

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO BIOTECNOLOGIA

Correlações fenotípicas, genotípicas e caracterização agrônômica de soja cultivada com
infestação natural de percevejos (*Euschistus heros*)

Larissa Thesing

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Biotecnologia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do grau
de Bacharel em Biotecnologia.

Uberlândia – MG

Novembro de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO BIOTECNOLOGIA

Correlações fenotípicas, genotípicas e caracterização agronômica de soja cultivada com
infestação natural de percevejos (*Euschistus heros*)

Larissa Thesing

Ana Paula Oliveira Nogueira

Orientadora

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Biotecnologia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do grau
de Bacharel em Biotecnologia.

Uberlândia - MG

Novembro de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO BIOTECNOLOGIA

Correlações fenotípicas, genotípicas e caracterização agronômica de soja cultivada com
infestação natural de percevejos (*Euschistus heros*)

Larissa Thesing

Ana Paula Oliveira Nogueira
Orientadora

Homologado pela coordenação do Curso

De Biotecnologia em __/__/__

Edgar Silveira Campos
Coordenador do Curso de Biotecnologia

Uberlândia - MG

Novembro de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO BIOTECNOLOGIA

Correlações fenotípicas, genotípicas e caracterização agronômica de soja cultivada com
infestação natural de percevejos (*Euschistus heros*)

Larissa Thesing

Aprovado pela Banca Examinadora em: 27 / 11 / 2020. Nota: 99

Ana Paula Oliveira Nogueira
Presidente da Banca Examinadora

Uberlândia - MG

Novembro de 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ser minha força e sustento em todos os momentos.

Aos meus pais, Cleonice e Vanderlei, por todo carinho e dedicação, por sempre me apoiarem, por acreditarem em mim acima de tudo e por nunca me deixarem desistir. O incentivo de vocês foi essencial para a conclusão desta caminhada.

À minha orientadora Profa. Dra. Ana Paula Oliveira Nogueira, pela oportunidade de estagiar no programa, por toda atenção, paciência, apoio, auxílio, sabedoria e conhecimentos transmitidos.

Ao Programa Soja pela disponibilidade de recursos para execução da pesquisa.

Aos alunos de graduação, pós-graduação e funcionários do Programa de Melhoramento de Soja da UFU, pela amizade, auxílio e todo conhecimento compartilhado. Sem eles esses resultados não seriam possíveis.

À Silvia Barbosa Ferreira, grande mestre, pelos ensinamentos, companheirismo e amizade em dias de fazenda e fora dela, no decorrer de todo o processo.

Às amigas Larissa Reis e Loyna, que sempre se prontificaram a ajudar nas avaliações de campo, colheita e laboratório. Obrigada por tudo!

Aos meus colegas da 13ª turma de Biotecnologia, por passarmos provas e provações juntos e sempre tornarem essa jornada mais leve e divertida. Um agradecimento especial à amiga Lara e ao “grupo dos trabalhos”, que sempre estiveram comigo nos melhores e piores momentos.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU), todos os professores e técnicos administrativos, pelo suporte, conhecimento concedido e oportunidade de realização da Graduação.

A todos vocês, muito obrigada!

RESUMO

A soja é uma das espécies produtoras de grãos mais cultivadas no Brasil e no mundo e contribui significativamente com a economia brasileira. Estresses bióticos e abióticos são cada vez mais frequentes no cenário agrícola e são responsáveis por aumentar os desafios e ameaçar a produção comercial de grãos. A cultura está exposta ao ataque severo de diversas pragas, entre elas o percevejo marrom (*Euschistus heros*), que compromete a qualidade das sementes e causa prejuízos de até 30% do potencial produtivo. Nesse cenário, os programas de melhoramento têm um dever importante no desenvolvimento de linhagens superiores e tolerantes às principais pragas em leguminosas. Diante do exposto, os objetivos do trabalho foram estimar parâmetros genéticos e selecionar linhagens de soja cultivadas sob infestação natural de percevejos marrom. O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda Capim Branco pertencente à Universidade Federal de Uberlândia na safra de 2017/2018. Foram avaliadas 13 linhagens de soja e 1 cultivar (UFUS 7910). Adotou-se o delineamento de blocos completos casualizados com três repetições. Foram mensurados caracteres agronômicos e produção de grãos. Por meio da análise dos resultados observou-se que para ciclo, altura, número de nós e vagens totais, o coeficiente de determinação genotípico foi superior a 70%. A produção de grãos demonstrou ser um caráter útil na seleção indireta de genótipos com tolerância ao percevejo. As linhagens G3 e G11 destacaram-se como genótipos superiores e apresentaram desempenho agronômico promissor sob condições de infestação natural de percevejos.

Palavras-chave: *Glycine max*, Melhoramento de Soja, Desempenho Fenotípico.

ABSTRACT

Soybean is one of the most cultivated grain species in Brazil and in the world and contributes to the Brazilian economy. Biotic and abiotic stresses are increasingly frequent in the agricultural scenario and are responsible for increasing the challenges and threatening commercial grain production. The crop is exposed to the severe attack of several pests, among them the brown stink bug (*Euschistus heros*), which compromises the quality of the seeds and causes losses of up to 30% of the productive potential. In this scenario, breeding programs have an important duty in the development of superior strains and tolerant to the main pests in legumes. The objective of the study was to estimate genetic parameters and to select soybean strains grown under natural infestation of stink bugs. The experiment was conducted in the experimental area of Fazenda Capim Branco belonging to the Federal University of Uberlândia in the 2017/2018 harvest. 13 soybean lines and 1 cultivar (UFUS 7910) were evaluated. The randomized complete block design was adopted with three replications. Agronomic characters and grain production were measured. Through the analysis of the results it was observed that for cycle, height, number of nodes and total pods the genotypic determination coefficient was higher than 70%. Grain production proved to be a useful trait in the indirect selection of genotypes with stink bugs tolerance. The G3 and G11 lines were highlighted as superior genotypes, showing promising agronomic performance under conditions of natural stink bug infestation.

Keywords: *Glycine max*, Soy Breeding, Phenotypic Performance.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVOS	12
21	Objetivo Geral.....	12
22	Objetivos Específicos.....	12
3.	REVISÃO DE LITERATURA	13
31	Importância econômica da soja no Brasil.....	13
32	Complexo de percevejos na produção de sementes de soja.....	14
33	Melhoramento genético da soja.....	17
34	Parâmetros genéticos.....	18
4.	MATERIAL E MÉTODOS	22
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6.	CONCLUSÕES	37
7.	REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma espécie originária da Ásia cultivada há centenas de anos e se tornou uma das principais leguminosas produzidas no mundo (ESPÍNDOLA; CUNHA, 2015). Por sua grande aplicação, esse vegetal contribui com a economia mundial e, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2020), na safra de 2019/2020 obteve um crescimento de 3% ao comparar com a safra anterior e produção estimada em 120.883,2 milhões de toneladas, um recorde na série histórica.

Segundo Mohammadi et al. (2012), a expansão do monocultivo da soja em extensas áreas tem sido amplamente afetada por fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos destaca-se a vulnerabilidade da cultura a patógenos e insetos-praga, com consequências relevantes na produção de grãos. Entre as pragas mais importantes destacam-se os percevejos, que podem comprometer o rendimento, o vigor, a qualidade e a sanidade dos grãos (CORRÊA-FERREIRA, 2013).

O percevejo marrom (*Euschistus heros*) é considerado uma espécie que se destaca pela maior abundância, danos e difícil controle. Esse inseto apresenta ampla adaptabilidade ao clima brasileiro (DA SILVA HOELHERT et al., 2018) e está bem adaptado às regiões mais quentes, Norte do Paraná e regiões centrais do Brasil (CORRÊA-FERREIRA et al., 2013).

As formas adultas e juvenis de percevejos alimentam-se diretamente dos grãos durante o período de enchimento e maturação das sementes (DEPIERI; PANIZZI, 2011). As injúrias causadas podem provocar modificações no valor nutricional das mesmas, além de criar uma porta de entrada para a infecção de patógenos, o que ocasiona a deterioração das sementes e provoca perdas na produtividade de grãos em até 18% (BUENO et al., 2015).

