

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

**Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja**

**Fabiana Freitas Moreira**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração:  
Genética e Melhoramento de Plantas

**Piracicaba  
2015**

Fabiana Freitas Moreira  
Bacharel em Ciências Biológicas

**Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja**

Orientador:  
Prof. Dr. **JOSÉ BALDIN PINHEIRO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração:  
Genética e Melhoramento de Plantas

Piracicaba  
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Moreira, Fabiana Freitas

Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja / Fabiana Freitas  
Moreira. - - Piracicaba, 2015.  
60 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Glycine max* 2. *Euschistus heros* 3. *Piezodorus guildinii* 4. *Nezara viridula*  
5. Resistência a insetos I. Título

CDD 633.34  
M838r

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

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Fábio e Maria Angela, e irmãos pelo incentivo e apoio incondicional.

À Universidade de São Paulo, especialmente a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador, o professor Dr. José Baldin Pinheiro, por me acolher em seu laboratório, me orientar e incentivar durante esses dois anos e por confiar a mim a realização desse trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Genética da ESALQ/USP pelos ensinamentos e auxílio em campo.

A todos meus amigos de Piracicaba e aos que estão distantes pela amizade em todas as horas e por fazerem essa jornada mais agradável.

Aos colegas de laboratório, sem os quais o trabalho não teria sucesso. De uma forma especial agradeço ao grupo soja: Fabiani, Mônica, Kênia, Felipe, Matheus, Caio e Sabrina.

A todos que, diretamente ou indiretamente, tiveram alguma participação nesse trabalho e em minha formação o meu muito obrigada.



## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	9
1 INTRODUÇÃO .....	11
Referências .....	17
2 DESEMPENHO AGRONÔMICO DE LINHAGENS DE SOJA COM ALELOS DE RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS .....	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
2.1 Introdução .....	24
2.2 Material e Métodos.....	26
2.2.1 Experimentos .....	26
2.2.3 Fenotipagem .....	26
2.2.4 Análise dos dados .....	27
2.3 Resultados e Discussão .....	29
2.3.1 Parâmetros Genéticos.....	29
2.3.2 Correlação entre os caracteres .....	31
2.3.3 Ganho de Seleção.....	33
2.4 Conclusões.....	37
Referências .....	37
3 CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE SOJA PARA RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS.....	41
Resumo.....	41
Abstract.....	42
3.1 Introdução .....	42
3.2 Material e Métodos.....	44
3.2.1 Experimento .....	44
3.2.2 Fenotipagem .....	45
3.2.3 Análise dos dados .....	46
3.3 Resultados e Discussão .....	48
3.3.1 Flutuação populacional dos percevejos .....	48
3.3.2 Parâmetros Genéticos.....	49
3.3.3 Seleção .....	52
3.4 Conclusões.....	56
Referências .....	57



## RESUMO

### Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja

Programas de melhoramento genético são fundamentais para suprir à crescente demanda por maiores rendimentos. Contudo, existem alguns fatores restritivos à produtividade, como a incidência de insetos-praga e doenças. Dentre os insetos que atacam a cultura da soja, os percevejos são considerados pragas-chave, pois se alimentam diretamente da parte reprodutiva das plantas, danificando vagens e sementes. A seleção para resistência a percevejos pode levar a redução da produtividade, na ausência dessas pragas. Dessa forma o objetivo geral desse trabalho foi avaliar linhagens elite de soja em duas safras (2013/2014 e 2014/2015), sendo a primeira com controle dos percevejos e a outra sob ataque natural desses insetos. Na safra de 2013/2014 foram avaliadas 295 linhagens de soja, previamente selecionadas para resistência ao complexo de percevejos, e nove testemunhas (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD-215 e BMX Potência) em dois ambientes. Os caracteres avaliados foram: número de dias para a maturidade (NDM); período de granação (PEG); valor agrônômico (VA); acamamento (AC); produtividade de grãos (PG); peso de cem sementes (PCS). Foram calculados os componentes de variância e valor genotípicos pelo método REML/BLUP, herdabilidade e correlação genotípica. A seleção dos genótipos foi baseada no caráter PG, sendo considerado para seleção valores acima de 3000 kg.ha<sup>-1</sup>. A herdabilidade entre os caracteres avaliados variou de 0,084 (PEG) a 0,854 (PCS). Sete correlações apresentaram significância ( $P < 0,05$ ) pelo Teste t, sendo que para PG apenas as correlações com VA e AC foram significativas. A seleção baseada na PG foi satisfatória para gerar ganho para todas as características avaliadas, sendo que alguns genótipos tiveram valor genotípico favorável ou contrário ao ganho de seleção estimado. Na safra de 2014/2015, as mesmas linhagens e testemunhas foram avaliadas sob infestação natural de percevejos. Os caracteres avaliados foram número de dias para a maturidade (NDM); altura da planta na maturidade (APM); acamamento (AC); valor agrônômico (VA); produtividade de grãos (PG); período de granação (PEG); peso de cem sementes (PCS); retenção foliar (RF); e peso de sementes boas (PSB). As análises foram semelhantes à da safra anterior, com exceção que seleção foi baseada na característica PSB, visando a obtenção de genótipos superiores, considerando resistência ao complexo de percevejos e alto rendimento. A população de percevejos foi avaliada pelo método pano de batida, sendo que houve aumento dos mesmo durante o período de granação, chegando a um nível superior ao patamar para danos econômicos. A variância genotípica teve maior magnitude que a variância residual para VA, PSB e PCS, indicando alta variabilidade genética para essas características. As herdabilidades observadas foram de intermediária a alta, variando de 0,553 (APM) a 0,838 (PSC). A maioria das correlações foram significativas pelo teste de t ( $P < 0,05$ ). A maior correlação positiva encontrada foi entre PSB e PG (0,765), enquanto que a negativa foi entre VA e RF (-0,835). PSB teve correlações significativas com todas as outras características e foi eficiente para selecionar genótipos com alto rendimento, boas características agrônômicas e resistentes ao complexo de percevejos.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Euschistus heros*; *Piezodorus guildinii*; *Nezara viridula*;

Resistência a insetos





## ABSTRACT

### Stinkbug complex resistance in elite soybean lines

Breeding programs are essential to meet the growing demand for high yield crops. However, there are some factors that can preclude production increase such as pests and diseases incidence. Among these pests, stinkbugs are considered a major issue and may hamper soybean farming due its feeding behavior, spoiling the reproductive parts of the plants (e.g. pods and seeds). Selection for resistance to stink bugs may reduce productivity when these insects are absent. Thus the aim of this study was to evaluate soybean lines in two seasons (2013/2014 and 2014/2015), the first controlling the stinkbug's population and the other under natural attack of these insects. In the 2013/2014 season 295 soybean lines, previously selected for resistance to stinkbugs complex and nine commercial cultivars (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD-215 e BMX Potência) were evaluated in both environments. The evaluated traits were: number of days to maturity (NDM); graining period (PEG); agronomic value (VA); lodging (AC); grain yield (PG); one hundred seeds weight (PCS). The variance components and genotypic value were estimated by REML / BLUP method, heritability and genetic correlations were calculated. The selection of genotypes was based on PG, being considered for selection values above 3000 kg ha<sup>-1</sup>. The heritability of the traits ranged from 0.084 (PEG) to 0.854 (PCS). Seven correlations were significant (P <0.05) by t test, and for PG only correlations with VA and AC were significant. Selection based on PG was satisfactory to generate gains for all traits evaluated, and some genotypes had genotypic values favorable or contrary to gain selection. In the 2014/2015 season, the same lines and commercial cultivars were evaluated under natural infestation of stinkbugs. The characters evaluated were number of days to maturity (NDM); plant height at maturity (APM); lodging (AC); agronomic value (VA); grain yield (PG); graining period (PEG); one hundred seeds weight (PCS); leaf retention (RF); and good seed weight (PSB). The analyzes were similar to the previous season, except that selection was based on the PSB in order to obtain superior genotypes, considering resistance to complex bugs and high yield. The population of stinkbugs was controlled by beating cloth method, and the population increased during the graining period, reaching a level higher than the level for economic losses. The genotypic variance was higher than the residual variance for VA, PSB and PCS, suggesting high genetic variability for these traits. The heritability observed were intermediate to high, ranging from 0.553 (APM) to 0.838 (PSC). Most of the correlations were significant by t test (P <0.05). The highest positive correlation was found between PSB and PG (0.765), while the negative was between VA and RF (-0.835). PSB had significant correlations with all other features and was efficient to select genotypes with high yield, good agronomic characteristics and better resistance to the stinkbugs incidence.

Keywords: *Glycine max*; *Euschistus heros*; *Piezodorus guildinii*; *Nezara viridula*;

Insect resistance



## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma espécie da família Fabaceae que tem origem na China, onde vem sendo cultivada por mais de 5 mil anos, ganhando importância no ocidente a partir do século XX (SILVA, 2008; HYMOWITZ; SINGH, 1987). Além do grão de soja, os subprodutos como farelo, óleo bruto e refinado, tem grande participação no comércio mundial, sendo muito utilizados em diversos setores da agroindústria, indústria de alimentos e química (SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO - SEAB, 2012; WOJCIECHOWSKI et al., 2006). Nutricionalmente é muito importante por fornecer grandes quantidades de proteínas, carboidratos, fibras, minerais e vitaminas do complexo B. Além disso, a soja é considerada um alimento funcional, pois fornece nutrientes que apresentam efeitos positivos para a saúde (PENHA et al., 2007).

No Brasil, a soja começou a exercer papel importante no setor agrícola somente em meados dos anos 70, devido, principalmente, ao aumento na demanda mundial pelo produto e ao incremento de novas tecnologias no processo de produção, proporcionando o aumento da produtividade dos cultivos. A partir de então, a soja passou a ter grande relevância para o agronegócio brasileiro, levando o País a ganhar destaque no cenário mundial (MISSÃO, 2006).

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2015), a produção mundial de soja no ano 2014/15 foi de 318,25 milhões de toneladas, representando um acréscimo de 11% em relação à safra anterior. As projeções indicam que os Estados Unidos produziram cerca de 108 milhões de toneladas, seguido pelo Brasil (96 milhões de toneladas) e pela Argentina (56 milhões de toneladas), figurando em 34, 30 e 17,8% da produção mundial, respectivamente.

A soja representa cerca de 47% do total da produção de grãos no Brasil, sendo a cultura de maior importância no território nacional e vem aumentando consideravelmente nos últimos anos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015). De 2005 a 2013 a produção subiu de 51,12 para 94,5 milhões de toneladas, um acréscimo de 82% (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION - FAOSTAT, 2015; CONAB, 2015). O estado que mais produz soja é o Mato Grosso com aproximadamente 29% do total, seguido do Paraná (18%) e do Rio Grande do Sul

(15%) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2015). De acordo com a CONAB (2015), na safra 2014/15 a área cultivada com soja no Brasil foi de 31.902,4 mil hectares (ha), o que corresponde a um crescimento de 11,5% em relação à safra anterior, e a produção estimada de 96.044,5 mil toneladas, o que representa um incremento de 4,8% em relação à safra passada. Com isso, a produtividade média nacional é de 3.011 kg ha<sup>-1</sup>. A soja é o alicerce do agronegócio brasileiro, sendo o produto nacional mais exportado, com 46,22 milhões de toneladas em 2015, correspondendo um montante de US\$23,27 bilhões (CONAB, 2015). Além disso, estudos comprovam que, em regiões onde a soja é produzida em grande escala, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios tem valores acima da média nacional (VERNETTI; VERNETTI-JUNIOR, 2009).

Contudo, o monocultivo da soja em extensas áreas tem como consequência o aumento da vulnerabilidade da cultura a patógenos e insetos-praga, causando danos crescentes à produção (BOERMA; WALKER, 2005). Dentre os insetos da cultura, os que causam maiores prejuízos econômicos são os três percevejos pentatomídeos fitófagos, *Euschistus heros* (Fabricius), *Nezara viridula* (Linnaeus) e *Piezodorus guildinii* (Westwood), que compõem o chamado “complexo de percevejos” da soja (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

*E. heros* (Fabricius) ou percevejo marrom é natural da Região Neotropical, sendo mais bem adaptado às regiões mais quentes. No Brasil é predominante do norte do Paraná ao Centro Oeste brasileiro e ataca a soja entre novembro e abril (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009). No restante dos meses do ano, o percevejo marrom entra em estágio de dormência e permanece sob folhas mortas no solo, escapando do ataque de predadores, o que acarreta em maior sobrevivência e abundância até a safra seguinte (PANIZZI; NILVA, 1994).

O percevejo verde, *N. viridula*, é originário do norte da África e é melhor adaptado às regiões mais frias do Brasil, porém está expandindo sua distribuição para regiões tropicais. Ao contrário do percevejo marrom, fica em atividade o ano todo, usando outras plantas como hospedeiras na entressafra da soja (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009).

*P. guildinii* (Westwood), também chamado de percevejo verde pequeno, é oriundo da Região Neotropical e é abundante em todo território brasileiro (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009). Assim como o percevejo verde, não entra em estágio de dormência e utiliza outras plantas como hospedeiras na ausência

da planta de soja. Atualmente, é considerado o mais prejudicial, uma vez que causa os maiores danos à qualidade dos grãos e maior retenção foliar (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

O período de colonização dos percevejos na soja se inicia na fase de prefloração ou floração (R1 a R2) e sua população tende a crescer até o final do período de granação (R6), quando atinge o pico populacional máximo. Após esta fase tendem a abandonar a cultura, processo que se intensifica a medida que as plantas vão senescendo (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). O período crítico é delimitado entre o início de R5 (enchimento dos grãos) e R6, quando a soja é mais suscetível ao ataque, visto que os percevejos se alimentam dos grãos (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999). Segundo Corrêa-Ferreira; Krzyzanowski; Minami (2009) é no estágio R5 que as sementes apresentam maior intensidade de danos, comparando com os outros estádios de infestação. E, mesmo que os percevejos adultos sejam os mais visíveis nas plantas, as ninfas podem ter uma participação nos danos semelhante ou até maior que os adultos (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009).

Apesar das várias espécies de percevejos ocasionarem prejuízos diferenciados à soja (CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002), de forma geral causam danos desde a formação de vagens até o desenvolvimento completo das sementes, afetando seriamente o rendimento e a qualidade fisiológica e sanitária dos grãos de soja (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009).

O alto nível de danos causados por esses pentatomídeos fitófagos está relacionado com seu comportamento alimentar, a morfologia de partes da boca e as enzimas salivares (SILVA et al., 2012). Os percevejos alimentam-se por meio da inserção dos estiletos nas vagens, onde injetam a saliva contendo enzimas digestivas e sugam o conteúdo liquefeito (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). Esse processo causa deformação do grão; aparecimento de manchas escuras e áreas esbranquiçadas; reduções significativas no rendimento e qualidade fisiológica (viabilidade e vigor) das sementes; aumento dos níveis de proteína em detrimento da diminuição nos teores de óleo (PANIZZI et al., 1979; VILLAS-BÔAS et al., 1990; MINER, 1966; GAZZONI, 1998). Ademais, pode ocasionar queda de vagens, a qual impede a formação dos hormônios de senescência, atrasando a maturidade da planta, o que resulta em retenção foliar e hastes verdes (SOSA-GOMEZ; MOSCARDI, 1995). Também podem transmitir patógenos, como a levedura *Eremothecium coryli* (antes denominada

*Nematospora coryli* Peglion), causadora da mancha-fermento, que leva a deterioração das sementes (CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002).

