
Total	245	580,94				

CV% = 6,61
média = 20,79

Tabela 27. Coeficientes de herdabilidade determinados através da análise da variância com dados tomados em plantas individuais de progênies de meios irmãos em um ciclo de seleção para porcentagem de óleo. Campinas 1991

		Número de progênes	Número médio de plantas por progênie	Coeficientes	
				h^2	h^2_m
1º ciclo maior teor	30		8,73		0,86
1º ciclo menor peso	30		8,20	0,84	0,69

h^2 : seleção entre plantas plantas férteis;

h^2_m : seleção entre médias de progênies.

Tabela 28. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F) para sete caracteres em progênies de meios-irmão na seleção para maior teor de óleo. Campinas 1991

Caracteres	Caracteres						
	NSP	PPI	NVP	NIM	OLEO	PCS	NSV
NSP		0,91**	0,89**	0,68**	0,40**	-0,16*	0,43**
PPI			0,89**	0,67**	0,32**	0,20**	0,26**
NVP				0,69**	0,26**	0,03ns	0,00ns
NIM					0,20**	-0,02ns	0,15*
OLEO						-0,24**	0,35**
PCS							-0,39**

ns - não significativo; * $p < 0,05$ e ** $p > 0,01$.

Tabela 29. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F) para sete caracteres em progênies de meios irmãos na seleção para menor teor de óleo. Campinas 1991

Caracteres	Caracteres						
	NSP	PPI	NVP	NIM	% ÓLEO	PCS	NSV
NSP		0,87**	0,90**	0,69**	0,65**	-0,42**	0,57**
PPI			0,87**	0,58**	0,61**	-0,01ns	0,35**
NVP				0,70**	0,56**	-0,30**	0,17**
NIM					0,44**	-0,43**	0,24**
% ÓLEO						-0,29**	0,46**
PCS							-0,41**

ns - não significativo; * $p < 0,05$ e ** $p > 0,01$.

Figura 1. Produção de soja no Estado de São Paulo, período de 1945 a 1992

Figura 2. Aspecto na maturação: a esquerda planta fértil, a direita planta machoestéril.

Figura 3. Curvas representativas da população original de plantas machoestéreis para o peso de cem sementes (PCS, em gramas). Campinas 1989.

Figura 4. Curvas representativas do número de indivíduos machoestéreis na população em função da seleção para maior peso de semente. Campinas 1990.

Figura 5. Curvas representativas do número de indivíduos machoestéreis na população em função da seleção para menor tamanho de semente. Campinas 1990.

Figura 6. Curvas normais representativas das populações machoestéreis após um ciclo de seleção divergente em comparação com a população original. Campinas 1990.

Figura 7. Regressões linear e quadrática do peso de cem sementes em função de quatros ciclos de seleção: dois para aumentar e dois para diminuir o tamanho de semente. 1991/92

Figura 8. Regressões linear e cúbica do peso de cem sementes em função de quatros ciclos de seleção: dois para aumentar e dois para diminuir o tamanho de semente. Dados tomados em dez plantas férteis de soja por parcela. 1991/92

Figura 9. Regressões linear e cúbica do peso de cem sementes em função de quatro ciclos de seleção: dois para aumentar e dois para diminuir o tamanho de semente. Dados tomados em dez plantas machoestéreis de soja por parcela. 1991/92

Figura 10. Regressão linear da produtividade de grãos em função de quatros ciclos de seleção: dois para aumentar e dois para diminuir o tamanho de semente. 1991/92

Figura 11. Curvas de distribuição da porcentagem de plantas machoestéreis (N = 247) em função da porcentagem de óleo nas sementes. Campinas 1991.