O uso de inseticidas ainda é uma das principais alternativas utilizadas para minimizar os danos do inseto-praga na lavoura (ROCHA et al., 2014). Entretanto, a utilização excessiva de agroquímicos pode ocasionar desequilíbrio ambiental e comprometer a sustentabilidade na

agricultura. Diante dessa situação, a obtenção de cultivares de soja resistentes a percevejos aparece como uma alternativa para contornar as perdas causadas pelo ataque desses insetos, apresenta maior estabilidade de produção, redução no uso de produtos químicos e nos custos de produção, como também a integração com outros métodos de manejo (BUENO et al., 2013).

Os programas de melhoramento desempenham um papel crucial no desenvolvimento de novas cultivares e avaliação de linhagens potenciais que possuem parâmetros valiosos para o processo de seleção, como a resistência às principais pragas e doenças, altos padrões de produtividade de grãos, tolerância à seca, entre outros (SOARES et al., 2015). Dessa forma, o avanço do melhoramento de soja no Brasil possibilita o desenvolvimento de cultivares que atendam ao interesse do mercado atual.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estimar parâmetros genéticos e selecionar linhagens de soja cultivadas com infestação natural de percevejos marrom.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar linhagens e cultivares de soja quanto aos caracteres agronômicos e produção de grãos em Uberlândia-MG.

Estimar as correlações fenotípicas e genotípicas entre caracteres agronômicos e produção de grãos de soja, visando indicação de seleção de genótipos superiores.

Identificar sob condições de infestação natural de percevejos, linhagens de soja com desempenho morfoagronômico superior.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância econômica da soja no Brasil

A soja (*Glycine max*) é uma cultura oleaginosa de grande importância econômica mundial, introduzida no Brasil no século XIX. Os primeiros cultivos experimentais foram em 1882 na Bahia, porém somente em 1901 alcançou seu marco principal quando começaram os cultivos na Estação Agropecuária de Campinas e a distribuição de sementes para produtores paulistas. Em 1914 foi oficialmente introduzida no Rio Grande do Sul e posteriormente expandiu-se para todo o país (SEDIYAMA et al., 2013). Sua importância se deve aos teores de óleos e proteínas do grão, os quais são amplamente utilizados pela indústria, principalmente para o consumo humano e alimentação animal (BEZERRA et al., 2015), produção de óleos e biocombustíveis, além de ser matéria-prima para produção de farelo (BIZARI et al., 2017).

Essa leguminosa pertence à família Fabaceae que é originária da China, onde há predominância de um clima temperado, mas apresenta uma ampla adaptação agrônômica aos climas subtropicais e tropicais, o que permitiu o desenvolvimento, consolidação da cultura e o estabelecimento de um efetivo complexo projetado para o seu processamento (BEZERRA et al., 2015).

Atualmente o Brasil retornou ao posto de maior produtor de soja mundial que antes pertencia aos Estados Unidos da América (EUA). De acordo com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2020), a cultura vem mantendo a tendência de crescimento na área cultivada e, na safra 2019/2020, houve uma produção recorde estimada em 120,9 milhões de toneladas, com um ganho de 5,1% em relação à safra 2018/2019, com destaque para as produtividades em Mato Grosso, Paraná, Goiás, São Paulo, Tocantins, Maranhão, Rondônia e Distrito Federal. Em Minas Gerais houve aumento substancial da produtividade média que atingiu 12,8% em comparação à safra anterior, com 3.634 kg ha⁻¹ produzidos no fechamento da safra.

Segundo os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2018), a indústria brasileira processa cerca de 30,7 milhões de toneladas de soja para a produção de 5,8 milhões de toneladas de óleo comestível e 23,5 milhões de toneladas de farelo proteico. Além disso, o farelo de soja brasileiro é classificado com o padrão de qualidade premium, o qual possui alto teor de proteína e consegue ter a sua entrada permitida em todo mercado mundial (BRASIL, 2014).

Em média, é estimado que, na cadeia e nos serviços associados, cada dez hectares de soja gerem um emprego direto e um indireto. Ao considerar que a soja ocupe cerca de 35 milhões de hectares no Brasil, o total de empregos gerados são de 7 milhões e o setor participa com pelo menos 19% dos mais de 40% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro gerado pela agroindústria (MONTROYA et al., 2019).

A expansão do monocultivo da soja em áreas extensas, no entanto, tem ocasionado o aumento da vulnerabilidade da cultura a patógenos e insetos-praga, de acordo com a região e a época de cultivo, com consequências relevantes na produção dos grãos. Os dois principais grupos de pragas que normalmente causam prejuízos econômicos às lavouras em todas as regiões produtoras do país são os percevejos sugadores das vagens, juntamente com as lagartas desfolhadoras (PANIZZI et al., 2012).

3.2 Complexo de percevejos na produção de sementes de soja

Entre os principais fatores bióticos que apresentam maiores riscos para a cultura da soja, estão os percevejos. Esses insetos, por meio da alimentação direta, atingem as vagens e os grãos e afetam o rendimento e a qualidade fisiológica das sementes (BEBBER; HOLMES; GURR, 2014). Segundo Degrande e Vivian (2011), o ataque de percevejos às vagens pode ocasionar uma redução de até 30% na produção de grãos, reduzir o vigor e alterar teores de óleo e proteínas, comprometendo, assim, a qualidade.

A intensidade dos danos causados por percevejos depende da espécie, da densidade populacional, do estágio de desenvolvimento das plantas, da susceptibilidade dos genótipos da soja e da época de semeadura. O complexo de percevejos da soja é representado pelo grupo das espécies predominantes no Brasil *Euschistus heros* (F.), *Nezara viridula* (L.) e *Piezodorus guildinii* (West.) (GUEDES et al., 2012) e, respectivamente, denominados percevejo marrom, percevejo verde e percevejo verde pequeno. De acordo com Roggia et al. (2011), o percevejo marrom tem maior importância devido sua elevada densidade tanto em regiões mais frias como em regiões quentes.

A espécie *E. heros* (percevejo marrom) destaca-se como a principal espécie do complexo de percevejos, apresentando maior dispersão e frequência em relação às demais na maioria das regiões produtoras de soja do Brasil. Nativo da América Tropical, o percevejo marrom está bem adaptado às regiões de temperaturas mais elevadas, provavelmente a explicação do aumento da sua ocorrência no país (PANIZZI et al., 2012). Apesar de colonizar a cultura da soja no final do desenvolvimento vegetativo (V6 a V8), o período crítico para ocorrência de *E. Heros* está entre os estádios reprodutivos R3 (início da formação da vagem) e R6 (final do enchimento de grãos), o que resulta nos danos fisiológicos e comprometimento da qualidade das sementes de soja (RIBEIRO et al., 2017).

Os danos são ocasionados devido ao comportamento alimentar desses fitófagos, que inserem o estilete nas vagens e injetam a saliva que contém enzimas digestivas para sugarem o conteúdo liquefeito presente (PANIZZI et al., 2012). Essas enzimas alteram a fisiologia e bioquímica dos tecidos da semente. Como consequência, este ataque durante a formação dos grãos pode resultar em aborto deles ou até mesmo das vagens. Já no período de enchimento de grãos, o ataque dos percevejos pode ocasionar enrugamento, deformações, aparecimento de manchas escuras e áreas esbranquiçadas, redução do rendimento e qualidade das sementes. Em ataques intensos ocorrem perdas na germinação e vigor da semente (BARCELOS et al., 2019).

Um impacto secundário das puncturas dos percevejos nas sementes é a transmissão de patógenos, como é o caso da levedura *Eremothecium coryli*, causadora da mancha-fermento, transmitida pela alimentação desse inseto-praga, que ocasiona a deterioração das sementes (SILVA; CANTERI; SILVA, 2013). Além disso, o ataque de percevejos pode provocar o atraso no processo de maturação, desencadeado por uma série de mudanças fisiológicas nas plantas que culminam com a retenção foliar, a qual pode comprometer a produtividade e colheita mecanizada da cultura (SILVA; CANTERI; SILVA, 2013).