Além disso, estudos mostram que as lesões causadas pela alimentação dos percevejos modificam a incidência de micro-organismos presentes nas sementes (RUSSIN et al., 1988; SINCLAIR, 1982). Essa alteração pode ser devido a mudanças na qualidade nutricional de sementes ou às rupturas físicas causadas pela inserção do estilete do inseto (TODD; TURNIPSEED, 1974; RUSSIN et al., 1988). Como consequência, as sementes com dano por percevejo apresentam maior incidência de *Fusarium* spp., algumas bactérias e aumento da colonização por alguns microrganismos que aceleram o processo de fermentação durante o beneficiamento e armazenamento, o que afeta a qualidade dos grãos (RUSSIN et al., 1988; QUIRINO, 2012).

As perdas no rendimento em função da presença destes insetos-praga nas lavouras podem ser superiores a 30%, e as perdas no valor germinativo das sementes podem ser superiores a 50% (DEGRANDE e VIVAN, 2007). O acúmulo de danos leva o grão ou a semente a perderem valor de comercialização, assim compradores nacionais ou importadores podem rejeitar o produto, resultando em grandes perdas econômicas (CHYEN et al., 1992). Estima-se que em 2009 cerca de 80% da área cultivada com soja no estado do Mississippi, EUA, foi infestada com percevejos, causando perdas de 126.000 toneladas (MUSSEER et al., 2011). Já no Brasil, Guedes et al. (2012), considerando a presença de um percevejo por metro quadrado, mostrou que as perdas causadas por estes insetos podem ser da ordem de até 125 kg ha<sup>-1</sup>.

Na busca de amenizar os efeitos do complexo de percevejos nas lavouras, são utilizados controle químico e biológico, sendo que as decisões de controle são baseadas no nível da população de percevejos e na fase de desenvolvimento da cultura (CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002). As amostragens devem ser realizadas pelo método pano de batida (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2011) e o nível de controle recomendado é de dois e um percevejos por metro de fileira, para lavouras comerciais e de produção de sementes, respectivamente, levando em consideração adultos e ninfas nos terceiro, quarto e quinto instar (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009; STÜRMER et al., 2014).

Contudo, as despesas associadas com o controle químico dos percevejos são muito elevadas, o que representa aumento no custo de produção da soja. Da safra de

2009/2010 para a de 2014/2015, o uso de inseticidas aumentou de 6,04 % para 13,8% do custo de produção de soja no país (LANTMANN, 2014). Segundo Ereno (2011), cerca de seis milhões de litros de inseticidas são utilizados a cada safra apenas para o controle de percevejos no Brasil.

Além disso, o controle químico dos percevejos tem deixado a desejar nos últimos anos por questões de resistência dos percevejos aos produtos e pela queda na eficiência dos mesmos em populações suscetíveis (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009). A baixa oferta de produtos com mecanismos de ação diferentes, devido à falta de novas moléculas inseticidas, e repetidas aplicações desses produtos ao longo de várias safras têm favorecido a seleção de populações de insetos resistentes, proporcionando surtos dessas pragas em níveis elevados (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012; SOSA-GÓMEZ; CORSO; MORALES, 2001; SOSA-GÓMEZ; OMOTO, 2012). Ainda, a presença e constante expansão de culturas hospedeiras do complexo de percevejos no entorno da lavoura contribuem para a sobrevivência e a permanência dos mesmos e influenciam na densidade de percevejos no início do ciclo da soja, podendo ter influência no manejo da resistência (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009; PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012; SOSA-GÓMEZ; OMOTO, 2012).

Desta forma, muitos dos programas de manejo integrado de pragas (MIP), têm enfatizado a importância de cultivares resistentes a esses insetos-praga, como alternativa ou substituto para o controle químico (MCPHERSON et al., 2007; TURNIPSEED; KOGAN, 1976). O controle de insetos por meio de genótipos de plantas resistentes é o tipo ideal, pois oferece vantagens, tanto do ponto de vista ambiental, econômico e social. Pode-se destacar, além da diminuição do custo de produção, a grande vantagem de segurança para o produtor e consumidor; compatibilidade com as medidas de controle biológico de pragas; permite que agricultores com menor disponibilidade de capital e de equipamentos para aplicação de defensivos possam cultivar a soja; não é poluente nem causa desequilíbrios biológicos. Ainda, não apresenta problemas de transferência de tecnologia e não perde eficiência contra baixos níveis populacionais dos insetos (LOPES et al., 1997; ROSSETTO et al., 1981).

De acordo com Painter (1951), planta resistente é aquela que possui caracteres herdáveis que influenciam o grau do dano causado pelo inseto, sendo caracterizada por não sofrer perdas de rendimento ou ser menos danificada pelo



inseto do que outra planta, em igualdade de condições (PANIZZI et al., 1981). Existem três tipos de resistência: antixenose, antibiose e tolerância, que podem ocorrer isoladas ou inter-relacionadas (HESLER; THARP, 2005).

A antixenose ou não preferência é resistência verificada quando a planta é não atraída ou não preferida pelo inseto devido a fatores morfológicos ou químicos, que acarretam efeito adverso sobre o comportamento do inseto, influenciando nos processos de alimentação, oviposição e abrigo (RECTOR et al., 2000). A antibiose, por sua vez, ocorre quando o inseto usa a planta normalmente como seu hospedeiro, porém este tem efeito adverso sobre sua biologia, resultando em redução de vigor, crescimento, reprodução e sobrevivência (PANIZZI et al., 1981). Já a tolerância refere-se à capacidade da planta em suportar ou recuperar-se de danos sem prejuízos no rendimento e sem afetar a biologia ou comportamento do inseto, sendo que só pode ser determinada a campo, registrando-se a recuperação e a produção das plantas submetidas a vários níveis de ataque de insetos (SMITH, 2005; TURNIPSEED; KOGAN, 1976)

Estudos já identificaram fontes de resistência ao complexo de percevejos, como PI 229358, PI 274454, L1-1-01, IAC-19, PI 171451, PI227687, IAC-100, IAC-78-2318, PI 274453, e IAC-74-2832 (JONES; SULLIVAN, 1979; KESTER; SMITH; GILMAN, 1984; ROSSETTO et al., 1989; PINHEIRO, 1993; VEIGA et al., 1999). De maneira geral, os três mecanismos de resistência foram encontrados entre estes genótipos (JONES; SULLIVAN, 1979; KESTER; SMITH; GILMAN, 1984; ROSSETTO et al., 1981b; SILVA et al., 2013).

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) já lançou cultivares resistentes a insetos praga, como IAC-100, IAC-17, IAC-23 e IAC-24 (ROSSETTO et al., 1989; PINHEIRO, 1993; VEIGA et al., 1999; MIRANDA et al., 2001; MIRANDA; LOURENÇÃO, 2002). É importante salientar que, segundo ROSSETTO e LARA (1991), a cultivar de soja IAC-100 possui um mecanismo de pseudo-resistência, denominado diluição de dano, uma vez que a cultivar produz mais sementes por planta, diluindo o dano dos percevejos. No entanto, essas cultivares são adaptadas somente à região Sudeste (GODOI et al., 2002), e já estão obsoletas em relação ao patamar de produtividade atual, tornando-se essencial o desenvolvimento de novas cultivares.

Desta forma, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar linhagens elite de soja em duas safras (2013/2014 e 2014/2015), sendo a primeira com controle dos

percevejos e a outra sob ataque natural desses insetos, visando selecionar linhagens que agreguem resistência ao complexo de percevejos, alta produtividade e boas características agronômicas.

## Referências

- BOERMA, H.R.; WALKER, D.R. Discovery and utilization of QTLs for insect resistance in soybean. **Genetica**, Dordrecht, v. 123, n. 1-2, p. 181–189, 2005.
- CHYEN, D.; WETZSTEIN, M.E.; MCPHERSON, R.M.; GIVAN, W.D. An economic evaluation of soybean stink bug control alternatives for the southeastern United States. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Cambridge, v. 24, n. 2, 1992.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2015**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_06\\_11\\_09\\_00\\_38\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf)>. Acessado em: 7 jul. 2015
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, Malden, v. 4, p. 145–150, 2002.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, A.R. **Percevejos da Soja e seu Manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 1999. 45 p.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MINAMI, C.A. **Percevejos e a Qualidade da Semente de Soja – Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 15 p. (Embrapa Soja: Circular Técnica, 67).
- DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. Pragas da soja. In. YUYAMA, M. M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S.A. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis: Fundação MT, v.11, 2007. 274 p.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil **Sistemas de Produção Embrapa Soja 2012/ 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. n 15, p 261.
- ERENO, D. **Armadilhas biológicas: percevejo-marrom da soja pode ser monitorado com feromônio sintético desenvolvido pela Embrapa, 2011**. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=4560&bd=1&pg=1&lg>>. Acesso em: 05 fev. 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – STATISTICS DIVISION- FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/E>>. Acesso em: 9 abr. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS  
STATISTICS DIVISION- FAOSTAT. 2013. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>.  
Acessado em: Acesso em: 9 abr. 2015.

GAZZONI, D.L. Efeito de populações de percevejos na produtividade, qualidade da semente e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1229-1237, 1998.

GODOI, C.R.C.; PEREIRA, F.S.; UMENO, F.; ÁZARA, N.A.; LIMA, P.M.S.; SILVA, R.P.; OLIVEIRA, A.B.; ARAÚJO, I.M.; ZUCCHI, M.I.; PINHEIRO, J.B. Resistência a insetos em populações de soja com diferentes proporções gênicas de genitores resistentes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 1, n. 32, p. 47-55, 2002.

GUEDES, J.V.C.; ARNEMANN, J.A.; STÜRMER, G.R.; MELO, A.A.; BIGOLIN, M.; PERINI, C.R.; SARI, B.G. Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 28-34, 2012.

HESLER, L.S.; THARP, C. Antibiosis and antixenosis to *Rhopalosiphum padi* among triticale accessions. **Euphytica**, Wageningen, v. 143, p. 153-160, 2005.

HYMOWITZ, T.; SINGH, R.J. Taxonomy and Speciation. In: WILCOX, J.R. (Ed) **Soybeans: Improvement, Production and Uses**. Hardcover: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, 1987. p. 23-45.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.  
**Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201501.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201501.pdf) >. Acesso em: 9 jun. 2015.

JONES, W.A.; SULLIVAN, M.J. Soybean resistance to the southern green stink bug. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 72, n. 4, p. 628–632, 1979.

KESTER, K.M.; SMITH, C.M.; GILMAN, A.F. Mechanisms of resistance in soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) genotype PI171444 to the southern green stink bug *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 13, n. 5, p. 1208–1215, 1984.

LANTMANN, A. **Gastos com defensivos**. 2014. Disponível em : <<http://www.projetosojabrasil.com.br/artigo-gastos-com-defensivos/>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

LOPES, E.C.A.; DESTRO, D.; MONTALVÁN, R.; VENTURA, M.U.; GUERRA, E.P. Genetic gain and correlations among traits for stink bug resistance in soybeans. **Euphytica**, Wageningen, v. 97, n. 2, p. 161–166, 1997.

MCPHERSON, R.M.; BUSS, G.R.; ROBERTS, P.M. Assessing stink bug resistance in soybean breeding lines containing genes from germplasm IAC-100 assessing stink bug resistance in soybean breeding lines containing genes from germplasm IAC-100. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 100, n. 4, p. 1456–1463, 2007.

MINER, F.D. **Biology and control of stink bugs on soybeans**. Fayetteville: Arkansas Experiment Station, 1966. 40 p. (Bulletin, 708).

MIRANDA, M.A.C.; LOURENÇÃO, A.L. Melhoramento genético da soja para a resistência a insetos: uma realidade para aumentar a eficiência do controle integrado de pragas e viabilizar a soja orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-Soja, 2002. p. 52-60.

MIRANDA, M.A.C.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, F.T.S.; UNEDA, S.H.; LOURENÇÃO, A.L.; ITO, M.F. IAC-23 e IAC-24: cultivares de soja resistentes a insetos para o estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBMP, 2001. p. 12.

MISSÃO, M.R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Revista de Ciências Empresariais**, Toledo, v. 3, n. 1, p. 7-15, 2006.

MUSSER, F.R.; CATCHOT, A.L.; GIBSON, B.K.; KNIGHTEN, K.S. Economic injury levels for southern green stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in R7 growth stage soybeans. **Crop Protection**, Guildford, v. 30, n. 1, p. 63–69, 2011.

PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants**. New York: Macmillan, 1951. 520p.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A.; SILVA, F. A.C. Insetos que Atacam Vagens e Grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Eds.). **Soja-Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-praga..** Brasília: Embrapa, 2012. p. 335–420.

PANIZZI, A.R.; NILVA, C.C. Overwintering strategy of the brown stink bug in northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 509–511, 1994.

PANIZZI, A.R.; SMITH, J.G.; PEREIRA, L.A.G.; YAMASHITA, J. Efeito dos danos de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) no rendimento e qualidade da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1978, Londrina, **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1979. v. 2, p. 59-78.

PANIZZI, M.C.C.; BAYS, I.A.; KIIHL, R.A.S.; PORTO, M.P. Identificação de genótipos fontes de resistência a percevejos-pragas da soja. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, Brasília, v. 1, n. 16, p. 33-37, 1981.

PENHA, L.A.O.; FONSECA, I.C.B.; MANDARINO, J.M.; BENSSI, V.T. A soja como alimento: valor nutricional, benefícios para a saúde e cultivo orgânico. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 1, 2007.

QUIRINO, R.J. **Consequências na Armazenagem da soja devido ao Ataque de Percevejos nas Lavouras de Soja**, 2012. Disponível em: <<http://www.cbsoja.com.br/anais/palestras/JoseRonaldoQuirino.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2014.

RECTOR, B.G.; ALL, J.N.; PARROTT, W.A.; BOERMA, H.R. Quantitative trait loci for antibiosis resistance to corn earworm in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 233-238, 2000.

ROSSETTO, C.J.; GALLO, P.B.; RAZERA, L.F.; BORTOLETTO, N.; IGUE, T.; MEDINA, P.F.; TISSELI FILHO, O.; AQUILERA, V.; VEIGA, R.F.A.; PINHEIRO, J.B. Mechanisms of resistance to stink bug complex in the soybean cultivar IAC-100. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 517-522, 1995.

ROSSETTO, C.J.; LOURENÇÃO, A.L. Picadas de alimentação de *Nezara viridula* em cultivares e linhagens de soja de diferentes graus de suscetibilidade. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 109–114, 1981.

ROSSETTO, C.J.; NAGAI, V.; IGUE, T.; ROSSETTO, D.; MIRANDA, M.A.C. referência de alimentação de adultos de *Diabrotica speciosa* (Germar) e *Cerotoma arcuata* (Oliv.) em variedades de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 179–183, 1981.

ROSSETTO, C.J.; LARA, F.M. Diluição de dano, mecanismo de pseudoresistência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13., 1991, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 1991. p. 525.

RUSSIN, J.S.; ORR, D.B.; LAYTON, M.B.; BOETHEL, D.J. Incidence of microorganisms in soybean seeds damaged by stink bug feeding. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 78, n. 3, p. 306, 1988.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Soja: análise da conjuntura agropecuária**. 2012. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=9&cad=rja&sqj=2&ved=0CHUQFjAl&url=http%3A%2F%2Fwww.agricultura.pr.gov.br%2Farquivos%2Ffile%2Fderal%2FPrognosticos%2Fsoja\\_2012\\_13.pdf&ei=uEqEUuuhAeP42AX1qIC4BQ&usg=AFQjCNEXRvFplfuPhfi3rcSdqMd5TXk8g&sig2=lskRAopthZsQDT6A6u01ew&bvm=bv.56343320,d.b2l](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=9&cad=rja&sqj=2&ved=0CHUQFjAl&url=http%3A%2F%2Fwww.agricultura.pr.gov.br%2Farquivos%2Ffile%2Fderal%2FPrognosticos%2Fsoja_2012_13.pdf&ei=uEqEUuuhAeP42AX1qIC4BQ&usg=AFQjCNEXRvFplfuPhfi3rcSdqMd5TXk8g&sig2=lskRAopthZsQDT6A6u01ew&bvm=bv.56343320,d.b2l)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

SILVA, D.C.G. **Mapeamento de Genes de Resistência da Soja à Ferrugem Asiática e Análise Transcricional na Interação Patógeno-Hospedeiro**. 2008. 153 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal-SP, 2008.

SILVA, F.A. .; SILVA, J.J. da; DEPIERI, R. .; PANIZZI, A.R. Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 41, n. 5, p. 386–390, 2012.

SILVA, J.P.G.F.; BALDIN, E.L.L.; SOUZA, E.S.; CANASSA, V.F.; LOURENÇÃO, A.L. Characterization of antibiosis to the redbanded stink bug *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean entries. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 86, n. 4, p. 649–657, 2013.

SINCLAIR, J.B. **Compendium of soybean diseases**. Saint Paul: American Phytopathological Society and University of Illinois, 2 ed., 1982. 104 p.

SMITH, C.M. **Plant resistance to arthropods molecular and conventional approaches**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2005. 423 p.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORSO, I.C.; MORALES, L. Insecticida resistance to endosulfan, monocrotophos and methamidophos in the neotropical brown stink bug. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 317–320, 2001.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; OMOTO, C. Resistência a Inseticidas e outros Agentes de Controle em Artrópodes Associados à Cultura da Soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. **Soja-Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-praga**. Brasília: EMBRAPA, 2012. cap.10, p. 673–724.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 401-404, 1995.

STÜRMER, G.R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SARI, B.G.; BURTET, L.M.; GUEDES, J.V.C. Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1177-1186, 2014.

TURNIPSEED, S.G.; KOGAN, M. Soybean Entomology. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 21, n. 1, p. 247–282, 1976.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates WASDE-537 - January 12, 2015**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

VERNETTI, F.J.; VERNETTI JUNIOR, F.J. **Genética da soja Caracteres Qualitativos e Diversidade Genética**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 221p.

VILLAS-BÔAS, G.L.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, M.C.N.; COSTA, N.P.; ROESSING, A.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A. Efeito de diferentes populações de percevejos sobre o rendimento e seus componentes, características agrônômicas e qualidade de semente de soja. **Boletim de Pesquisa Embrapa CNPSo**, Londrina, v. 1, p. 43, 1990.

WOJCIECHOWSKI, M.F.; MAHN, J.; JONES, B. **The Tree of Life Web Project**, v.14, 2006. Disponível em: <<http://tolweb.org/Fabaceae/21093/2006.06.14>>. Acesso em: 12 mar. 2015.



## 2 DESEMPENHO AGRONÔMICO DE LINHAGENS DE SOJA COM ALELOS DE RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS

### Resumo

A soja é uma das culturas de maior relevância para o agronegócio brasileiro. A produtividade da soja no Brasil vem aumentando, em virtude de melhorias do manejo cultural e, principalmente, pelo uso de cultivares melhoradas. Existem alguns fatores restritivos à produtividade, como a incidência de pragas, sendo que na soja o complexo de percevejo é considerado como um dos principais causadores de danos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade existente entre linhagens de soja, previamente selecionadas para resistência ao complexo de percevejo, em dois ambientes; estimar as correlações genóticas os caracteres avaliados e selecionar os melhores genótipos em função da produtividade. Foram avaliadas 295 linhagens de soja, com alelos de resistência ao complexo de percevejos, e mais nove testemunhas (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD 215 e BMX Potência) em dois experimentos em condições de campo na safra de 2013/2014. Um experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP, e o outro na estação experimental de Anhumas, Piracicaba-SP, pertencente ao mesmo departamento. Nos dois experimentos o delineamento utilizado foi um alfa-látice 16x19 com três repetições, sendo cada parcela constituída de uma linha de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre. As práticas culturais foram uniformes nos dois experimentos e houve controle químico para os percevejos. Os caracteres avaliados foram: número de dias para a maturidade (NDM); período de granação (PEG); valor agrônômico (VA); acamamento (AC); produtividade de grãos (PG); peso de cem sementes (PCS). Os componentes de variância foram estimados pelo método REML (Máxima Verossimilhança Restrita) e valores genotípicos foram estimados para os indivíduos procedimento de Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP). Os parâmetros de herdabilidade, correlação genotípica e ganho de seleção também foram obtidos. A seleção foi efetuada com base na PG, sendo selecionados genótipos com valores acima de 3000 kg.ha<sup>-1</sup>. Para a maioria dos caracteres variância de ambiente foi de maior magnitude quando comparada com a genotípica e a da interação G x A, mostrando elevada influência do ambiente na expressão dessas características. Apenas para o caráter VA a variância genotípica foi maior que a variância ambiental e da interação G x A. A herdabilidade variou de 0,084 (PEG) a 0,854 (PCS) entre os caracteres avaliados, sendo que apenas para PCS (0,854) e NDM (0,756) podem ser consideradas altas. Para PG, 54,4% da variação fenotípica encontrada na população corresponde ao componente genético. Sete correlações apresentaram significância de (P < 0,05) por meio do Teste t. Para PG apenas as correlações com VA (0,481) e AC (-0,221) foram significativas. A seleção baseada na PG foi satisfatória para gerar ganho para todas as características avaliadas. Para PG houve um acréscimo de 639,79 kg.ha<sup>-1</sup>, um ganho considerável, que representa aproximadamente 25% de incremento em relação à média da população total. Apesar do ganho de seleção satisfatório para todas as características, alguns genótipos tiveram valor genotípico favorável ou contrário ao ganho.

Palavras-chave: Herdabilidade; Correlação; Ganho de seleção; Produtividade



## Abstract

Soybean is one of the most relevant crops for Brazilian agribusiness. Soybean yield in Brazil is increasing due to the cultural management improvements and mainly because the use of improved cultivars. There are some limiting factors to productivity, like the incidence of pests, and the stinkbugs complex is a major cause of damage. Thus, this study aimed to evaluate the variability among soybean lines, previously selected for resistance to stink bugs complex in two locations; to estimate the genetic correlations between the traits and to select the best genotypes considering grain yield. 295 soybean lines with resistance alleles to the stinkbugs complex, and nine witnesses (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD 215 e BMX Potência) were evaluated in two experiments under field conditions in the 2013/2014 season. One of experiments was conducted in the experimental field of the Department of Genetics, ESALQ / USP, in Piracicaba-SP, and the other at the experimental station of Anhumas, Piracicaba-SP, belonging to the same department. In both experiments, the design was an alpha lattice 16x19 with three replications, each plot constituted by one row of 5 m long, with 0.5 m between rows. Cultural practices were uniform in both experiments and there was chemical control for stink bugs. The evaluated traits were: number of days to maturity (NDM); graining (PEG); agronomic value (VA); lodging (AC); grain yield (PG); one hundred seeds weight (PCS). Variance components were estimated by REML (Restricted Maximum Likelihood) and genotypic values were estimated using BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). The parameters of heritability, genetic correlations and gain selection were also obtained. The selection was made based on the PG, being selected genotypes with values above 3000 kg ha<sup>-1</sup>. For most characters, environment variance was bigger than genotype and the G x E interaction, showing high environmental influence on the expression of these characteristics. Just for the VA genotypic variance was bigger than the environmental variance and the G x E interaction. Heritability ranged from 0.084 (PEG) to 0.854 (PCS) among the traits, but only for PCS (0.854) and NDM (0.756) can be considered high. For PG, 54.4% of the phenotypic variation found in the population corresponds to the genetic component. Seven correlations were significant (P <0.05) by t test. PG only have significant correlations with VA (0.481) and AC (-0.221). Selection based on PG was satisfactory to generate gains for all traits. For PG there was an increase of 639.79 kg ha<sup>-1</sup>, a considerable gain, which represents approximately 25% increase from the average of the total population. Despite the satisfactory gain selection for all characteristics, some genotypes had a favorable or contrary genotypic value to the gain.

Keywords: Heritability; Correlation; Selection gain; Yield

## 2.1 Introdução

A soja é uma das culturas de maior relevância para o agronegócio brasileiro, representando cerca de 47% do total da produção de grãos no Brasil, sendo o produto nacional mais exportado, com 49,6 milhões toneladas em 2015, correspondendo um montante de US\$23,27 bilhões. Na safra de 2014/15 a área nacional cultivada com

soja foi de 31.902,4 mil hectares (ha) e a produção estimada de 96.044,5 mil toneladas, resultando em um rendimento médio de 3.011 kg.ha<sup>-1</sup> (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015).

A produtividade da soja no Brasil está aumentando de 1,5 a 2,4% ao ano (RAY et al., 2013), em virtude de melhorias do manejo cultural e, principalmente, pelo uso de cultivares melhoradas. Programas de melhoramento genético são fundamentais para suprir à crescente demanda por maiores rendimentos, permitindo, por meio da criação de variabilidade genética, a seleção de genótipos capazes de superar os patamares existentes (PELUZIO et al., 2011).

Existem alguns fatores restritivos à produtividade, como a incidência de pragas e doenças. Dentre as pragas da cultura, as que causam maiores prejuízos econômicos são os três percevejos pentatomídeos fitófagos, *Euschistus heros* (Fabricius), *Nezara viridula* (Linnaeus) e *Piezodorus guildinii* (Westwood), que compõem o chamado complexo de percevejos da soja (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999). Desse modo, programas de melhoramento tem dado maior atenção à incorporação de características de resistência, com o objetivo de torná-las fatores estabilizadores da produtividade (MAIA et al., 2009).

Estudos mostram que genótipos selecionados para resistência, geralmente possuem menor produtividade na ausência de insetos-praga (MAIA et al., 2009). Isso ocorre pois os alelos envolvidos na resistência a pragas podem ter efeitos pleiotrópicos ou podem estar em desequilíbrio de ligação com alelos que controlam outros caracteres quantitativos como produção (SANDOYA et al., 2010). Assim, para melhores resultados nos programas de melhoramento visando à obtenção de cultivares resistentes, devem ser observadas uma série de características agronômicas, que confirmem rendimento comparativamente mais elevado e satisfaçam as exigências do mercado (COSTA et al., 2004).

O conhecimento a respeito da variabilidade genética e do potencial agronômico dos genótipos é essencial para que o processo seletivo venha a resultar em ganhos genéticos (ALLARD, 1974). Uma das estratégias para se obter melhores ganhos na seleção, é a estimação de parâmetros genéticos, tais como variação fenotípica e genotípica, a associação entre esses componentes e sua herdabilidade, associados aos caracteres de importância econômica (MUNIZ et al., 2002). Esses parâmetros são de grande relevância, pois permitem definir uma estratégia eficaz de melhoramento genético, o momento em que a seleção será mais eficiente e qual a intensidade a ser

aplicada, bem como prever a possibilidade de sucesso com a seleção (RAMALHO et al., 2012).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade existente entre linhagens de soja, previamente selecionadas para resistência ao complexo de percevejo, em dois locais; estimar as correlações genotípicas entre seis caracteres e selecionar os melhores genótipos em função da sua produtividade.

## **2.2 Material e Métodos**

### **2.2.1 Experimentos**

Foram selecionadas 295 linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos, oriundas do Programa de Melhoramento de Soja do Laboratório de Diversidade Genética e Melhoramento da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), provenientes de populações sintetizadas envolvendo a cultivar IAC-100 que foram recombinadas com outros genótipos fontes de resistência a ferrugem asiática da soja. Essas populações foram submetidas apenas paraseleção para resistência ao complexo de percevejos.

As 295 linhagens e nove testemunhas (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD 215 e BMX Potência) foram avaliadas em dois experimentos em condições de campo na safra de 2013/2014. Um experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP, e o outro na estação experimental de Anhumas, Piracicaba-SP, pertencente ao mesmo departamento.

Nos dois experimentos o delineamento utilizado foi um alfa-látice 16x19 com três repetições, sendo cada parcela constituída de uma linha de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre si, utilizando-se 18 sementes por metro. As práticas culturais foram uniformes nos dois experimentos, visando minimizar a influência de fatores ambientais (bióticos ou abióticos).

### **2.2.3 Fenotipagem**

Os caracteres avaliados foram:

*i)* NDM: número de dias para a maturidade, contados desde a semeadura até a data em que 95% das vagens apresentarem-se maduras;

*ii)* PEG: período de granação (dias), obtido pela diferença entre R5 (início do enchimento de grãos) e R7 (término do enchimento de grãos) (FEHR et al., 1971);

*iii)* VA: valor agrônômico, avaliado na maturidade através de uma escala de notas visuais de 1 a 5, sendo a nota 1 correspondente a planta sem nenhum valor agrônômico e a nota 5 a planta com excelentes características agrônômicas (grande número de vagens, altura entre 60 a 100 cm, vigor, sem acamamento, ausência de hastes verdes e retenção foliar, sem deiscência de vagens e sem sintomas de doenças);

*iv)* AC: acamamento, avaliado na maturidade por uma escala de notas visuais de 1 a 5, sendo a nota 1 correspondente a planta ereta e a 5 a planta totalmente acamada;

*v)* PG: produtividade de grãos, avaliado em kg.ha<sup>-1</sup>;

*vi)* PCS: peso de cem sementes (g), a partir de uma amostra ao acaso após padronização da umidade.

#### 2.2.4 Análise dos dados

Para todos os caracteres avaliados foi realizada análise conjunta, com os dois ambientes, segundo o seguinte modelo estatístico (eq. 1):

(1)

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + A_j + R_k(A_j) + B_l(A_j R_k) + G_i * A_j + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde:

$Y$ : é o valor da observação referente ao genótipo  $i$  na repetição  $k$  no ambiente  $j$ ;

$\mu$ : é a média do efeito principal;

$G_i$ : é o efeito do genótipo  $i$ ;

$A_j$ : é o efeito do ambiente (safra)  $j$ ;

$R_k$ : é o efeito da repetição  $k$  dentro do ambiente  $j$ ;

$B_l$ : é o efeito do bloco  $l$  dentro do ambiente  $j$  dentro da repetição  $k$ ;

$G_i * A_j$ : é o efeito da interação genótipos x ambientes; e

$\varepsilon_{ijkl}$ : é o erro ou resíduo aleatório.