A principal estratégia de manejo ao ataque de percevejos em soja é o controle químico, feito com repetidas aplicações de inseticidas, o que acarreta um aumento dos custos de produção. Contudo, o uso indiscriminado dos inseticidas presentes no mercado é nocivo ao meio ambiente, pois deixa resíduos indesejáveis, além de levar ao surgimento de insetos resistentes, o que torna o controle químico cada vez mais difícil e menos eficiente (MAIA et al., 2009).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2013), agricultores tendem a realizar aplicações de “segurança” na ausência de um controle eficaz das pragas, o que ocasiona no risco de resistência, além de aumentar a população de pragas secundárias, interrupção da ação de predadores naturais e poluição ambiental.

O uso de genótipos resistentes originados de pesquisas que objetivam o melhoramento de plantas é uma alternativa para contornar as perdas ocasionadas pelo ataque do complexo de percevejos, além de ser de extrema importância para a manutenção e/ou aumento dos níveis de produtividade da safra (ROCHA et al., 2014). A resistência de plantas é uma tática eficiente de controle de pragas, uma vez que é compatível com outros métodos de controle como o químico, microbiano e cultural, além de não representar ônus adicional ao agricultor (DE OLIVEIRA, 2015).

3.3 Melhoramento genético da soja

A expansão da soja no Brasil e o aumento da produtividade de grãos deve-se principalmente aos investimentos públicos e privados em pesquisas na área de melhoramento genético da cultura, que por sua vez possibilita a disponibilidade constante de cultivares adaptadas a quase todas as regiões do país (NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015).

Algumas características da planta são importantes para a produção em escala comercial da soja, bem como suas melhorias, quando o foco é traçar novas estratégias para suprir uma demanda de mercado cada vez mais exigente. Dentre elas, pode-se citar produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade da cultivar e tolerância aos estresses bióticos e abióticos (OLIVEIRA, 2016).

A resistência a insetos em soja tem sido objetivo dos programas de melhoramento, visto que o ataque de percevejos é indicado como um dos responsáveis pela redução no rendimento da cultura. Para o desenvolvimento de materiais genéticos superiores, é essencial que possuam uma série de características favoráveis. Entre elas, destaca-se um elevado potencial produtivo bem como resistência, de modo a aumentar o ganho do agricultor (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O melhoramento convencional da soja envolve algumas fases que tem início no desenvolvimento das populações, passa por processos de seleção e chega às avaliações das linhagens (NOGUEIRA et.al, 2015). Populações segregantes são desenvolvidas em uma fase inicial, por meio de hibridações artificiais entre genitores distintos com caracteres desejáveis. Estas são conduzidas por várias gerações até que a heterozigose atinja uma porcentagem diminuta, ou seja, busca-se alcançar a homozigose genética (uniformidade). Testes de progênies, produtividade e estabilidade são realizados em plantas selecionadas aleatoriamente. Para a seleção de genótipos superiores é necessário repetir ensaios de avaliação em vários ambientes (locais e anos) para viabilizar a identificação da interação dos genótipos com os

ambientes e a possível adaptação em função da produtividade e da estabilidade (BACAXIXI et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2017).

Os métodos mais comuns para condução de uma população segregante incluem: método da população, método genealógico, método descendente de uma única semente (Single Seed Descendent - SSD), método descendente de uma única vagem (Single Pod Descendent - SPD) e teste de geração precoce. Cada método tem um único objetivo de reduzir a heterozigose gerada na população F2 e aumentar o nível de homozigose (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

Ao final do desenvolvimento de linhagens são realizados testes de desempenho agrônômico e ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) para quantificar a produtividade de grãos, a qual é a maior intenção dos programas existentes, e também, outros caracteres agrônômicos. É necessário que a nova cultivar apresente características favoráveis e superiores as das cultivares existentes no mercado atual (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

3.4 Parâmetros genéticos

Estimativas de parâmetros genéticos, tais como herdabilidade e correlações genética e fenotípica, disponibilizam maior conhecimento ao melhorista para, posteriormente, definir a melhor estratégia a ser adotada no melhoramento de uma determinada população (SANTOS, 2015). O conhecimento da natureza e da magnitude dos efeitos gênicos que controlam um caráter é primordial para o processo de seleção e à predição do comportamento das gerações segregantes (BACKES et al., 2015).

O parâmetro genético herdabilidade (H^2) é o de maior importância para o melhorista, pois possibilita a estimativa de ganhos com a seleção antes mesmo de sua realização (MUNIZ et al., 2015). Quanto maior a herdabilidade, maior será o sucesso na seleção (RAMALHO et al., 2012), que poderá ser aplicada de forma eficaz nas gerações iniciais de autofecundação.

A herdabilidade corresponde a proporção da variabilidade total que é de natureza

genética, ou a razão entre a variância genética e a variância total (FALCONER; MACKAY, 1996). O coeficiente de herdabilidade varia de zero a um. A herdabilidade será igual a um quando toda variabilidade fenotípica possuir causas genéticas, e igual a zero, quando a variação entre for unicamente de natureza ambiental (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Se esse valor for baixo, a seleção deve ser praticada apenas nas gerações mais avançadas, pois o aumento da homozigose propiciará um incremento na herdabilidade no sentido restrito (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Este parâmetro (H^2) pode ser determinado no sentido amplo e restrito. A razão entre a variância genotípica pela variância fenotípica corresponde a herdabilidade no sentido amplo, enquanto que, no sentido restrito, é estabelecida a razão da variância genética aditiva pela variância fenotípica (FALCONER; MACKAY, 1996). Há ocorrência de grande faixa de variação nas estimativas de herdabilidade de um mesmo caráter, que podem ser parcialmente atribuídas à amostragem e às diferenças populacionais e ambientais (BACKES et al., 2015).

Em gerações avançadas no processo de melhoramento, por ser tratamentos fixos e que foram pré-selecionados, o parâmetro H^2 é denominado como coeficiente de determinação genotípico (VASCONCELOS et al., 2012), que expressa a proporção da variabilidade fenotípica resultante de natureza genética.

Bizari et al. (2017) estudando índices de seleção para caracteres agronômicos em populações segregantes de soja em São Paulo, determinaram que os caracteres com maior valor de herdabilidade foram número de dias para maturidade (91,7%), seguido por teor de óleo (86,21%), valor agronômico (74,97%) e rendimento de grãos (71,31%). Dentre os valores mais baixos, foram encontrados os caracteres altura da planta na maturidade (65,73%) e número de vagens (54,19%).

Jorge et al. (2018), ao avaliarem 23 linhagens de soja na geração F8 sob estresses bióticos em Uberlândia-MG, obtiveram coeficientes de determinação genotípica superior a 70%

para todas as características do estudo, com exceção do número total de vagens (63,16%), sementes levemente danificadas (69,46%) e sementes danificadas (68,43%), indicando que a maior parte da variabilidade fenotípica se deve a diferenças genéticas entre os genótipos. Resultados semelhantes a esses foram alcançados por Glasenapp et al. (2015).

A importância de coeficientes de correlação em estudos genéticos baseia-se na possibilidade de avaliar mudanças quantitativas em uma característica que pode influenciar em outra (DE SOUSA et al., 2015) e, dessa forma, identificar variáveis que possam ser utilizadas na seleção indireta sobre outra variável, como, por exemplo, a produtividade de grãos, principalmente quando a herdabilidade do caráter principal é baixa (LEITE et al., 2016).

O coeficiente de correlação é uma medida que permite estimar o quão linear é a associação entre duas variáveis, mas quando este valor é zero, não existe associação. Quanto mais próximas as estimativas ficarem de -1 a +1, o mais forte será a associação entre duas variáveis, entretanto, uma correlação negativa significa que os caracteres são inversamente correlacionados, ou seja, variam em direções opostas. Por outro lado, uma correlação positiva significa que os caracteres variam na mesma direção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Embora dois caracteres possam ser correlacionados devidos a uma variedade de fatores, como fenotípicos, genotípicos ou ambiental, os fatores fenotípicos e genotípicos são aqueles de maior interesse para o melhoramento genético, uma vez que compreendem uma natureza hereditária (NOGUEIRA et al., 2012). Esses tipos de correlações podem inferir uma relação linear positiva ou negativa entre duas características agronômicas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Estudos de correlação em soja, principalmente em condições de campo com infestação natural de percevejos, sugeriram correlações positivas e significativas entre importantes características agronômicas (ROCHA et al., 2014; ROCHA et al., 2015; MOREIRA, 2015). Consequentemente, para alcançar tal objetivo, identificar linhagens que possuem resistência ao

ataque do complexo de percevejos, bem como possuir correlações fenotípicas e genotípicas desejáveis, é muito importante para o sucesso de cultivares de soja (KURASCH et al., 2017).