Todos os termos do modelo foram considerados aleatórios.

Foram estimados os componentes de variâncias pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML).

A herdabilidade foi estimada com base na média dos genótipos (eq. 2):

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_{ga}^2}{nAmb} + \frac{\sigma_e^2}{nAmb \times nRep}} \quad (2)$$

Onde:

$\sigma_g^2$ : variância genotípica;

$\sigma_{ga}^2$ : variância da interação Genótipo x Ambiente;

$\sigma_e^2$ : variância do erro;

$nAmb$ : número de ambientes em que os experimentos foram conduzidos; e

$nRep$ : número de repetições.

O valor genotípico para cada indivíduo e a média geral foram estimados pelo procedimento de Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP).

As estimativas das correlações genotípicas (eq. 3) foram obtidas entre todos os pares de caracteres avaliados com base nas médias estimadas pelo BLUP.

$$r(xy) = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3)$$

Onde:

$Cov(x,y)$ : covariância entre os caracteres X e Y;

$\sigma_x$ : desvio-padrão do caráter X; e

$\sigma_y$ : desvio-padrão do caráter Y.

A seleção foi baseada na produtividade e o ganho de seleção (GS) foi estimado pela seguinte expressão (eq. 4):

$$GS = \bar{X}_S - \bar{X}_0 \quad (4)$$

Onde:

$\bar{X}_S$ : média predita pelo BLUP das linhagens selecionadas; e

$\bar{X}_0$  : média predita pelo BLUP da população original.

As análises dos componentes de variância e parâmetros genéticos e a predição dos BLUP's foram realizadas via *META suite* (VARGAS et al., 2013) no *Software Statistical Analysis System* (SAS) versão 9.3 (SAS Institute, 2012). As estimativas das correlações genóticas foram realizadas por meio do software SAS, ao nível de significância 5%, estimado pelo Teste t.

## 2.3 Resultados e Discussão

### 2.3.1 Parâmetros Genéticos

Os componentes de variância e as estimativas de parâmetros genéticos para as características estudadas são apresentados na Tabela 1. De acordo com PIMENTEL-GOMES (2000), o coeficiente de variação (CV) deve estar abaixo de 20% para significar uma boa precisão experimental, o que foi verificado para a maioria das características estudadas. Para PG o CV foi superior a 20%, o que pode ser explicado pela complexidade da característica. Já para acamamento, a diferença de crescimento vegetativo entre os genótipos pode ser influenciada por vários fatores ambientais (SEDIYAMA et al., 2005), o que pode ter acarretado o CV de 21%.

Tabela 1 – Componentes de variância, média, CV (coeficiente de variação) e  $h^2$  (herdabilidade) para os caracteres NDM (número de dias para maturidade), PEG (período granação em dias), VA (valor agrônomo em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g) avaliados em linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos, em dois ambientes, no ano agrícola de 2013/2014, Piracicaba-SP

Estatística	NDM	PEG	VA	AC	PG	PCS
$\sigma_g^2$	16,136	1,441	0,081	0,048	205254,5	3,097
$\sigma_a^2$	87,174	52,501	0,016	0,187	1353871,0	11,665
$\sigma_{ga}^2$	5,424	8,095	0,061	0,025	142921,3	0,571
$\sigma_e^2$	14,966	69,679	0,397	0,468	604693,6	1,453
Média	120,118	41,537	3,402	2,082	2528,6	14,148
CV	2,727	13,771	13,213	21,030	23,877	7,388
$h^2$	0,756	0,084	0,455	0,345	0,544	0,854

\* $\sigma_g^2$ : variância genotípica;  $\sigma_a^2$ : variância de ambiente;  $\sigma_{ga}^2$ : variância da interação genótipo x ambiente; e  $\sigma_e^2$ : variância residual

O sucesso do melhoramento genético requer que haja variabilidade genética na população que se deseja melhorar, sendo de grande importância saber a magnitude dos efeitos gênicos que constituem a população (CRUZ; CARNEIRO, 2006). A existência de variância genotípica indica que há variabilidade, podendo-se praticar seleção na população. Pode se observar que para os caracteres NDM, PEG, AC, PG e PCS a variância de ambiente foi de maior magnitude quando comparada com a genotípica e a da interação G x A, mostrando elevada influência do ambiente na expressão dessas características. O baixo valor da variância genotípica também pode ser explicado pelas sucessivas seleções para resistência ao complexo de percevejos realizadas na população em estudo. Já para o caráter VA a variância genotípica foi maior que a variância ambiental e da interação G x A, isso indica que para esse caractere a variabilidade existente entre os genótipos foi mais expressiva que as demais variâncias presentes no modelo.

As estimativas de herdabilidade são de grande importância para selecionar genótipos de forma efetiva, com possibilidade de obtenção de ganhos satisfatórios, pois evidencia a proporção genética da variabilidade total (BORÉM; MIRANDA, 2009). No presente estudo, entre os caracteres avaliados a herdabilidade variou de 0,084 (PEG) a 0,854 (PCS).

Segundo, Brogin, Arias e Toledo (2003), os valores de herdabilidade podem ser considerados baixos quando menores do que 0,3; intermediários quando estiverem entre 0,3 e 0,6 e altos quando forem maiores do que 0,6. Segundo Camargo e Ferreira-Filho (1999), de médios a altos valores de herdabilidade sugerem que a maior parte da variabilidade fenotípica possui causas genéticas. Por sua vez, herdabilidade baixa pode ser um indicativo de elevada variação ambiental e interação complexa de G x A.

Assim, as estimativas de herdabilidade encontradas para PCS (0,854) e NDM (0,756) podem ser consideradas altas, indicando que existe grande potencial para seleção de genótipos superiores para a melhoria destas características. Altos valores de herdabilidade para essas características também foram encontrados por Abady et al. (2013) e Aditya et al. (2012).

Já, para as demais características os valores de herdabilidade encontrados foram de menor magnitude, PEG (0,084), VA (0,455), AC (0,345) e PG (0,544). Estes valores podem ser explicados pela alta contribuição das variâncias ambientais, evidenciando que esses caracteres sofrem grande influência do ambiente, o que reduz

a correlação linear simples entre o valor fenotípico e genotípico (COIMBRA et al., 2009).

Segundo a herdabilidade para PG, 54,4% da variação fenotípica encontrada na população corresponde a causas genéticas. Esse valor foi de maior magnitude que os encontrados por Sagata (2011), Bárbaro et al. (2007) e Mauro et al. (2000). Em geral, a produtividade de grãos tem herdabilidade de moderada a baixa, o que pode ser atribuído a sua natureza quantitativa, ou seja, devido ao grande número de alelos envolvidos em sua expressão e a forte influência ambiental (BUENO et al., 2013).

As estimativas de herdabilidade obtidas para o mesmo caráter por diferentes pesquisadores devem ser comparadas com restrições, uma vez que a herdabilidade não é propriedade da característica em si, sendo influenciada pela amostragem, por diferenças populacionais e ambientais e pelos parâmetros usados em sua estimação (RAMALHO et al., 1993; BÁRBARO et al., 2007).

### **2.3.2 Correlação entre os caracteres**

O conhecimento da correlação entre caracteres é de grande importância para um programa de melhoramento, principalmente se um deles apresenta dificuldades de mensuração e herdabilidade baixa (CRUZ; CARNEIRO, 2006). A correlação linear entre duas características permite se conhecer o sentido da mudança que pode ocorrer em uma delas, em função da seleção praticada no outro caractere (AGUIAR et al., 2008), podendo-se obter ganhos de seleção em um deles pela seleção indireta do outro.

É importante salientar a necessidade de se verificar a correlação em cada população, pois há uma grande variação nas estimativas encontradas para os mesmos caracteres em diferentes estudos (BÁRBARO et al., 2004).

Os coeficientes de correlação genotípica para cada combinação de pares de características analisadas encontram-se na Tabela 2. Verifica-se que sete correlações apresentaram significância de ( $P < 0,05$ ) por meio do Teste t.



Tabela 2 – Coeficientes de correlações genotípicas entre os caracteres NDM (número de dias para maturidade), PEG (período granação em dias), VA (valor agrônômico em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g) avaliados em linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos, calculados a partir da média estimada pelo Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP), em dois ambientes, no ano agrícola de 2013/2014, Piracicaba-SP

	<b>NDM</b>	<b>PEG</b>	<b>VA</b>	<b>AC</b>	<b>PG</b>	<b>PCS</b>
<b>NDM</b>	-	0.338*	-0.492*	0.299*	-0.082	-0.035
<b>PEG</b>		-	-0.184*	0.035	0.059	0.020
<b>VA</b>			-	-0.571*	0.481*	-0.096
<b>AC</b>				-	-0.221*	0.041
<b>PG</b>					-	0.041

\*Significativo pelo teste de t a 0,05 de probabilidade de erro

Dentre os valores significativos, VA tem correlação negativa com a NDM, PEG e AC. O valor agrônômico é avaliado em escala de nota na maturidade das plantas na parcela. Considera-se para a avaliação o aspecto geral da parcela, sendo a presença e o grau de acamamento, fatores que levam a uma menor nota de VA. Em relação a NDM e PEG, a correlação negativa é esperada, uma vez que aumentando o ciclo da soja e o período de granação, aumenta-se o tempo de exposição a estresses bióticos e abióticos, o que pode resultar em redução de valores agrônômicos.

As correlações genotípicas de NDM com PEG e AC foram positivas, indicando que maior ciclo das plantas da população estudada reflete em um período de granação maior e aumento do acamamento.

Para PG apenas as correlações com VA e AC foram significativas, sendo positiva com VA e negativa com AC. Assim, é esperado que plantas com maiores VA possuam produtividade mais alta, o que é de grande relevância para o melhoramento, pois busca-se a obtenção de genótipos produtivos e com boas qualidades agrônômicas. Porém na população em estudo a magnitude dessa correlação foi pequena (0,481) quando comparada com outros estudos (AZEVEDO-FILHO et al., 1998; LOPES et al., 2002; BÁRBARO et al., 2004).

Considerando o AC, plantas menos acamadas podem levar a maior rendimento de grãos. A relação negativa entre um caráter favorável e outro não, é um cenário ideal para o melhorista, pois se pode obter ganhos de seleção para um deles por meio de seleção indireta no outro associado. A correlação genética entre PG e AC também foi negativa em três populações estudadas por Bárbaro et al. (2007).

Características a serem usadas como critério de seleção indireta para produtividade devem: mostrar alta correlação genética com rendimento; possuir alta

herdabilidade, devido à grande variação genética e/ou pequeno erro experimental; e mostrar baixa interação G x A (KENGA et al., 2006). Desta forma, a partir dos resultados obtidos, considerar as correlações genóticas entre os caracteres avaliados para praticar a seleção indireta para produtividade não apresentaria resultados satisfatórios na população estudada.

### 2.3.3 Ganho de Seleção

A seleção dos genótipos foi baseada no caractere PG, sendo considerado para seleção valores acima de 3.000 kg.ha<sup>-1</sup>, visto que este valor é próximo a produtividade média brasileira da safra de 2014/2015. Na Tabela 3, estão apresentados o desempenho baseado nos valores das médias preditas pelo BLUP para os 22 genótipos selecionados e para as nove testemunhas para os caracteres avaliados, bem como a média da população original e selecionada e o ganho de seleção estimado.

Tabela 3 – Desempenho dos 22 genótipos selecionadas e das nove cultivares testemunhas obtidos a partir da média genética predita pela Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) para NDM (número de dias para maturação), PEG (período granação em dias), VA (valor agrônomo em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g) avaliados em linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos, em dois ambientes, no ano agrícola de 2013/2014, Piracicaba-SP

Genótipos	NDM	PEG	VA	AC	PG	(Continua)
						PCS
292	119,41	42,099	3,735	2,013	3627,2	13,783
174	118,41	41,911	3,479	1,992	3593,0	12,385
150	118,83	41,351	3,848	2,056	3483,3	12,511
175	118,81	42,132	3,796	1,921	3266,0	12,526
87	119,27	41,445	3,784	2,013	3225,0	12,657
230	115,90	41,246	3,554	2,078	3188,1	13,852
47	121,18	41,321	3,531	2,173	3188,1	14,718
224	116,84	41,422	3,720	1,996	3134,5	15,861
163	118,38	41,415	3,484	2,109	3127,1	13,722
176	118,77	41,436	3,889	1,912	3111,2	12,793
139	121,22	42,376	3,503	2,088	3105,7	13,076
207	119,06	41,299	3,417	2,149	3088,1	12,622
239	124,01	41,871	3,483	1,953	3083,7	17,366
257	114,98	41,474	3,509	2,242	3081,1	14,211
197	117,00	41,533	3,694	1,865	3075,1	17,940
145	119,80	41,118	3,569	1,944	3067,8	17,632

Tabela 3 – Desempenho dos 22 genótipos selecionadas e das nove cultivares testemunhas obtidos a partir da média genética predita pela Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) para NDM (número de dias para maturação), PEG (período granação em dias), VA (valor agrônômico em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g) avaliados em linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos, em dois ambientes, na safra de 2013/2014, Piracicaba-SP

Genótipos	NDM	PEG	VA	AC	PG	(Conclusão)
						PCS
196	121,39	42,260	3,425	1,901	3064,5	14,986
161	118,46	41,294	3,740	2,033	3049,9	12,792
5	116,89	41,289	3,783	2,063	3048,9	14,469
84	115,82	41,351	3,537	1,953	3048,6	13,168
115	119,65	42,096	3,456	2,065	3031,4	15,621
227	118,89	41,569	3,203	2,247	3016,4	12,858
Arapoty	109,68	41,163	3,737	1,725	2245,2	14,982
BMX Ativa	108,00	41,456	3,639	1,806	2286,1	16,671
CD 215	103,60	40,991	3,849	1,810	2614,6	13,489
FTS C. Mourão	111,84	41,117	3,904	1,896	2767,3	16,055
IAC-100	115,64	41,039	3,704	1,833	2085,5	11,657
NA4823RR	104,21	40,953	3,687	2,073	1723,8	14,047
NA5909 RR	109,40	41,284	3,461	2,048	2134,4	14,978
BMX Potência	112,14	41,017	3,873	1,837	3162,4	14,960
V Max	114,83	41,538	3,759	2,027	2352,0	15,709
$\mu_s$	118,77	41,60	3,597	2,035	3168,39	14,16
$\mu_P$	120,12	41,54	3,402	2,082	2528,6	14,15
GS	-1,347	0,068	0,195	-0,047	639,79	0,013
GS%	1,121	0,163	5,732	2,257	25,3	0,092

\*  $\mu_s$ : média genética predita dos genótipos selecionados;  $\mu_P$ : média genética predita da população total; GS: ganho de seleção estimado

Para NDM o ganho de seleção estimado foi de -1,347 dias, ou seja, houve redução de dias para maturidade, o que é um ponto positivo quando se trata de ciclo da soja. Ainda, considerando que os genótipos em estudo foram selecionados *a priori* para resistência ao complexo de percevejos, a redução do ciclo é favorável, pois reduz o tempo de exposição da cultura a patógenos ou aos efeitos adversos do ambiente.

Tanto para PEG (0,068 dias) quanto para VA (0,195) houve ganhos de seleção positivos. A redução do PEG tem sido sugerida para redução do ataque de insetos-praga que se alimentam das vagens/grãos, pois o genótipo passa de forma mais rápida pela fase em que se encontra mais suscetível. O aumento do VA é muito desejado no melhoramento de plantas, uma vez que reflete na melhoria do padrão geral da parcela, considerando o número de vagens por planta, altura, vigor,

acamamento, ausência de hastes verdes e retenção foliar, debulha de vagens e sintomas de doenças. O ganho de seleção positivo para VA era esperado, uma vez que sua correlação genética com PG foi positiva e significativa.

O ganho de seleção para AC foi de -0,047, um ponto positivo, já que deseja-se cultivares que não acamem para evitar problemas na colheita mecanizada e perda de produção. E da mesma forma que para VA, o ganho de seleção negativo já era esperado devido à correlação significativa e negativa entre AC e PG.

Para PG houve um acréscimo de 639,79 kg.ha<sup>-1</sup>, um ganho excelente, que representa aproximadamente 25% de incremento em relação à média da população total. O caráter PCS teve um ganho de 0,013 g. Diminuir o peso das sementes reflete em maior número de sementes por planta, uma vez que a PG aumentou. Esse mecanismo pode ser empregado na redução das perdas em função do ataque de insetos, sendo conhecido como diluição de dano (ROSSETTO; LARA, 1991).

A partir da Tabela 3, também vale destacar que apenas a cultivar testemunha BMX Potência teve produtividade acima de 3.000 kg.ha<sup>-1</sup>. Desta forma, pode-se inferir que as linhagens selecionadas neste estudo tiveram melhor desempenho que cultivares atualmente cultivadas na região de avaliação dos experimentos, evidenciando o sucesso na seleção.

Na Tabela 4 são apresentados os valores genotípicos das 22 linhagens de soja selecionadas para os caracteres avaliados. O valor genotípico demonstra a contribuição do genótipo para a média geral, sendo que valores positivos indicam contribuição para o aumento da média, em contra partida, valores negativos contribuem para redução da mesma.

Tabela 4 – Valor genotípico (VG) calculados pela Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) dos 22 genótipos selecionados para NDM (número de dias para maturidade), PEG (período granação em dias), VA (valor agrônomo em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g) avaliados em linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos, em dois ambientes, no ano agrícola de 2013/2014, Piracicaba-SP

Genótipo	NDM	PEG	VA	AC	PG	PCS
292	-0,709	0,562	0,333	-0,069	1098,56	-0,365
174	-1,703	0,374	0,077	-0,090	1064,36	-1,763
150	-1,288	-0,186	0,446	-0,026	954,74	-1,637
175	-1,306	0,595	0,394	-0,161	737,40	-1,622
87	-0,845	-0,092	0,382	-0,069	696,38	-1,491
230	-4,222	-0,291	0,152	-0,004	659,52	-0,296
47	1,061	-0,216	0,129	0,091	659,49	0,570
224	-3,281	-0,115	0,318	-0,086	605,93	1,713
163	-1,738	-0,122	0,082	0,027	598,55	-0,426
176	-1,352	-0,101	0,487	-0,170	582,58	-1,355
139	1,101	0,839	0,101	0,006	577,10	-1,072
207	-1,057	-0,238	0,015	0,067	559,46	-1,526
239	3,891	0,334	0,081	-0,129	555,11	3,218
257	-5,140	-0,063	0,107	0,160	552,45	0,063
197	-3,118	-0,004	0,292	-0,217	546,51	3,792
145	-0,316	-0,419	0,167	-0,138	539,16	3,484
196	1,274	0,723	0,023	-0,181	535,87	0,838
161	-1,656	-0,243	0,338	-0,049	521,31	-1,356
5	-3,225	-0,248	0,381	-0,019	520,34	0,321
84	-4,302	-0,186	0,135	-0,129	520,00	-0,980
115	-0,468	0,559	0,054	-0,017	502,76	1,473
227	-1,228	0,032	-0,199	0,165	487,76	-1,290

Assim, apesar do ganho de seleção predito para NDM ter sido negativo, os genótipos 47,139,239 e 196 contribuíram de forma a aumentar a média de dias para maturidade. Da mesma forma, os genótipos 47, 163, 139, 207, 257 e 227 tiveram efeito positivo na média geral para AC. Já para PEG, os genótipos 292,174,175, 139, 239, 196, 115 e 227, e para PCS, os genótipos 47, 224, 239, 257, 197, 145, 196, 5 e

115 foram os responsáveis por incrementar a média, resultando em um ganho de seleção positivo.

Apenas uma linhagem (227) foi identificada contribuindo de forma negativa para VA. Como o esperado, para PG todos os genótipos atuaram de maneira a incrementar a média, já que a seleção foi praticada com base nessa característica. Assim, selecionando-se para produtividade alguns genótipos podem ser identificados como tendo efeito favorável ou contrário ao ganho de seleção estimado, dependendo da característica estudada. Vale destacar as linhagens 150, 87 e 230, que estão entre as mais produtivas e possuem valores genotípicos favoráveis para todas as características.

## 2.4 Conclusões

Existe variabilidade genética entre os genótipos estudados.

As herdabilidade encontradas variaram de 0,084 (PEG) a 0,854 (PCS). Para a maioria dos caracteres a influência ambiental foi alta, e apenas para PCS (0,854) e NDM (0,756), a herdabilidade teve maior contribuição genética.

A correlação genética para produtividade de grãos foi significativa apenas com VA e AC, indicando que não seria viável a seleção indireta para produtividade a partir dos caracteres avaliados.

A seleção baseada na PG foi satisfatória para gerar ganho de seleção satisfatórios, resultando em linhagens com valores genotípicos favoráveis todas as características avaliadas, como os genótipos 150, 87 e 230.

## Referências

ABADY, S.; MERKEB, F.; DILNESAW, Z. Heritability and path-coefficient analysis in soybean (*Glycine max* L . Merrill ) genotypes at Pawe , North Western Ethiopia. **Journal of Environmental Science and Water Resources**, Cidade, v. 2, n.8, p. 270–276, 2013.

ADITYA, J.P.; BHARTIYA, P.; BHARTIYA, A. Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*G. max* (L.) Merrill). **Journal of Central European Agriculture**, Zagreb, v. 12, n. 1, p. 27–34, 2011.

AGUIAR, R.S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R.T.; VIDAL, L.H.I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008.

ALLARD, R.W. **Princípios de melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 1974. p. 381.

AZEVEDO FILHO, J.A.; VELLO, N.A.; GOMES, R.L.F. Estimativas de parâmetros genéticos de populações de soja em solos contrastantes na saturação de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p.227-239, 1998.

BÁRBARO, I.M.; MAURO, A.O.D.; CENTURION, M.A.P.C.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; MUNIZ, F.R.S.; COSTA, M.M.C.; GAVIOLI, E.A. Seleção em populações F<sub>3</sub> de soja visando à resistência ao cancro da haste e bons atributos agronômicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 297, p.619-634, 2004.

BÁRBARO, I.M.; CENTURION; M.A.P.C.; MAURO, A.O.D.; UNÊDA-TREVISOLI; S.H.; COSTA, M.M.; MUNIZ, F.R.S.; SILVEIRA, G.D.; SARTI, D.G.P. Variabilidade e correlações entre produtividade de grãos e caracteres agronômicos de soja com aptidão para cultivo em áreas de reforma de canavial. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 136 – 145, 2007.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 5 ed. Viçosa: UFV, 2009. 543p.

BROGIN, R.L.; ARIAS, C.A A.; TOLEDO, J.F.F. Genetic control of soybean resistance to brown spot (*Septoria glycines*): First studies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 35-44, 2003.

BUENO, R.D.; BORGES, L.L.; ARRUDA, K.M.A.; BHERING, L.L.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Genetic parameters and genotype x environment interaction for productivity, oil and protein content in soybean. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.8, n. 38, p. 4853-4859, 2013.

CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P. Tolerância ao alumínio e características agronômicas em populações híbridas de trigo: estimativas de variância herdabilidade e correlações. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.2, p.449-457, 1999.

COIMBRA, J.L.M.; BERTOLDO, J.G.; HAROLDO, T.E.; HEMP, S.; VALE, N.M.; TOALDO, D.; ROCHA, F.; BARILI, L.D.; GARCIA, S.H.; GUIDOLIN, A.F.; KOPP, M.M. Mineração da interação genótipo x ambiente em *Phaseolus vulgaris* L. para o Estado de Santa Catarina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n. 2, p. 355-363, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2015**. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_06\\_11\\_09\\_00\\_38\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf). Acessado em: 7 jul. 2015

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, A.R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999. 45 p.

COSTA, M.M.; COSTA, M.M.; MAURO, A.O.D.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; ARRIEL, N.H.C.; BÁRBARO, I.M. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p. 1095-1102, 2004.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2006. v.2. 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2006. v.1. 480p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of Development Descriptions for Soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11, n. 6, p. 929-931, 1971.

KENGA, R.; TENKOUANO, A.; GUPTA, S.C.; ALABI, S.O. Genetic and phenotypic association between yield components in hybrid sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) populations. **Euphytica**, Wageningen, v. 150, n. 3, p. 319–326, 2006.

LOPES, A.C.A.; VELLO, N.A.; PANDINI, F.; ROCHA, M.M.; TSUTSUMI, C.Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341–348, jun. 2002.

MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; LAVORANTE, O.J.; PINHEIRO, J.B.; DIAS, C.T.S.; ASSIS, G.M.L. Seleção de linhagens experimentais de soja para características agrônômicas e tolerância a insetos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 85–97, 2009.

MAURO, A.O.D.; OLIVEIRA, R.C.; MARCONDES, A.F.; SEDIYAMA, T. Ganho genético por seleção em linhagens de soja. **Revista. Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 135-144, 2000.

MUNIZ, F.R.S.; MAURO, A.O.D.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; OLIVEIRA, J.A.O.; BÁRBARO, I.M.; ARRIEL, N.H.C.; COSTA, M.M. Parâmetros genéticos e fenotípicos em populações segregantes de soja. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.6, n.3, p.609-616, 2002.

PELUZIO, J.M.; VAZ-DE-MELO, A.; AFFÉRI, F.S.; SILVA, R.R.; BARROS, H.B.; NASCIMENTO, I.R.; FIDELIS, R.R. Genetic variability among soybean cultivars, under different edaphoclimatic conditions, in center south region of the state of Tocantins. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 2, n. 3, p. 21-40, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14.ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.



RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações no melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; PINTO, C.B.; SOUZA, E.A.; GONÇALVES, F.M.; SOUZA, J.C. **Genética na agropecuária**. 5. ed. Lavras: UFLA: 2012. 565p.

RAY, D.K.; MUELLER, N.D.; WEST, P.C.; FOLEY, J.A. Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.8, n.6, e.66428, 2013.

ROSSETTO, C.J.; LARA, F.M. Diluição de dano, mecanismo de pseudo-resistência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13., 1991, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 1991. p. 525.

SAGATA, E. Parâmetros genéticos dos genótipos de soja desenvolvidos pela UFU. **Revista Verde**, Pombal, v. 6, n. 5, p. 220–225, 2011.

SANDOYA, G.; MALVAR, R.A.; SANTIAGO, R.; ALVAREZ, A.; REVILLA, P.; BUTRÓN, A. Effects of selection for resistance to *Sesamia nonagrioides* on maize yield, performance and stability under infestation with *Sesamia nonagrioides* and *Ostrinia nubilalis* in Spain. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 156, n. 3, p. 377–386, 2010.

SAS INSTITUTE. **SAS language and procedures: usage; version 9.3**. Cary, 2012. 1 CD-ROM.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento de soja. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de plantas cultivadas**. Viçosa: UFV. 2. ed. 2005. p. 553-604.

VARGAS, M.; COMBS, E.; ALVARADO, G.; ATLIN, G.; MATHEWS, K.; CROSSA, J. META: A Suite of SAS Programs to Analyze Multienvironment Breeding Trials. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, p.11–19, 2013.

### 3 CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE SOJA PARA RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

#### Resumo

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais importantes a nível mundial e uma das principais *commodities* agrícolas do Brasil. Esta leguminosa é atacada por muitos insetos-praga durante o seu ciclo de vida, sendo que, no Brasil, um dos principais causadores de danos econômicos são os percevejos. Assim, torna-se essencial o manejo eficiente desses insetos a fim de evitar grandes perdas econômicas. O uso de cultivares resistentes tem se tornado o foco em programas de manejo integrado de pragas (MIP), por trazer vantagens adicionais ao controle químico. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos a caracterização e seleção de linhagens de soja, visando obter genótipos altamente produtivos e resistentes ao complexo de percevejos. O experimento foi conduzido em condição de campo no ano agrícola de 2014/2015, na estação experimental de Anhumas, Piracicaba - SP, do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Foram avaliadas 295 linhagens de soja oriundas de cruzamentos contendo a cultivar IAC-100 como um dos genitores e mais nove testemunhas (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD 215 e Potência). O delineamento experimental empregado foi um alfa-látice 16x19 com três repetições, sendo cada parcela constituída de quatro linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre si. A infestação de percevejos foi natural, sendo acompanhada pelo método de pano-de-batida. Os caracteres avaliados foram número de dias para a maturidade (NDM); altura da planta na maturidade (APM); acamamento (AC); valor agrônômico (VA); produtividade de grãos (PG); período de granação (PEG); peso de cem sementes (PCS); retenção foliar (RF); e peso de sementes boas (PSB). Foram calculados os componentes de variância e valor genotípicos pelo método REML/BLUP. Também foram calculados os parâmetros de herdabilidade, correlação genotípica e ganho de seleção. A seleção foi baseada na característica PSB, visando a obtenção de genótipos superiores, considerando resistência ao complexo de percevejos e alto rendimento. A população de percevejos aumentou durante o período de granação, chegando a um nível superior ao patamar para danos econômicos. A variância genotípica teve maior magnitude que a variância residual para VA, PSB e PCS, indicando alta variabilidade genética para essas características. As herdabilidades observadas foram de intermediária a alta, sendo o maior valor encontrado para PCS (0,838), e o menor, para APM (0,553). A maioria das correlações foram significativas pelo teste de t ( $P < 0,05$ ). A maior correlação positiva encontrada foi entre PSB e PG (0,765), enquanto que a negativa foi entre VA e RF (-0,835). PSB teve correlações significativas e em sentido favorável com todas as outras características. A seleção com base no PSB foi efetiva para obter genótipos com alto rendimento, boas características agrônômicas e com maior capacidade de suportar o ataque de percevejos sugadores das vagens.