A correlação fenotípica pode ser de causa genética ou ambiental e é estimada com base em dados diretamente mensurados. A causa da correlação genética é, principalmente, o pleiotropismo, fenômeno pelo qual um gene influencia dois ou mais caracteres. As ligações gênicas também podem ser a causa de correlação genética, todavia, essa correlação é transitória e ocorre, geralmente, em populações derivadas de cruzamentos entre linhagens divergentes (FALCONER; MACKAY, 1996; MACHADO et al., 2017).

O ambiente é causa de correlações entre caracteres quando esses são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Se o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro as estimativas de correlação ambiental são negativas, elas serão positivas se dois caracteres forem beneficiados ou prejudicados pelas mesmas condições ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Estudo de correlação entre caracteres são muito utilizados na cultura da soja. Um estudo de correlação genotípica e fenotípica em genótipos de soja naturalmente infestados por percevejos feito por Rocha et al. (2015), concluíram que o número total de vagens é uma característica útil para a seleção indireta de genótipos de soja com alto rendimento de grãos.

Jorge et al. (2018), ao investigarem as correlações entre caracteres agrônômicos em plantas de soja na geração F8 sob estresses bióticos, relataram correlações positivas e de elevada magnitude entre número de dias até a maturidade e a porcentagem de sementes danificadas e altamente danificadas pelo ataque de percevejos, indicando a importância de um período de enchimento de vagens mais curto como um indicador de fato importante para avaliar a resistência dos genótipos de soja ao ataque de percevejos.

A estimativa dos parâmetros genéticos permite ao melhorista a escolha da melhor estratégia, pois a seleção simultânea de um conjunto de caracteres de expressividade econômica

aumenta a chance de êxito de um programa de melhoramento (REZENDE et al., 2014).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Capim Branco (18°52'S, 48°20'W e 805m de altitude), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada no Município de Uberlândia-MG.

Os tratamentos consistiram em 13 linhagens e 1 cultivar (UFUS 7910) desenvolvidos no Programa de Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Uberlândia.

O preparo do solo foi realizado com arações e gradagens, para posteriormente a área ser sulcada e adubada, conforme a análise química do solo. Utilizou-se o formulado NPK 02-28-18 na dose 400 kg ha⁻¹.

O experimento foi semeado no dia 28 de novembro de 2017, em delineamento de blocos completos casualizados (DBC) com 3 repetições. Cada parcela experimental foi constituída de 4 fileiras de plantas de soja com 5 metros de comprimento e espaçadas em 0,5 metros. A parcela útil constituiu-se pelas duas fileiras centrais, descartando 0,5 m de cada extremidade.

Anterior à semeadura as sementes foram tratadas com fungicida Carbendazim e Tiram. Em seguida, realizou-se a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. O controle pré-emergente das plantas daninhas foi realizado com a aplicação de herbicida seletivo S-Metolaclo. As dosagens seguiram a dose recomendada pelo fabricante. Foi feita a complementação com capinas manuais ao longo do experimento.

Cinquenta dias após a emergência foi realizada uma aplicação para o controle de plantas daninhas utilizando Haloxifope-P-Metílico na dosagem 0,5 L ha⁻¹ e Fomesagem na dosagem 1 L ha⁻¹. Para o controle de *Phakopsora pachyrhizi* foram realizadas aplicações com Trifoxistrobina e Protioconazol na dosagem de 0,4 L ha⁻¹ e para o controle de insetos, quando necessário, foi utilizado Acefato na dosagem de 0,4 kg ha⁻¹.

Foram amostradas aleatoriamente cinco plantas da parcela útil identificadas com fita colorida para avaliações nos estádios de desenvolvimento da soja, proposta por Fehr e Caviness (1977), para posterior determinação dos caracteres morfoagronômicos. Os caracteres analisados estão listados abaixo:

- a) Número de dias para a floração (NDF) e para a maturidade (NDM): definido como número de dias desde a emergência até a floração, quando aproximadamente 50% das plantas da parcela útil apresentavam pelo menos uma flor aberta (R1) e quando 95% das vagens da área útil da parcela estavam maduras (R8).
- b) Altura da planta na floração (APF) e na maturidade (APM): foi mensurada a distância, em centímetros, a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal quando as plantas se encontravam no estágio reprodutivo R1 e R8.
- c) Número de nós na haste principal na floração (NNF) e na maturidade (NNM): determinado pela contagem do número de nós na haste principal quando as plantas se encontravam no estágio reprodutivo R1 e R8.
- d) Número de vagens com um grão (NV1), com dois grãos (NV2) e com três grãos (NV3): após a colheita realizou-se a contagem do número de vagens com um, dois e três grãos; e número total de vagens por planta (NVT): obtido somando o número de vagens com um, dois, três e quatro grãos.
- e) Produção de grãos (Pgra): média de produção das cinco plantas em cada repetição, expressa em peso de grãos por planta.
- f) Danos causados por percevejos nas sementes: O dano de percevejo às sementes de soja foi visualmente classificado em porcentagens de acordo com a metodologia de Jensen & Newson (1972). Cada amostra foi classificada em: PA) sementes sem danos visíveis; PB) sementes com puncturas, mas sem deformação; PC) sementes com puncturas e com deformações visíveis e; PD) sementes totalmente deformadas

(Figura 1). O total de sementes afetadas foram transformadas em dano (DAN) representando o somatório (PB+PC+PD).



Figura 1 - Classificação de sementes de soja em função dos danos ocasionados por percevejos. A - Sementes sem danos visíveis; B - Sementes com puncturas, mas sem deformação; C - Sementes com punctura e com deformação; D - Sementes totalmente deformadas. Fonte: BELORTE et al. (2003).

Para avaliar a existência de variabilidade genética para os caracteres quantitativos realizou-se análise de variância, conforme modelo descrito abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + G_i + E_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : valor fenotípico do caráter do genótipo i no bloco j ;

μ : média geral;

B_j : efeito aleatório do bloco j ;

G_i : efeito fixo do genótipo i ;

E_{ij} : erro aleatório.

A partir da análise de variância estimou-se o coeficiente de determinação genotípico (H^2) dado por:

$$H^2 = \frac{\hat{\theta}g}{QMT/r}$$

$$\hat{\theta}g = \frac{(QMT - QMR)}{r}$$

Em que:

H^2 : coeficiente de determinação genotípico;

$\hat{\theta}g$: componente quadrático genético;

QMT: quadrado médio de genótipos;

QMR: quadrado médio do resíduo;

r : número de repetições.

As médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Posteriormente, realizaram-se as análises de correlações fenotípicas e genotípicas, conforme descrito a seguir:

Correlação Fenotípica:

$$r_f = \frac{PMG_{xy}}{\sqrt{QMG_x QMG_y}}$$

Em que:

r_f : estimador da correlação fenotípica;

PMG_{xy} : produto médio entre os genótipos para os caracteres X e Y;

QMG_x : quadrado médio entre os genótipos para o caráter X;

QMG_y : quadrado médio entre os genótipos para o caráter Y.

A significância estatística do coeficiente de correlação fenotípica foi testada pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Correlação Genotípica:

$$r_g = \frac{(PMG_{xy} - PMR_{xy})/r}{\sqrt{\hat{\sigma}_g(X)\hat{\sigma}_g(Y)}}$$

$$\hat{\sigma}_g(X) = \frac{QMG_x - QMR_x}{r}$$

$$\hat{\sigma}_g(Y) = \frac{QMG_y - QMR_y}{r}$$

Em que:

r_g : estimador da correlação genotípica;

$\hat{\sigma}_g(XY)$: estimador da covariância genotípica;

$\hat{\sigma}_g(X)$ e $\hat{\sigma}_g(Y)$: estimadores dos componentes quadráticos associados a variabilidade genotípica para os caracteres X e Y, respectivamente.