Palavras-chave: Resistência a insetos; Percevejos sugadores; Parâmetros genéticos

## Abstract

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the most important crops worldwide and one of the major agricultural commodities in Brazil. Many insect pests attack this legume during its life cycle, and, in Brazil, a main cause of economic damage are the stinkbugs. Thus, it is essential an efficient management of these insect pests in order to avoid big economic losses. The use of resistant cultivars has become the focus on integrated pest management programs (MIP), for bringing additional benefits to chemical control. Thus, this study aimed to the characterization and selection of soybean lines based on the PSB, to obtain highly productive and resistant genotypes. The trial was conducted under field conditions in the 2014/2015 season, at the Experimental Station of Anhumas, Piracicaba-SP, and belonging to the Department of Genetics at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). 295 soybean lines derived from crosses containing the cultivar IAC-100 as a parent and nine witnesses (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD 215 e Potência) were evaluated. The experimental design was an alpha lattice 16x19 with three replications, each plot constituted of four rows of 5 m long, with 0.5 m between rows. The stinkbugs infestation was natural, being controlled with the beating of cloth method. The characters evaluated were number of days to maturity (NDM); plant height at maturity (APM); lodging (AC); agronomic value (VA); grain yield (PG); graining period (PEG); one hundred seeds weight (PCS); leaf retention (RF); and good seed weight (PSB). The variance components and genotypic value were estimated by REML / BLUP method. They were also calculated the heritability parameters, genetic correlations and gain selection. The selection was based on the PSB in order to obtain superior genotypes, considering resistance to stinkbugs complex and high yield. The population of the insects increased during the graining period, reaching a higher level than the level for economic damages. Genotypic variance was greater than the residual variance for VA, PSB and PCS, indicating high genetic variability for these traits. The heritability observed were intermediate to high, being the highest value for PCS (0.838), and the lowest for APM (0.553). Most of the correlations were significant by t test ( $P < 0.05$ ). The highest positive correlation was found between PSB and PG (0.765), while the negative was found between VA and RF (-0.835). PSB had favorably and significant correlations with all the other characteristics. The selection based on PSB was effective to obtain genotypes with high yield, good agronomic characteristics and greater ability to withstand the attack of the pods sucking bugs of the pods.

Keywords: Plant resistance; Sucking bugs; Genetic parameters

## 3.1 Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais importantes a nível mundial e uma das principais *commodities* agrícolas do Brasil. Esta leguminosa é atacada por muitos insetos-praga durante o seu ciclo, sendo que, no Brasil, um dos principais causadores de danos econômicos são os percevejos (MATTIONI et al., 2015). Três espécies merecem destaque, formando o chamado "complexo de percevejos", por serem responsáveis pela maioria do prejuízo causado à cultura,

sendo elas: *Nezara* (percevejo verde) *viridula*, *Piezodorus guildinii* (percevejo verde pequeno), e *Euschistus heros* (percevejo marrom) (GODOI et al., 2002).

O período de colonização dos percevejos na soja ocorre entre a fase de pré-floração ou floração e o final do período de granação, sendo que o alto nível de danos causados está associado ao seu comportamento alimentar, à morfologia do aparelho bucal e às enzimas salivares (SILVA et al., 2012). De maneira geral os danos causados são: deformação do grão; aparecimento de manchas escuras e áreas esbranquiçadas; reduções significativas no rendimento e qualidade fisiológica das sementes; aumento dos níveis de proteína em detrimento da diminuição nos teores de óleo (PANIZZI; SMITH; PEREIRA, 1979; VILLAS-BÔAS; GAZZONI; OLIVEIRA, 1990; MINER, 1966; GAZZONI, 1998). Além disso, podem ocasionar retenção foliar e haste verde além de transmitir o patógeno *Ereimothecium coryli* (SOSA-GOMEZ; MOSCARDI, 1995; CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002).

Normalmente as plantas têm uma grande capacidade de se recuperar de danos causados por insetos desfolhadores, porém os danos causados pelo complexo de percevejos são irreversíveis, já que eles afetam diretamente as sementes (SANTOS, 2012). Assim, torna-se essencial o manejo eficiente desses insetos-praga a fim de evitar grandes perdas econômicas. Intensivas aplicações de inseticidas têm sido utilizadas como forma de controle, porém esse método é prejudicial ao meio ambiente, pode levar à seleção de populações resistentes e representa um alto custo para o produtor (MAIA et al. 2009; CAMPOS et al., 2010).

Desta forma, cultivares resistentes tem se tornado alternativas ou substitutos para o controle químico em programas de manejo integrado de pragas (MIP) (MCPHERSON et al., 2007; TURNIPSEED; KOGAN, 1976). A resistência de plantas é considerada uma estratégia essencial e vantajosa, pois é mais duradoura, eficiente e menos dispendioso do que os métodos de controle químicos, e reduz o risco de desenvolvimento de resistência aos ingredientes ativos em inseticidas (SILVA et al., 2014).

A resistência ao complexo de percevejos é de natureza quantitativa, sendo complexa a seleção de genótipos resistentes, ainda mais considerando que selecionar para resistência geralmente leva a uma redução de produtividade (GODOI; PINHEIRO, 2009; MAIA et al., 2009). De acordo com Rocha et al. (2014), em experimentos sob ataque de percevejos, o peso de sementes boas (PSB) é eficiente para a seleção direta de genótipos resistentes e altamente produtivos. O mesmo foi

confirmado por Pereira (2015), o qual estudou o efeito da seleção em PSB em populações segregantes de soja e concluiu que esse método resultou em plantas altamente produtivas e resistentes ao complexo de percevejos.

No entanto, a eficiência de seleção de determinado índice é influenciada pelas características inerentes à população estudada (PEDROZO et al., 2009), como herdabilidade e correlação genética entre os caracteres. A herdabilidade determina o quanto da variação total é de natureza genética. Já a correlação permite prever como uma característica deverá se comportar, com base nos parâmetros obtidos para outra, e estima o nível de união entre elas (GARNERO et al., 2010). O conhecimento das correlações genéticas é de grande importância no melhoramento, pois é possível a partir delas orientar os procedimentos de seleção, predizendo a mudança no mérito genético de uma característica Y, quando a seleção é praticada nela mesma ou em outra característica X (SENA, 2011).

Assim, este estudo teve como objetivos a caracterização e seleção de linhagens de soja para resistência ao complexo de percevejos com base no PSB, e predição do ganho genético para as outras características avaliadas.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Experimento**

O ensaio foi conduzido em condição de campo no ano agrícola de 2014/2015, na estação experimental de Anhumas, Piracicaba-SP, do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Foram avaliadas 295 linhagens de soja oriundas de cruzamentos contendo a cultivar IAC-100 como um dos genitores e nove testemunhas (BMX Ativa, NA5909 RR, FTS Arapoty, FTS Campo Mourão, NA4823RR, IAC-100, V Max, CD 215 e Potência).

O delineamento experimental empregado foi um alfa-látice 16x19 com três repetições, sendo cada parcela constituída de quatro linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre si, utilizando-se 18 sementes por metro linear. Apenas as duas linhas centrais constituíram a parcela útil efetivamente colhida, evitando, assim, possíveis contaminações varietais.

A infestação de percevejos foi natural. A densidade populacional dos insetos foi acompanhada semanalmente (entre R3 e R8) pelo método de pano-de-batida, de

cor branca, preso em duas varas, com 1m de comprimento, o qual foi usado em uma fileira de soja (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2011). Foram realizadas 20 batidas, aleatórias ao longo da área experimental, por dia de avaliação.

### 3.2.2 Fenotipagem

Com base na área útil da parcela, foram avaliadas as seguintes características agronômicas:

- i)* NDM: número de dias para a maturidade, contados desde a semeadura até a data em que 95% das vagens apresentaram-se maduras;
- ii)* APM: altura da planta (cm) na maturidade, medida desde a base da planta (no solo) até o ápice da haste principal;
- iii)* AC: acamamento, avaliado na maturidade por uma escala de notas visuais de 1 a 5, sendo a nota 1 correspondente à planta ereta e a 5 à planta acamada;
- iv)* VA: valor agronômico, avaliado na maturidade através de uma escala de notas visuais de 1 a 5, sendo a nota 1 correspondente à planta sem nenhum valor agronômico e a nota 5 à planta com excelentes características agronômicas (grande número de vagens, altura entre 60 a 100 cm, vigor, sem acamamento, ausência de hastes verdes e retenção foliar, sem debulha de vagens e sem sintomas de doenças);
- v)* PG: produtividade de grãos, avaliado em  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

Ainda, foram avaliados quatro caracteres associados à resistência aos percevejos:

- i)* PEG: período de granação (dias) obtido pela diferença entre R7 (término do enchimento de grãos) e R5 (início do enchimento de grãos) (FEHR et al, 1971);
- ii)* PCS: peso de cem sementes (g), a partir de uma amostra ao acaso após padronização da umidade.

- iii) RF: retenção foliar, sendo a nota zero para plantas com senescência normal e a nota 5, quando as plantas apresentarem várias hastes e folhas verdes (colheita impraticável);
- iv) PSB: peso de sementes boas (kg ha<sup>-1</sup>), ou seja, sem danos provocados por percevejos, avaliado após a colheita e beneficiamento dos grãos. Para o beneficiamento as sementes foram passadas em um espiral, onde os grãos chochos, verdes e malformados foram separados pela ação das forças da gravidade e centrífuga.

### 3.2.3 Análise dos dados

Para todos os caracteres avaliados foi utilizado o modelo linear abaixo (eq. 1) para estimar os componentes de variância pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML). Todos os termos do modelo foram considerados aleatórios.

(1)

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + R_j + B_k(R_j) + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde:

$Y$ : é o valor da observação referente ao genótipo  $i$  na repetição  $j$  no bloco  $k$ ;

$\mu$ : é a média do efeito principal;

$G_i$ : é o efeito do genótipo  $i$ ;

$R_j$ : é o efeito da repetição  $j$  ;

$B_K(R_j)$ : é o efeito do bloco  $k$  dentro da repetição  $j$ ; e

$\varepsilon_{ijkl}$ : é o erro ou resíduo aleatório.

A herdabilidade no sentido amplo foi estimada com base na média dos genótipos (eq. 2):

(2)

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{nRep}}$$

Onde:

$\sigma_g^2$  : variância genotípica;

$\sigma_e^2$ : variância do erro; e  
 $nRep$ : número de repetições.

Foi utilizado procedimento de Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) para estimar dos valores genotípicos para cada indivíduo.

As estimativas das correlações genotípicas (eq. 3) foram obtidas entre todos os pares de caracteres avaliados com base nas médias estimadas pelo BLUP.

(3)

$$r(xy) = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Onde:

$Cov(x, y)$  : covariância entre os caracteres X e Y;

$\sigma_x$  : desvio-padrão do caráter X; e

$\sigma_y$  : desvio-padrão do caráter Y.

A seleção foi baseada na característica PSB, visando a obtenção de genótipos superiores, considerando resistência ao complexo de percevejos e alto rendimento (ROCHA et al., 2014).

O ganho de seleção (GS) foi estimado pela seguinte expressão (eq. 4):

(4)

$$GS = \bar{X}_S - \bar{X}_O$$

Onde:

$\bar{X}_S$ : médias preditas pelo BLUP das linhagens selecionadas; e

$\bar{X}_O$ : médias preditas pelo BLUP da população original.

As análises dos componentes de variância e parâmetros genéticos e a predição dos BLUPs foram realizadas via *META suite* (VARGAS et al., 2013) no *Software Statistical Analysis System (SAS)* versão 9.3 (SAS Institute, 2012). As estimativas das correlações genotípicas foram realizadas por meio do software SAS, ao nível de significância 5%, estimado pelo Teste t.



### 3.3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Flutuação populacional dos percevejos

Na Figura 1 pode-se observar a flutuação populacional dos percevejos, sendo representada pela média de percevejos por data de amostragem. Nota-se aumento progressivo da população de percevejos ao longo do ciclo da cultura, mais especificamente, entre os estados R5 e R7, que representa o período de granação (PEG). A população de percevejo alcançou um nível extremamente elevado, aproximadamente 14, sendo necessário o uso de controle químico após a última amostragem para garantir a colheita.

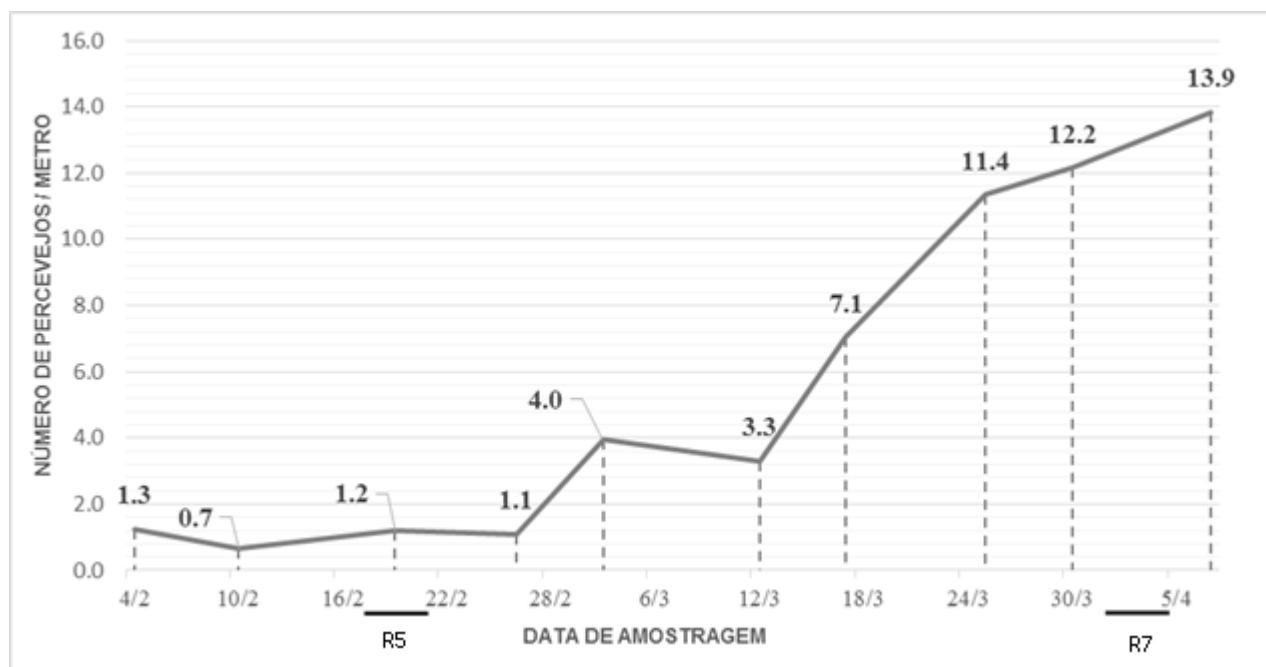


Figura 1 – Número médio de percevejos por amostragem durante o experimento, com destaque para o estágio de período de granação (PEG), compreendido entre os estádios fenológicos R5 e R7, no ano agrícola de 2014/2015, Piracicaba-SP

Verifica-se que a população de percevejos superou o nível de dano econômico (NDE), que é de dois e um percevejos por metro de fileira, para lavouras comerciais e de produção de sementes, respectivamente (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009; STÜRMER et al., 2014). Dessa forma, a infestação de percevejos foi alta o suficiente para avaliar a reação dos genótipos ao ataque, permitindo a discriminação dos mesmos em relação à resistência a esses insetos-praga.