Todas as análises foram realizadas utilizando o Programa Computacional em Genética e Estatística (GENES) (CRUZ, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A existência de variabilidade genética é um dos pré-requisitos preconizado no melhoramento genético de plantas. Nesse estudo observou-se os efeitos significativos ao nível de 5% de significância pelo teste F para todos os caracteres analisados, exceto para PB e PC (Tabela 1). Isso indica a possibilidade de seleção de linhagens superiores.

Tabela 1. Resumo da análise de variância de caracteres agronômicos, produção de grãos e variáveis relacionadas a danos por percevejos em genótipos de soja, safra 2017/2018, Uberlândia-MG.

F.V.	NDF	NDM	APF	APM	NNF	NNM
Blocos	1,98	1079,68	688,69	734,27	10,29	18,29
Genótipos	39,18*	404,26*	390,14*	479,68*	5,62*	9,25*
Resíduo	13,94	105,29	110,64	91,58	1,83	1,16
CV (%)	6,89	7,77	22,58	16,82	13,33	7,63
H ² (%)	64,42	73,95	71,64	80,91	67,00	87,42

F.V.	NVT	Pgra	PA	DAN	PB	PC	PD
Blocos	692,68	48,47	1011,42	1159,64	59,43	219,77	170,12
Genótipos	1941,17*	171,53*	686,51*	661,09*	106,97 ^{ns}	149,91 ^{ns}	116,42*
Resíduo	456,98	12,84	243,15	235,6	52,23	94,2	54,87
CV (%)	48,67	38,7	31,1	31,24	30,34	58,1	52,66
H ² (%)	76,46	92,51	64,58	64,36	51,17	37,17	52,86

*: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}: não significativo; H²: coeficiente de determinação genotípico; NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade; APF e APM: altura da planta no florescimento e na maturidade; APV: altura da inserção da primeira vagem; NNF e NNM: Número de nós na haste principal no florescimento e na maturidade; NVT: número total de vagens; Pgra: média da produção de grãos por planta; PA: sementes sem danos visíveis; DAN: total de sementes afetadas pelo ataque de percevejos; PB: Sementes com puncturas, mas sem deformação; PC: Sementes com punctura e com deformação; PD: Sementes totalmente deformadas.

O coeficiente de variação (CV%) indica o grau de precisão experimental, quanto menor o CV, maior a homogeneidade e baixa dispersão dos dados. O CV oscilou de 6,89% a 58,1% respectivamente para os caracteres número de dias para florescimento (NDF) e sementes com punctura e com deformação (PC) (Tabela 1). Em outro estudo com soja, em Minas Gerais na safra 2015/2016, o coeficiente de variação (CV) oscilou de 2,54% (NDM) a 54,13% (PD) (JORGE et al., 2018). Valores elevados para o CV também foram obtidos por Bermudez et al. (2020). Valores altos encontrados para o CV são aceitáveis em condições em que são avaliados caracteres quantitativos e, portanto, altamente influenciados pelo ambiente (LEITE et al.,

2015). Os valores encontrados podem explicar como alguns genótipos são mais afetados que outros pelo ataque de percevejos, que ocorre de forma não homogênea (ROCHA et al., 2014) e prejudica a produção de grãos.

Os coeficientes de determinação genotípico (H^2) expressam a proporção da variabilidade fenotípica resultante da natureza genética. As estimativas para H^2 oscilaram de 37,17% (PC) a 92,51% (Pgra) (Tabela 1) para os caracteres avaliados. De acordo com Ramalho et al. (2012), são considerados elevados valores acima de 70% para esse parâmetro. Assim, foram elevadas para NDM (73,95%), APF (71,64%), APM (80,91%), NNM (87,42%), NVT (76,46%) e Pgra (92,51%), indicativo de que as diferenças entre os genótipos são predominantemente de natureza genética. Machado et al. (2017) também obtiveram estimativas de H^2 semelhantes ao avaliarem caracteres agronômicos em linhagens e cultivares de soja cultivadas no município de Uberlândia-MG, com 82,25% para APF, 85,26% para APM e 87,32% para NNM.

Leite et al. (2015) estimaram parâmetros genéticos e fenótipos em linhagens F8 de 27 genótipos de soja, na safra de 2011/2012, e obtiveram resultado de coeficiente de determinação genotípico para a altura da planta na maturidade (85%) e número de vagens totais (74%) similares ao do presente trabalho.

Em relação aos caracteres agronômicos, as médias evidenciam o desempenho agronômico das linhagens, as quais foram agrupadas pelo teste Scott-Knott. Observou-se a formação de um grupo para o caráter NDF, cujas médias oscilaram entre 46 e 60 dias respectivamente para os genótipos G6 e G4 (Tabela 2).

Tabela 2. Médias de caracteres agronômicos em 13 linhagens e a cultivar UFUS 7910 cultivadas na safra 2017/2018 em Uberlândia-MG.

Genótipos	NDF (dias)	NDM (dias)	APF (cm)	APM (cm)	NNF	NNM
G1	56,67 a	119,00 b	25,93 b	27,50 d	8,00 b	10,50 d
G2	55,00 a	126,33 b	34,30 b	42,93 c	8,00 b	13,33 c
G3	58,00 a	122,50 b	36,87 b	59,65 b	10,00 a	15,00 b
G4	60,67 a	143,33 a	51,47 a	62,00 b	9,67 a	14,00 c
UFUS 7910	50,33 a	131,33 b	39,00 b	56,20 b	9,67 a	13,67 c
G6	46,33 a	112,67 b	36,00 b	54,13 b	8,33 b	15,33 b
G7	53,67 a	146,33 a	63,13 a	73,50 a	12,00 a	15,00 b
G8	53,33 a	135,00 a	59,33 a	63,07 b	12,00 a	15,00 b
G9	54,00 a	148,00 a	51,00 a	58,90 b	10,00 a	13,50 c
G10	53,00 a	144,00 a	43,00 b	54,33 b	10,33 a	13,67 c
G11	53,33 a	128,67 b	45,07 b	47,60 c	11,00 a	14,00 c
G12	54,33 a	116,00 b	63,60 a	76,00 a	11,50 a	16,50 a
G13	58,50 a	140,00 a	54,20 a	69,80 a	11,50 a	17,00 a
G14	51,33 a	135,50 a	49,20 a	50,93 c	10,33 a	11,33 d

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade; APF e APM: altura da planta no florescimento e na maturidade; APV: altura da inserção da primeira vagem; NNF e NNM: Número de nós na haste principal no florescimento e na maturidade.

O número de dias para florescimento e maturidade são importantes parâmetros, pois indicam que quanto mais tempo os genótipos precisarem para completar o seu ciclo, maior será a sua exposição ao ataque de percevejos. Dessa forma, em um cenário de infestação natural, genótipos precoces tendem a escapar do ataque de pragas e consequentemente manter maior produtividade de grãos (ROCHA et al., 2015).

Atualmente existe essa demanda do mercado por cultivares mais precoces a fim de fugir das doenças de fim de ciclo, mas também integrar com o milho safrinha (CRUZ et al., 2010). O caráter número de dias para maturidade originou dois grupos cujas médias variaram de 112,67 a 148,00 dias respectivamente para os genótipos G6 e G9. O grupo de menor ciclo incluiu a testemunha UFUS 7910, com 131 dias (Tabela 2). Teixeira et al. (2017), ao avaliarem

37 genótipos de soja no município de Uberlândia – MG, relataram número de dias para a maturidade oscilando de 101 a 121 dias.

O caráter altura da planta no florescimento variou de 25,93 cm (G1) a 63,6 cm (G12), originando 2 grupos pelo teste de Scott-Knott. A altura da planta na maturidade variou de 27,5 cm a 76 cm também para os genótipos G1 e G12 (Tabela 2). É importante que a soja não exceda a altura de 100 cm, segundo Sedyama et al. (2015), a fim de evitar grandes índices de acamamento, bem como melhorar a eficiência da colheita mecanizada. Geralmente, plantas com 70 a 80 centímetros de altura são adequadas à colheita mecanizada (SEDIYAMA, TEIXEIRA; REIS, 2013). As linhagens que se agruparam, destacando-se em relação à altura na maturidade, foram G7 (73,50 cm), G12 (76,00 cm) e G13 (69,80 cm) (Tabela 2). A cultivar UFUS 7910 manteve-se em um segundo grupo com média de 56,20 cm, corroborando com os resultados (43,80 cm) obtidos por Teixeira et al. (2017).

Comparando as médias entre os genótipos estudados, destaca-se o genótipo G12 pois completou seu ciclo em um menor tempo (116 dias – Tabela 2). Além da menor exposição ao ataque de percevejos, apresentou uma média dentro do recomendado para a colheita mecanizada (76 cm – Tabela 2). O genótipo G6 também se destacou em relação ao número de dias para a maturidade (112 dias – Tabela 2).

Os genótipos foram distribuídos em dois grupos para o caráter número de nós na haste principal no florescimento. O primeiro grupo foi constituído por 3 linhagens, cujas médias oscilaram entre 8 nós (G1 e G2) e 8,33 nós (G6) (Tabela 2). O segundo grupo incluiu 10 linhagens e a testemunha UFUS 7910, com médias superiores oscilando de 9,67 nós (G4) a 12 nós (G7 e G8). Para o caráter número de nós na maturidade as médias oscilaram de 10,50 nós para a linhagem G1 a 17,00 nós para a linhagem G13, formando 4 grupos distintos. De acordo com Sedyama et al. (2015), uma planta de soja com alto potencial produtivo deve possuir em média de 17,00 a 18,00 nós na haste principal, portanto, destaque para a linhagem G13. Perini

et al. (2012), os quais avaliaram sete cultivares, encontraram valores de 12,03 a 16,61 para o mesmo caráter.

O caráter número de vagens integra os componentes de produtividade e influencia na produção de grãos por planta. Quanto maior o valor deste, maior será o valor da produtividade de grãos de genótipos de soja (VIANNA et al., 2013). Segundo Câmara (1998), uma planta de soja pode produzir até 400 vagens, mas a médias das cultivares nacionais é de 30 a 80 vagens por planta. Notou-se que para estes caracteres o genótipo G11 se destacou com médias de 114,50 vagens totais e 32,30 grãos por planta (Tabela 3). Dentre as outras linhagens estudadas, aqueles que produziram mais vagens foram G3 e G13, com médias de 70,50 e 62,00, respectivamente.

Tabela 3. Médias de caracteres agrônômicos em 13 linhagens e cultivar UFUS 7910 cultivadas na safra 2017/2018 em Uberlândia-MG.

Genótipos	NVT	Pgra (g plt ⁻¹)	PA (%)	DAN(%)	PB (%)	PC (%)	PC (%)
G1	22,00 c	3,60 c	65,00 a	35,00 b	20,00 a	12,00 a	3,00 b
G2	35,67 c	6,60 c	51,67 a	48,33 b	27,00 a	15,00 a	6,33 b
G3	70,50 b	15,80 b	52,50 a	47,50 b	29,50 a	15,00 a	3,00 b
G4	26,00 c	4,80 c	53,33 a	46,67 b	26,67 a	13,67 a	6,33 b
UFUS 7910	43,00 c	6,27 c	35,00 b	65,00 a	26,67 a	18,33 a	20,00 a
G6	28,33 c	7,80 c	56,67 a	43,33 b	23,33 a	13,33 a	6,67 b
G7	27,00 c	4,40 c	27,50 b	67,50 a	25,00 a	27,50 a	15,00 a
G8	32,33 c	8,70 c	57,50 a	37,50 b	20,00 a	13,00 a	4,50 b
G9	17,25 c	3,35 c	23,75 b	76,25 a	27,50 a	27,50 a	21,25 a
G10	54,00 c	10,67 b	70,00 a	30,00 b	23,67 a	5,67 a	0,67 b
G11	114,50 a	32,30 a	75,00 a	25,00 b	10,00 a	7,50 a	7,50 b
G12	37,00 c	4,30 c	37,50 b	62,50 a	35,00 a	22,00 a	5,50 b
G13	62,00 b	8,20 c	45,00 b	55,00 a	17,50 a	27,50 a	10,00 b
G14	45,33 c	12,87 b	51,67 a	48,33 b	21,67 a	16,00 a	10,67 b

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. NVT: somatória de todas as vagens da planta; Pgra: média da produção de grãos por planta; PA: sementes sem danos visíveis; DAN: total de sementes afetadas pelo ataque de percevejos; PB: Sementes com puncturas, mas sem deformação; PC: Sementes com punctura e com deformação; PD: Sementes totalmente deformadas.

Uma alta produção de grãos por planta está entre os principais objetivos nos programas de melhoramento de soja, é diretamente influenciada pelo manejo e representa uma característica quantitativa de rendimento importante no momento de escolha das cultivares para cultivo. De acordo com Dallastra et al. (2014), os componentes de produção não influenciam sozinhos na produção de grãos, mas aparecem de maneira conjunta; e as variáveis número de vagens totais (NVT) e número de sementes por planta são as que mais influenciam a produção.

As médias para a produção de grãos, expressas em massa de grãos por planta, oscilaram de 3,35 (g planta⁻¹) a 32,30 (g planta⁻¹) para os genótipos G9 e G11. Navarro Júnior et al. (2002), os quais avaliaram seis cultivares de soja com o objetivo de identificar a contribuição relativa dos componentes de rendimento para a produção final de grãos, encontraram médias que oscilaram de 11,0 (g planta⁻¹) a 18,02 (g planta⁻¹) para o caráter produção de grãos. As baixas médias encontradas no presente estudo podem ser justificadas pelo ataque de percevejos, o qual provoca alterações fisiológicas nas plantas que impactam na produtividade. O processo de alimentação do *E. heros* durante a fase de enchimento de grãos pode causar danos consideráveis às sementes de soja, afetando o rendimento e a qualidade fisiológica das sementes (BEBBER; HOLMES; GURR, 2014). Além disso, o efeito do ataque de percevejos no aumento de número de sementes danificadas corrobora com os resultados encontrados por Jorge et al. (2018).

Relaciona-se então a produção de grãos com PA (sementes sem danos visíveis) e DAN (porcentagem total de sementes afetadas pelo ataque de percevejos). Obteve-se que o genótipo G11 apresentou a média mais alta de Pgra (32,30 g planta⁻¹), conseqüentemente de PA (75,00 %) e média mais baixa de DAN (25,00 %). O genótipo G9 foi o mais afetado em sua produção (3,35 g planta⁻¹) apresentando menor porcentagem de sementes sem danos visíveis (23,75%) e maior porcentagem de sementes afetadas pelo ataque de percevejos (76,25%), mas também, apresentou a maior média de NDM (148 dias) (Tabela 2). Esse resultado pode ser explicado pelo tempo elevado de exposição das plantas aos ataques dos insetos durante o

período de desenvolvimento de vagens, fase considerada por Panizzi et al. (2000) susceptível ao ataque de percevejos sugadores de plantas.

O estabelecimento de correlações é um importante parâmetro para analisar a relação entre características agronômicas e identificar características benéficas para a resistência da cultura ao percevejo (JORGE et al., 2018). Na tabela 4 estão apresentadas as estimativas de correlações fenotípicas e genotípicas. Para sua interpretação, três fatores devem ser analisados: a magnitude, a direção e a significância. As correlações podem ser positivas, o que indica uma tendência de aumentar uma variável enquanto outra também aumenta; e negativas, o que sugerem a possibilidade de aumentar uma variável enquanto outra diminui (NOGUEIRA et al., 2012). Coeficientes de correlação cujas magnitudes estão acima de 0,7 indicam variáveis altamente correlacionadas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). No entanto, alguns melhoristas praticam a seleção indireta quando as correlações estão acima de 0,5 (LOPES et al., 2002).

Tabela 4. Coeficientes de correlação fenotípica (rf) e genotípica (rg), entre 13 caracteres agrônômicos avaliados em 13 linhagens e 1 cultivar de soja cultivadas em 2017/2018, Uberlândia-MG.