### 3.3.2 Parâmetros Genéticos

Os resultados referentes às estimativas dos componentes de variância, média, coeficiente de variação e herdabilidade para os nove caracteres avaliados encontram-se na Tabela 1. O componente de variância genotípica, que expressa a variação causada pela diferença genética entre genótipos (FEHR, 1987) teve maior magnitude que a variância residual para VA, PSB e PCS, indicando alta variabilidade genética para essas características. A variância genotípica é considerada um dos mais importantes parâmetros para quantificar o potencial de melhoramento de uma população, sendo que a existência de variância genotípica indica a viabilidade do uso de técnicas seletivas (BUENO et al., 2013). A existência de variabilidade para PSB é essencial, uma vez que está associada à resistência à soja ao complexo de percevejos, sendo usada como alvo de seleção.

Tabela 1 – Componentes de variância, média, CV (coeficiente de variação) e  $h^2$  (herdabilidade) para os caracteres PEG (período granação em dias), NDM (número de dias para maturidade), APM (altura da planta na maturidade em cm), RF (retenção foliar em escala de nota variando de 1 a 5), VA (valor agrônomo em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade total em kg ha<sup>-1</sup>), PSB (peso de sementes boas em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g) avaliados em linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos na safra de 2014/2015, Piracicaba-SP

Estatística	PEG	NDM	APM	RF	VA	AC	PG	PSB	PCS
$\sigma_g^2$ :	14,555	19,246	60,502	0,233	0,310	0,048	155932,9	98906,5	4,224
$\sigma_e^2$ :	20,039	33,363	146,9	0,301	0,299	0,098	225471,1	88651,6	2,449
Média	45,973	134,8	71,307	2,353	3,368	1,111	1690,1	590	13,920
CV	8,123	3,596	14,282	19,472	13,646	23,067	24,061	43,325	10,009
$h^2$	0,685	0,634	0,553	0,699	0,757	0,595	0,675	0,770	0,838

\* $\sigma_g^2$ : variância genotípica e  $\sigma_e^2$ : variância residual

Os CV para AC, PG e PSB estão acima do recomendado por PIMENTEL-GOMES (2000) para indicar boa precisão experimental, que é de 20%. Para AC isso pode ter ocorrido devido à influência de fatores bióticos e abióticos no crescimento vegetativo dos genótipos, bem como pela subjetividade da avaliação dessa característica, que é em notas. De acordo Lopes et al. (2002), magnitudes maiores de CV para PG estão relacionados a sua natureza complexa (quantitativa), sendo muito influenciada pelo ambiente. Já para PSB, a observação pode ser explicada por um efeito combinado, pois a característica está diretamente relacionada ao ataque de

percevejos e, como é derivada de PG, também tem o efeito de característica quantitativa. De maneira geral, os elevados CV podem ser explicados pelo ataque de percevejos, pois a distribuição destes insetos no campo não é uniforme (PEREIRA, 2015). Assim, alguns genótipos podem ser mais afetados que outros. Resultados semelhantes foram encontrados por Möller (2010), Pinheiro (1993), Santos (2012) e Pereira (2015), em trabalhos de avaliação da resistência a percevejos em soja.

É de grande importância que a herdabilidade seja calculada para cada população estudada, pois a mesma não é um valor fixo, sendo influenciada pela amostragem, por diferenças populacionais e ambientais e pelos parâmetros usados em sua estimação (BÁRBARO et al., 2007). A principal função da herdabilidade é seu papel preditivo, de tal forma que quanto maior a herdabilidade maior o ganho genético por seleção (FALCONER, 1981).

As estimativas de herdabilidade podem ser consideradas baixas quando inferiores a 30%; intermediárias, se entre 30% e 60%; e altas quando é superior a 60% (BROGIN; ARIAS; TOLEDO, 2003). Para a população avaliada, as herdabilidades observadas estão na faixa de intermediária a alta, mostrando que, para as características estudadas, a variação existente é principalmente de natureza genética. Dessa forma existe grande potencial para seleção de genótipos superiores para a melhoria destas características.

O maior valor de herdabilidade foi observada para PCS (0,838), e o valor mais baixo, para APM (0,553). Para Rocha et al. (2015), a herdabilidade para PCS também foi a maior encontrada entre as características avaliadas. Já a herdabilidade de APM foi menor que os encontrados por Pereira (2015) e Santos (2012). Entre as características envolvidas na resistência (PEG, PCS, RF e PSB), todas os valores de herdabilidade foram altos, o que é fundamental para obtenção de genótipos resistentes.

A herdabilidade encontrada para PSB foi de 0,77, significando que 77% da variação fenotípica corresponde aos efeitos de genótipo, assim a seleção baseada nas médias genotípicas será eficaz para essa característica. Esse valor foi superior ao encontrado por Rocha et al. (2015), que usou o PSB como alvo de seleção de linhagens resistentes ao complexo de percevejos e altamente produtivos.

Os coeficientes de correlação genotípica foram calculados para cada par de combinações dos caracteres (Tabela 2). A maioria das correlações foram significativas pelo teste de t a 0,05 de probabilidade. A maior correlação positiva encontrada foi

entre PSB e PG (0,765), enquanto que a negativa foi entre VA e RF (-0,835). O sucesso de um programa de melhoramento fundamenta-se na existência de variabilidade genética, sendo necessário o aproveitamento rápido e eficiente dessa variabilidade, e os estudos de correlação constituem um dos caminhos para se ganhar tempo e reduzir esforços (CRUZ, 2005).

Tabela 2 – Coeficientes de correlações genotípicas, calculadas a partir das médias estimadas pela Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) entre os caracteres PEG (período granação em dias), NDM (número de dias para maturidade), APM (altura da planta na maturidade em cm), RF (retenção foliar em escala de nota variando de 1 a 5), VA (valor agrônomo em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>), PSB (peso de sementes boas em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g), avaliados em linhagens de soja com alelos de resistência ao complexo de percevejos no ano agrícola de 2014/2015, Piracicaba-SP

	PEG	NDM	APM	RF	VA	AC	PG	PSB	PCS
PEG	-	0,165*	-0,139*	0,441*	-0,439*	-0,122*	-0,342*	-0,217*	0,542*
NDM		-	0,121*	0,563*	-0,452*	0,229*	-0,549*	-0,634*	0,301*
APM			-	-0,056	0,197*	0,325*	0,040	-0,135*	-0,158*
RF				-	-0,835*	0,084	-0,631*	-0,664*	0,597*
VA					-	-0,178*	0,671*	0,607*	-0,553*
AC						-	-0,177*	-0,244*	-0,013
PG							-	0,765*	-0,426*
PSB								-	-0,409*

\*Significativo pelo teste de t a 0,05 de probabilidade de erro

O caráter PSB teve correlações significativas com todas as outras características. Sendo positivas para VA e PG e negativas para o restante. Assim, é esperado que a seleção para maiores PSB resulte em maiores VA e PG, o que é de grande valor para o melhoramento, pois ao selecionar para um caráter de resistência, consequentemente há a obtenção de genótipos produtivos e com boas características agrônomicas. Resultados semelhantes foram obtidos nos trabalhos de Santos (2012), Pereira (2015), Rocha et al. (2015) que também encontraram correlação alta e positiva entre esses caracteres.

Com relação às outras características agrônomicas NDM, APM e AC, as correlações negativas com PSB também sugerem diminuição das mesmas. Para AC esta redução é satisfatória, pois busca-se por plantas que não acamem. A redução da APM até certo ponto é desejável, pois plantas altas tendem a acamar mais, resultando em problemas na colheita e perdas na quantidade e qualidade do produto colhido. Da mesma forma, a redução do ciclo da soja pode ser um fator positivo, pois reduzindo o ciclo, reduz-se o tempo de exposição da cultura ao ataque dos percevejos, o que é

reforçado pela correlação negativa de PSB e PEG. Além disso, atualmente busca-se genótipos mais precoces como alternativa de manejo para a ferrugem asiática da soja.

Quando se trata de resistência a insetos deseja-se plantas com: menor PEG, visando menor exposição das vagens aos insetos, pois esse é o período em que a planta está mais susceptível aos danos; menor RF, uma vez que a senescência adequada é essencial para colheita mecanizada; menor PCS, pois a redução do tamanho da semente é um mecanismo de pseudo-resistência, chamado diluição de dano, no qual a cultivar produz mais sementes por planta, diluindo o dano dos percevejos (ROSSETTO; LARA, 1991; PINHEIRO, 1993; GODÓI et al., 2002). Dessa forma, de acordo com as estimativas de correlação, a seleção com base no PSB teria resultados satisfatórios para essas três características discutidas.

Os coeficientes de correlação são de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências entre características. É de suma importância que o melhorista leve em consideração as relações existentes entre as variáveis para tomar decisões sobre a seleção. Assim, de acordo com as correlações relatadas, a seleção para PSB, visando resistência ao complexo de percevejos e aumento de produtividade, levará mudanças genéticas favoráveis nos outros caracteres.

### **3.3.3 Seleção**

A seleção dos genótipos foi baseada no caractere PSB, sendo selecionados 59 dentre os 295 genótipos, considerando uma intensidade de seleção de 20%. Na Tabela 3 estão apresentados o desempenho baseado nos valores das médias preditas pelo BLUP dos genótipos selecionados e das nove testemunhas para os caracteres avaliados, bem como a média das testemunhas, da população original e selecionada e o ganho de seleção estimado.

Analisando a média das linhagens selecionadas para as características de resistência e comparando com a cultivar resistente IAC-100, percebe-se que o PEG é muito semelhante. Porém as linhagens possuem menor RF e maior PSB, podendo ser consideradas mais resistentes aos percevejos. Já o PCS foi maior que o de IAC-100, mas ainda pequeno quando comparado com as outras testemunhas. Além dessas características vale destacar que a para PG as linhagens tiveram um desempenho muito superior que IAC-100, de mais de 500 kg ha<sup>-1</sup>. Isso é muito importante já que a

Tabela 3– Desempenho dos 59 genótipos selecionadas a partir da média genética predita pela Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) e das nove cultivares testemunhas para PEG (período granação em dias), NDM (número de dias para maturidade), APM (altura da planta na maturidade em cm), RF (retenção foliar em escala de nota variando de 1 a 5), VA (valor agrônômico em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>), PSB (peso de sementes boas em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g), no ano agrícola de 2014/2015, Piracicaba-SP

Gen	PEG	NDM	APM	RF	VA	AC	PG	PSB	PCS
214	41,819	127,58	62,965	1,825	3,619	1,046	1903,9	1366,4	12,787
252	45,361	129,13	68,568	1,890	3,745	1,244	2117,9	1331,7	12,336
198	45,642	133,07	63,845	2,134	3,581	1,041	1994,4	1329,2	11,855
148	45,022	128,42	70,595	1,919	4,092	1,040	2081,7	1265,0	12,052
236	44,015	132,96	64,903	1,599	3,965	1,046	2252,7	1222,8	11,520
280	44,707	132,92	73,087	2,137	3,813	1,042	2015,4	1212,8	12,375
206	45,920	129,44	78,765	1,699	3,717	1,441	2129,8	1207,7	11,156
212	43,682	143,52	61,230	2,564	3,323	1,048	1737,5	1196,7	11,218
109	44,126	141,34	65,889	1,638	4,055	1,043	2238,9	1192,1	11,741
5	45,830	132,11	68,088	1,659	4,387	1,047	2189,8	1170,9	12,972
174	45,578	128,17	70,693	1,939	3,794	1,043	1967,5	1147,1	11,782
233	44,059	131,66	72,039	1,842	4,127	1,046	2385,9	1142,5	12,391
178	45,944	129,43	74,582	1,916	4,225	1,046	2274,6	1129,7	12,455
44	45,367	129,22	71,064	1,875	3,805	1,045	2024,5	1093,9	11,414
267	45,084	132,98	70,050	1,607	4,371	1,045	2244,0	1086,0	11,842
201	45,533	131,34	69,869	1,795	3,893	1,046	1854,7	1076,9	11,798
202	46,153	133,51	70,616	1,701	3,951	1,046	2016,0	1074,8	11,233
77	46,395	128,71	67,451	2,366	3,529	1,044	2192,0	1070,8	11,850
291	43,802	132,05	75,563	1,647	4,332	1,041	1955,5	1057,8	15,636
197	45,880	130,88	69,289	2,328	3,297	1,046	2009,1	1056,0	16,557
20	43,657	129,80	61,888	2,132	3,087	1,048	1767,0	1051,3	10,794
162	47,607	134,65	65,863	2,133	3,244	1,048	2087,9	1049,8	11,907
149	43,253	128,60	70,762	1,413	4,357	1,238	2206,8	1046,8	11,097
87	46,710	129,27	70,517	1,661	3,566	1,242	1929,1	1041,0	12,091

Tabela 3– Desempenho dos 59 genótipos selecionadas a partir da média genética predita pela Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) e das nove cultivares testemunhas para PEG (período granação em dias), NDM (número de dias para maturidade), APM (altura da planta na maturidade em cm), RF (retenção foliar em escala de nota variando de 1 a 5), VA (valor agrônômico em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>), PSB (peso de sementes boas em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g), no ano agrícola de 2014/2015, Piracicaba-SP (continuação)

Gen	PEG	NDM	APM	RF	VA	AC	PG	PSB	PCS
33	44,862	130,08	70,081	1,642	3,862	1,045	2002,4	1039,1	12,469
136	45,803	144,04	66,544	2,118	3,566	1,048	2010,7	1038,2	12,368
139	44,433	132,17	74,070	1,889	4,094	1,044	1932,7	1033,9	13,122
230	45,460	127,47	73,224	1,909	3,770	1,436	2291,8	1029,7	13,450
114	44,749	131,12	74,097	1,646	4,275	1,043	2035,4	1009,0	11,696
176	44,368	128,60	68,041	1,887	4,100	1,050	1922,3	984,2	12,490
115	48,480	133,22	75,837	2,294	3,629	1,047	2058,6	960,4	15,686
248	44,570	130,34	72,538	1,896	4,015	1,047	1973,6	957,8	10,948
292	46,964	131,84	73,451	1,661	4,063	1,046	2208,1	952,9	13,058
188	45,859	123,66	70,402	1,578	4,193	1,045	1963,9	949,9	11,782
240	47,465	132,37	69,563	1,860	3,849	1,049	1721,8	948,9	15,583
92	44,080	134,26	68,738	2,115	3,806	1,044	2292,2	944,8	13,463
6	45,375	132,07	65,424	1,684	4,077	1,043	2154,9	942,0	17,686
3	45,476	132,42	65,217	1,630	4,062	1,241	2072,3	933,5	12,959
163	44,512	130,30	69,028	2,051	3,615	1,041	2126,0	927,6	13,007
116	45,068	131,22	69,619	1,512	4,068	1,041	1825,8	922,5	12,807
294	44,833	134,07	63,185	2,507	2,860	1,047	1842,0	903,8	13,107
161	44,821	129,79	67,433	1,838	3,944	1,044	2077,1	883,4	11,799
74	43,057	134,81	67,091	2,404	3,446	1,043	1780,0	882,4	17,102
219	47,985	127,31	61,011	1,921	3,287	1,045	1577,4	878,7	15,087
217	45,763	134,12	77,009	2,309	3,846	1,049	2181,0	878,4	12,763
175	45,692	129,86	69,567	1,861	4,062	1,046	1857,7	878,1	11,607
247	46,061	131,70	68,429	2,312	3,609	1,046	2072,4	872,9	11,754
55	47,856	132,74	73,549	2,497	3,401	1,045	1853,6	871,3	15,994
5	45,745	129,56	73,828	1,841	3,568	1,244	2202,9	871,1	13,475