Caráter		NDM	APF	APM	NNF	NNM	NVT	Pgra	PA	DAN	PB	PC	PD
NDF	rf	0,28	0,11	0,09	0,11	0,07	0,06	-0,08	0,02	-0,01	0,07	0,14	-0,25
	rg	0,32	0,22	0,2	0,23	0,15	0,05	-0,12	0,02	-0,01	-0,01	0,15	-0,17
NDM	rf		0,47	0,32	0,44	-0,02	-0,10	-0,12	-0,31	0,28	-0,12	0,31	0,43
	rg		0,48	0,27 ⁺	0,50 ⁺	-0,10	-0,06	-0,10	-0,25	0,19	-0,34	0,34	0,50
APF	rf			0,86 ^{**}	0,88 ^{**}	0,56 [*]	-0,08	-0,12	-0,47	0,41	0,14	0,52	0,24
	rg			0,89 ⁺⁺	0,88 ⁺⁺	0,64 ⁺	-0,08	-0,14	-0,58 ⁺	0,50	0,16	0,90 ⁺⁺	0,31
APM	rf				0,76 ^{**}	0,82 ^{**}	-0,05	-0,19	-0,57 [*]	0,54	0,38	0,59 [*]	0,24
	rg				0,78 ⁺⁺	0,86 ⁺⁺	-0,04	-0,22	-0,74 ⁺	0,69	0,61	1,06 ⁺	0,24
NNF	rf					0,55 [*]	0,28	0,20	-0,24	0,18	-0,12	0,35	0,13
	rg					0,61 ⁺	0,37	0,24	-0,30	0,20	-0,29	0,66 ⁺	0,19
NNM	rf						0,18	-0,01	-0,28	0,26	0,19	0,40	-0,01
	rg						0,18	-0,01	-0,32	0,30	0,26	0,68	-0,11
NVT	rf							0,93 ^{**}	0,51	-0,49	-0,55 [*]	-0,37	-0,22
	rg							0,98 ⁺⁺	0,59 ⁺⁺	-0,55 ⁺	-0,85 ⁺	-0,43	-0,22
Pgra	rf								0,60 [*]	-0,59 [*]	-0,63 [*]	-0,50	-0,23
	rg								0,66 ⁺⁺	-0,64 ⁺⁺	-0,91 [*]	-0,66 ⁺	-0,20
PA	rf									-0,99 ^{**}	-0,58 [*]	-0,91 ^{**}	-0,78 ^{**}
	rg									-0,99 ⁺⁺	-0,79 ⁺	-1,02 ⁺⁺	-0,88 ⁺⁺
DAN	rf										0,61 [*]	0,90 ^{**}	0,78 ^{**}
	rg										0,84 ⁺	0,99 ⁺⁺	0,9 ⁺⁺
PB	rf											0,34	0,10
	rg											0,77	0,52
PC	rf												0,68 ^{**}
	rg												0,92 ⁺⁺

** e * : Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste t respectivamente; ++ e + : significativo ao nível de 1% e 5% pelo método de bootstrap com 5000 simulações. NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade; APF e APM: altura da planta no florescimento e na maturidade; APV: altura da inserção da primeira vagem; NNF e NNM: Número de nós na haste principal no florescimento e na maturidade; NVT: número total de vagens; Pgra: média da produção de grãos por planta; PA: sementes sem danos visíveis; DAN: total de sementes afetadas pelo ataque de percevejos; PB: Sementes com puncturas, mas sem deformação; PC: Sementes com punctura e com deformação; PD: Sementes totalmente deformadas.

Para a maioria dos caracteres as correlações genotípicas foram superiores às correlações fenotípicas (Tabela 4), indicando que fatores genéticos contribuíram mais para as correlações do que os fatores ambientais (ALMEIDA et al., 2010).

A altura de planta no florescimento correlacionou genética e fenotipicamente, positivamente e com alta magnitude, com a altura de planta na maturidade e número de nós na haste principal, no florescimento e na maturidade (Tabela 4). Esse efeito indica que quanto maior a altura da planta no florescimento, maior será a altura da planta na maturidade e maior

o número de nós. Essa correlação é importante para os programas de melhoramento, visto que a altura de planta na maturidade é uma condição decisória nas colheitas mecanizadas devido à tendência ao acamamento. Nesse cenário é possível realizar a seleção indireta (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). Esses resultados corroboram com os dados obtidos por Leite et al. (2016) e Machado et al. (2017).

Nogueira et al. (2012) também encontraram correlação positiva e de alta magnitude de 0,87** entre os caracteres APM e NNM quando avaliaram por análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. Souza et al. (2015) obtiveram resultados similares ao correlacionarem caracteres em progênies F6 de soja provenientes de cruzamentos biparentais.

As altas correlações de 0,93** (fenotípica) e 0,98++ (genotípica) entre Pgra e NVT (Tabela 4) reforçam a influência da quantidade de vagens em um alto rendimento e corroboram com o estudo feito por Leite e colaboradores (2016), portanto são caracteres indicados para a seleção indireta. Alcântara Neto et al. (2011), ao avaliarem trilha no rendimento de sementes de soja, obtiveram resultados semelhantes, indicando que o número de vagens é o componente de produção que mais apresenta efeito para alcançar um alto rendimento.

As correlações entre as taxas de danos do ataque de percevejos nas sementes de soja, de acordo com a classificação visual e outras características agronômicas, são realmente importantes para avaliar a resistência ao percevejo. A correlação fenotípica e genotípica significativa mais alta e positiva ocorreu entre as variáveis Pgra e PA. Pereira (2015) também encontrou correlação alta e positiva entre esses caracteres. Com isso, as progênies com maior produção de grãos sob ataque de percevejos deverão, também, apresentar maior quantidade de sementes sem danos visíveis. Da mesma forma foi encontrada uma correlação negativa de -0,59* (fenotípica) e -0,64++ (genotípica) entre Pgra e DAN, indicando que quanto maior é o dano ocasionado pelo ataque de percevejos, maior será a redução na produção de grãos.

A característica de resistência aos percevejos possibilita a utilização dessas linhagens tanto como fonte de resistência em programas de melhoramento quanto para o cultivo pelos agricultores, permitindo a redução do custo de produção, além de diminuir o risco de contaminação ambiental.

6. CONCLUSÕES

Os caracteres relacionados ao ciclo, altura, número de nós na haste principal e número de vagens totais tiveram H^2 de elevada magnitude, evidenciando a possibilidade de seleção de linhagens superiores no Programa de Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Uberlândia.

O genótipo G12 apresentou menor ciclo e altura recomendada para colheita mecanizada e os genótipos G3 e G11 apresentaram alto potencial produtivo e alto número de vagens totais.

As correlações fenotípicas e genotípicas evidenciaram a possibilidade de seleção indireta para produção de grãos por meio do número de vagens totais.

Os genótipos G3 e G11 demonstraram desempenho agrônômico promissor sob condições de infestação natural de percevejos, apresentando um alto padrão de produção de grãos, o que revela uma grande fonte potencial de resistência genética.