Tabela 3– Desempenho dos 59 genótipos selecionadas a partir da média genética predita pela Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) e das nove cultivares testemunhas para PEG (período granação em dias), NDM (número de dias para maturiade), APM (altura da planta na maturidade em cm), RF (retenção foliar em escala de nota variando de 1 a 5), VA (valor agrônômico em escala de nota variando de 1 a 5), AC (acamamento em escala de nota variando de 1 a 5), PG (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>), PSB (peso de sementes boas em kg ha<sup>-1</sup>) e PCS (peso de cem sementes em g), no ano agrícola de 2014/2015, Piracicaba-SP (Conclusão)

Gen	PEG	NDM	APM	RF	VA	AC	PG	PSB	PCS
225	45,184	134,60	66,158	2,274	3,115	1,050	1809,8	861,7	12,984
170	48,085	134,79	76,663	2,535	3,437	1,044	1867,8	859,9	13,989
260	45,471	133,76	72,614	2,049	3,991	1,047	2306,7	856,9	13,419
119	45,697	132,54	68,335	1,877	3,370	1,046	1623,1	856,9	12,236
28	45,797	130,70	73,301	1,707	3,975	1,049	1849,3	852,1	11,604
243	43,260	133,17	74,759	1,847	3,742	1,046	2208,4	846,8	12,670
40	43,096	129,21	72,224	1,912	3,799	1,037	2008,1	846,6	12,786
111	44,762	130,45	79,785	1,708	4,273	1,046	2103,2	843,4	13,184
254	45,933	134,73	68,051	2,596	3,086	1,042	1952,6	833,6	14,960
220	44,224	132,13	72,765	2,153	3,880	1,045	1771,0	832,0	11,910
BMX Ativa	53,435	122,68	49,651	2,788	2,191	1,049	1378,0	564,8	19,850
NA5909 RR	58,289	139,43	55,659	3,008	2,110	1,044	1261,3	200,7	16,857
Arapoty	53,822	134,96	74,471	3,465	2,130	1,047	1085,2	327,3	17,376
FTS C Mourão	50,077	135,76	62,298	3,198	2,675	1,049	1833,1	589,9	19,542
NA4823RR	51,843	125,59	56,420	2,307	1,871	1,050	1285,6	465,5	16,144
IAC-100	45,528	130,94	61,527	2,160	3,528	1,045	1504,2	970,0	11,067
V Max	54,431	138,54	67,126	3,069	2,327	1,044	1190,0	248,1	14,695
CD 215	53,064	129,15	66,295	2,829	2,267	1,049	1183,8	505,2	15,190
Potência	52,187	137,02	72,685	2,325	2,709	1,047	1509,1	664,4	15,559
$\mu_T$	52,520	132,67	62,903	2,794	2,423	1,047	1358,9	504,0	16,253
$\mu_S$	45,288	131,80	69,997	1,948	3,790	1,075	2018,9	1010,2	12,845
$\mu_P$	45,773	134,912	71,563	2,339	3,396	1,113	1700,2	592,68	13,849
GS	-0,485	-3,115	-1,566	-0,391	0,394	-0,037	318,65	417,61	-1,004
GS%	-1,059	-2,309	-2,189	-16,715	11,591	-3,365	18,742	70,468	-7,247

\*  $\mu_T$ : média das testemunhas;  $\mu_S$ : média dos genótipos selecionados;  $\mu_G$ : média dos genótipos totais; GS: ganho de seleção estimado



cultivar IAC-100 já está obsoleta e há a necessidade de novas cultivares que agreguem resistência com boa produtividade.

Utilizando o PSB como alvo de seleção foram alcançados ganhos de seleção satisfatórios para todas as características avaliadas, corroborando os resultados obtidos nas correlações genóticas previamente discutidas. A avaliação dos ganhos a serem obtidos por uma determinada estratégia de seleção permite orientar programas de melhoramento, de forma a prever seu sucesso, escolher ou descartar populações/ indivíduos e concentrar esforços na medição de caracteres de maior importância e potencialidade de ganho (CRUZ, 2005).

Entre os caracteres relacionados à resistência ao complexo de percevejos, os ganhos com a seleção estimados foram: redução de 0,685 dias no PEG, representando um decréscimo de 1,059% em relação à média original, o que diminuiria a exposição das vagens aos percevejos; para RF houve um ganho negativo de 17%, sendo um bom resultado, tendo em vista que a RF é uma das graves consequências do ataque dos percevejos (SOSA-GOMEZ; MOSCARDI, 1995); para PSB um aumento de 417,61 kg ha<sup>-1</sup>, sendo mais de 70% de acréscimo, o que indica maior resistência ; e redução de mais de 7% no PCS, que aliada ao aumento de PSB indica diluição do dano causada pelos percevejos.

Já para os caracteres agrônômicos obteve-se: redução de 3,115 dias no NDM; redução de 1,566 cm na APM, sendo favorável já que a média da população selecionada foi de quase 70 cm, compatível com a colheita mecanizada – o ideal é acima de 60 cm (EMBRAPA, 2011); aumento de 0,394 no VA, o que reflete o ganho positivo para os demais que o compõem; redução de 0,037 no AC; e aumento de 318,65 kg.ha<sup>-1</sup> na PG, ganho elevado e simultâneo a PSB, indicando que, de fato, selecionando-se para PSB também seleciona-se os genótipos mais produtivos.

Dentre os 10 primeiros selecionados, os genótipos 148, 236 e 280 merecem destaque, pois além de possuírem boas características de resistência, estão entre os mais produtivos.

### **3.4 Conclusões**

Houve aumento da população do percevejo na área experimental durante o período granação (R5-R7), superando o estabelecido para dano econômico.

Os genótipos avaliados apresentaram variabilidade para todas as características, possibilitando a obtenção de linhagens que aliem bom desempenho agrônomico e resistência ao complexo de percevejos.

As herdabilidades observadas foram de intermediária a alta, mostrando que, para os caracteres avaliados, a variação foi basicamente de natureza genética.

A maioria das correlações genotípicas foram significativas. O caráter PSB teve correlações significativas e em sentido favorável com todas as outras características, indicando que a seleção com base nesta característica resulta na obtenção de genótipos resistentes aos percevejos e altamente produtivos.

A seleção com base no PSB foi efetiva para genótipos com alto rendimento, boas características agrônomicas e com maior capacidade de suportar o ataque dos insetos, por proporcionar ganhos nos sentidos desejados para todos os caracteres, com destaque os genótipos 148, 236 e 280.

## Referências

- BÁRBARO, I.M.; CENTURION, M.A.P.C.; MAURO, A.O.D.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; COSTA, M.M.; MUNIZ, F.R.S.; SILVEIRA, G.D.; SARTI, D.G.P. Variabilidade e correlações entre produtividade de grãos e caracteres agrônomicos de soja com aptidão para cultivo em áreas de reforma de canavial. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 136 – 145, 2007.
- BROGIN, R.L.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F. Genetic control of soybean resistance to brown spot (*Septoria glycines*): First studies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 35-44, 2003.
- BUENO, R.D.; BORGES, L.L.; ARRUDA, K.M.A.; BHERING, L.L.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Genetic parameters and genotype x environment interaction for productivity, oil and protein content in soybean. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.8, n. 38, p. 4853-4859, 2013.
- CAMPOS, M.; KNUTSON, A.; HEITHOLT, J.; CAMPOS, C. Resistance to Seed Feeding by Southern Green Stink Bug, *Nezara viridula* (Linnaeus), in Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Southwestern Entomologist**, Weslaco, v. 35, n. 3, p. 233–239, out. 2010.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, Malden, v. 4, p. 145–150, 2002.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; MINAMI, C.A. **Percevejos e a qualidade da semente de soja – Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 15 p. (Embrapa Soja: Circular Técnica, 67).
- CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013. **Sistemas de Produção Embrapa Soja**, Londrina: Embrapa Soja, 2011. n 15, p 261.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M.A. SILVA e J.C. SILVA. Viçosa: UFV, 1981. 279 p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of Development Descriptions for Soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Medison, v.11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FEHR, W.R. **Principles of Cultivar Development: Crop Species**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. V. 2. 536p.

GARNERO, A.DeIV.; MUÑOZ, M.C.C.D.; MARCONDES, C.R.; LÔBO, R.B.; LIRA, T.; GUNSKI, R.J. Estimação de Parâmetro Genéticos entre Pesos Pré e Pós-Desmama na Raça Nelore. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 59, p. 1-4, 2010.

GAZZONI, D.L. Efeito de populações de percevejos na produtividade, qualidade da semente e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1229-1237, ago. 1998.

GODOI, C.R.C.; PINHEIRO, J.B. Genetic parameters and selection strategies of soybean genotypes resistant to stink bug complex. **Genetics and Molecular Biology**. Ribeirão Preto, v. 32, n. 2, p. 328-336. 2009.

GODOI, C.R.C; PEREIRA, F.S; UMENO, F; ÁZARA, N.A; LIMA, P.M.S; SILVA, R.P; OLIVEIRA, A.B; ARAÚJO, I.M.; ZUCCHI, M.I; PINHEIRO, J.B. Resistência a insetos em populações de soja com diferentes proporções gênicas de genitores resistentes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 1, n. 32, p. 47-55, 2002.

LOPES, A.C.A.; VELLO, N.A.; PANDINI, F.; ROCHA, M.M.; TSUTSUMI, C.Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341–348, 2002.

MAIA, M.C.C.; VELLO, N A.; ROCHA, M.M.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; LAVORANTE, O.J.; PINHEIRO, J.B.; DIAS, C.T.S.; ASSIS, G.M.L. Seleção de linhagens experimentais de soja para características agronômicas e tolerância a insetos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 85–97, 2009.

MATTIONI, N. M.; Huth, C.; Segalin, S. R.; Mertz, L. M.; Nunes, U. R. Distribuição espacial de danos de percevejo em campos de produção de sementes de soja. **Interciencia**, Caracas, v. 40, n. 1, p. 50–56, 2015.

MCPHERSON, R.M.; BUSS, G.R.; ROBERTS, P.M. Assessing stink bug resistance in soybean breeding lines containing genes from germplasm IAC-100 assessing stink bug resistance in soybean breeding lines containing genes from germplasm IAC-100. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 100, n. 4, p. 1456–1463, ago. 2007.

MINER, F.D. **Biology and control of stink bugs on soybeans**. Fayetteville: Arkansas Experiment Station, 1966. 40 p. (Bulletin, 708).

MÖLLER, M. **Mapeamento de locos de resistência quantitativa da soja ao complexo de percevejos**. 2010. 86p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PANIZZI, A.R.; SMITH, J.G.; PEREIRA, L.A.G.; YAMASHITA, J. Efeito dos danos de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) no rendimento e qualidade da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1978, Londrina, **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1979. v. 2, p. 59-78.

PEDROZO, C.A.; BENITES, F.R.G.; BARBOSA, M.H.P.; RESENDE, M.D.V. de; SILVA, F.L. da. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.1, p.31-36, 2009.

PEREIRA, F.B. **Estratégias de seleção para resistência a percevejos e alta produtividade em populações segregantes de soja**. 2015. 75p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

PEREIRA, F.B. **Estratégias de seleção para resistência a percevejos e alta produtividade em populações segregantes de soja**. 2015. 75p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14.ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.

PINHEIRO, J.B. **Dialelo parcial entre parentais de soja resistentes e suscetíveis a insetos**. 1993. 143 p. Dissertação de mestrado (Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

PIUBELLI, G.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; MOSCARDI, F.; MIYAKUBO, S.H.; DE OLIVEIRA, M.C. Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatilis*? **Journal of Chemical Ecology**, Verlag, v. 31, n. 7, p. 1509–1524, 2005.

RAO, K.V.; CHATTOPADHYAY, S.K.; REDDY, G.C. Flavonoids with mosquito larval toxicity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Freising, v. 38, p. 1427-1430, 1990.

ROCHA, F.; BERMUDEZ, F.; FERREIRA, M.C.; OLIVEIRA, K.C.; PINHEIRO, J.B. Effective selection criteria for assessing the resistance of stink bugs complex in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, p. 174-179, 2014.

ROCHA, F.; VIEIRA, C.C.; FERREIRA, M.C.; OLIVEIRA, K.C.; MOREIRA, F.F.; PINHEIRO, J.B. Selection of soybean lines exhibiting resistance to stink bug complex in distinct environments. **Food and Energy Security**, doi: 10.1002/fes3.57, 2015.

ROSSETTO, C.J.; GALLO, P.B.; RAZERA, L.F.; BORTOLETTO, N.; IGUE, T.; MEDINA, P.F.; TISSELI FILHO, O.; AQUILERA, V.; VEIGA, R.F. A.; PINHEIRO, J.B. Mechanisms of resistance to stink bug complex in the soybean cultivar IAC-100. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 517-522, 1995

ROSSETTO, C.J.; LARA, F.M. Diluição de dano, mecanismo de pseudo-resistência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13. 1991, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 1991. p. 525.

SANTOS, M.F. **Mapeamento de QTL e expressão gênica associados à resistência da soja ao complexo de percevejos**. 2012. 119p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SAS INSTITUTE. **SAS language and procedures: usage; version 9.3**. Cary, 2012. 1 CD-ROM.

SENA, J.S.S. **Parâmetros genéticos, tendências e resposta à seleção de características produtivas da raça Nelore na Amazônia Legal**. 2011. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

SILVA, F.A.C.; SILVA, J.J. da; DEPIERI, R.A.; PANIZZI, A.R. Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 41, n. 5, p. 386–390, jun. 2012.

SILVA, J.P.G.F.; BALDIN, E.L.L.; CANASSA, V.F.; SOUZA, E.S.; LOURENÇÃO, A.L. Assessing antixenosis of soybean entries against *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae). **Arthropod-Plant Interactions**, Dordrecht, v. 8, n.4, p. 349–359, 2014.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 401-404, 1995.

STÜRMER, G.R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SARI, B.G.; BURDET, L.M.; GUEDES, J.V.C. Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1177-1186, 2014.

TURNIPSEED, S.G.; KOGAN, M. Soybean entomology. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 21, n. 1, p. 247-282, 1976.

VARGAS, M.; COMBS, E.; ALVARADO, G.; ATLIN, G.; MATHEWS, K.; CROSSA, J. META: A Suite of SAS Programs to Analyze Multienvironment Breeding Trials. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, p.11–19, 2013.

VILLAS-BÔAS, G.L.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, M.C.N.; COSTA, N.P.; ROESSING, A.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A. Efeito de diferentes populações de percevejos sobre o rendimento e seus componentes, características agrônômicas e qualidade de semente de soja. **Boletim de Pesquisa Embrapa CNPSo**, Londrina, v. 1, p. 43, 1990.