7. REFERÊNCIAS

- ALCANTARA NETO, F. et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 2, p. 107-112, 2011.
- ALMEIDA, R. P.; PELÚZIO, J. M.; AFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 95-99, 2010.
- BACAXIXI, P. et al. A soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Ano X, n. 20, 2011.
- BACKES, R. L. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em populações F5 e F6 de soja / Estimates of genetic parameters in F5, and F6 soybean populations. **Ceres**, v. 49, n. 282, 2015.
- BARCELOS, M. N. et al. ASPECTOS FISIOLÓGICOS E FITOTÉCNICOS DO ATAQUE DE EUSCHISTUS HEROS EM SOJA. **Ciência & Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 15-21, 2019.
- BEBBER, D. P.; HOLMES, T.; GURR, S. J. The global spread of crop pests and pathogens. **Global Ecology and Biogeography**, v.23, n.12, p. 1398–1407, 2014.
- BELORTE, L. C. et al. Danos causados por percevejos (Hemiptera: *Pentatomidae*) em cinco cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917) no município de Araçatuba, SP. **Arquivos Instituto Biológico**, v.70, p.169-175, 2003.
- BERMUDEZ, F.; PINHEIRO, J. B. Selection to high productivity and stink bugs resistance by multivariate data analyses in soybean. **Bragantia**, v. 79, n. 2, p. 250-259, 2020.
- BEZERRA, A. R. G. et al. Botânica e Fenologia. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.) **Soja: do plantio à colheita**. UFV, Viçosa, 2015, p. 09-26.
- BIZARI, E. H. et al. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 1, p. 110-117, 2017.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: Editora UFV. 2013. 523 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança Comercial do Agronegócio**. Brasília, MAPA/ACS, 2014.
- BUENO, A. F. et al. Assessment of a more conservative stink bug economic threshold for managing stink bugs in Brazilian soybean production. **Crop Protection**, v. 71, p. 132-137, 2015.
- BUENO, R. D. et al. Genetic parameters and genotype x environment interaction for productivity, oil and protein content in soybean. **African Journal of Agricultural Research**, 8: 4853-4859, 2013.
- CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia de produção**. Piracicaba: Publique, 1998. 293 p

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, v.7, Safra 2019/2020, n.10, Décimo levantamento, jul. 2020.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. et al. MIP-Soja: resultados de uma tecnologia eficiente e sustentável no manejo de percevejos no atual sistema produtivo da soja. **Embrapa Soja**, 2013.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S. Atividade Alimentar do Percevejo Marrom *Euschistus heros* (hemiptera: pentatomidae) na Safra e Entressafra da Soja. **Embrapa Soja**, Londrina, PR. Abr. 2013.

CRUZ, C. D. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum** 35: 271-276, 2016.

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

CUNHA, M. C. G. et al. Genetic variability among 79 soybean progenies from UFU breeding program. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 340-349, 2013.

DALLASTRA, A. et al. Multivariate approach in the selection of superior soybean progeny which carry the RR gene. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 588-597, 2014.

DA SILVA HOELHERT, J. et al. INFESTAÇÃO DE *Euschistus heros*, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Spodoptera cosmioides* (Lepdoptera: Noctuidae) EM CULTIVARES DE SOJA NO POLO PARAGOMINAS DE GRÃOS EM CONDIÇÕES DE CAMPO. **Nucleus**, v. 15, n. 2, p. 357-369, 2018.

DE OLIVEIRA, K. C. **Seleção e desenvolvimento de genótipos de soja resistentes ao complexo de percevejos**. 2015. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Duration of feeding and superficial and In-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Hereroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 197-203, 2011.

DE SOUSA, L. B. et al. Correlation between yield components in F6 soybean progenies derived from seven biparental crosses. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, 2015.

DI MAURO, A. O. et al. Ganho genético por seleção em linhagens se soja. **Ceres**, v. 47, n. 270, 2015.

ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **Geotextos**, v. 11, n. 1, p. 217- 238, 2015.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – Região central do Brasil, 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**, 4.ed. Longmans Green, Harlow, Essex, UK, 1996, 464p.

FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 12p. (Iowa State University. Special Report, 80), 1977.

GLASENAPP, J. S. et al. Diversidade de características agronômicas e Moleculares em cultivares de soja com diferentes graus de resistência à *Phakopsora pachyrhizi*. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 25-36, 2015.

GUEDES, J. V. C. et al. Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo. **Revista Plantio Direto**, v. 127, n. 1, p. 24-30, 2012.

JENSEN, R. L.; NEWSOM, L. D. Effect of stink bug-damaged soybean seeds on germination, emergence, and yield. **Journal of economic entomology**, v. 65, n. 1, p. 261-264, 1972.

JORGE, G. L. et al. **Selection of soybean lines under biotic stresses and endophytic bacteria as an alleviating factor of drought during lentil cultivation**. Uberlândia, 2018. 77f Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. 2018

KURASCH, A. K. et al. Phenotypic Analysis of Major Agronomic Traits in 1008 RILs from a Diallel of Early European Soybean Varieties. **Crop Science**, v. 57, n. 2, p. 726-738, 2017.

LEITE, W. S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agronômicos em genótipos de soja. **Nativa**, v. 03, n. 04, p. 241-245, 2015.

LEITE, W. S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agronômicos em linhagens F8 de soja. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 302-310, 2016.

LOPES, A. C. A. et al. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja **Scientia Agricola**, v. 59 n. 2 p. 341-348, 2002.

MACHADO, B. Q. V. **Diversidade genética em soja com diferentes níveis de resistência ao *Sclerotinia sclerotiorum*, correlações, análises de trilha e população de plantas**. Uberlândia, 2017. 104f Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Ciências agrárias. Universidade Federal de Uberlândia. 2017.

MAIA, M. C. C. et al. Seleção de linhagens experimentais de soja para características agronômicas e tolerância a insetos. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 85-97, 2009.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Soja**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/relacoes-internacionais/arquivos-das-publicacoes/intercambio_comercial_do_agronegocio_principais_mercados_de_destino_edicao_2013.pdf/view>. Acesso em: 08 jul. 2018.

MOHAMMADI, P. P. et al. Organ-specific proteomic analysis of drought-stressed soybean seedlings. **Journal of proteomics**, v. 75, n. 6, p. 1906-1923, 2012.

MONTOYA, M. A. et al. Uma Nota Sobre Consumo Energético, Emissões, Renda e Emprego na Cadeia de Soja no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 73, n. 3, p. 345-369, 2019.

- MOREIRA, F. F. **Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja**. 2015. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. 60f.
- MUNIZ, F. R. S. et al. Seleção indireta e estudo genético entre gerações de cruzamentos biparentais em soja. **Ceres**, v. 54, n. 315, 2015.
- NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002.
- NOGUEIRA, A. P. O. et al. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.
- NOGUEIRA, A. P. O. et al. Caracteres Qualitativos. In: Tuneo Sedyama. (Org.). **Melhoramento Genético da Soja**. 1ed. Londrina: Mecenias, v. 1, p. 33-56, 2015.
- NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J. D. Avanços no melhoramento genético da cultura da soja nas últimas décadas. In: LEMES, E; CASTRO, L.; ASSIS, R. (Org.) **Doenças da soja: Melhoramento Genético e Técnicas de Manejo**. Campinas: Millennium Editora, 2015.
- OLIVEIRA, V. M . et al. Selection for wide adaptability and high phenotypic stability of Brazilian soybean genotypes. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 15, n. 1, 2016.
- PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. (2012) Insetos que atacam vagens. In: Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga, 1st edn. **Embrapa**, Brasília, pp 335-420.
- PEREIRA, F. B. **Estratégias de seleção para resistência a percevejos e alta produtividade em populações segregantes de soja**. 2015. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. Lavras: Editora UFLA, 2012, 522p.
- REZENDE, J. C. et al. 2014. Genetic progress in coffee progenies by different selection criteria. **Coffee Science** 9: 347-353.
- RIBEIRO, F. C. et al. Eficiência de Inseticidas no controle preventivo de percevejo-marrom na Cultura da Soja. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.11, n.01, 2017.
- ROCHA, F. et al. Effective selection criteria for assessing the resistance os stink bugs complex in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.14, p. 174-179, 2014.
- ROCHA, F. da. et al. Selection of soybean lines exhibiting resistance to stink bug complex in distinct environments. **Food and Energy Security**, v.4, n. 2, p.133-143, 2015.
- ROGGIA, S. et al. Efeito de inseticidas reguladores de crescimento sobre a sobrevivência, desempenho reprodutivo e atividade alimentar do percevejo marrom da soja. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA

REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32., 2011, São Pedro, SP. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2011.

SANTOS, C. A. F. et al. Parâmetros genéticos e seleção indireta em progênies F6 de um cruzamento de soja (*Glycine max.*(L) Merrill). **Ceres**, v. 42, n. 240, 2015.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015, 333p.

SEDIYAMA, T. et al. Importância econômica da semente. In: SEDIYAMA, Tuneo. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas Ltda, 2013. Cap. 1. p. 11.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2013. p. 553 603.

SILVA , A. J.; CANTERI, M. G.; SILVA, A. L. Haste verde e retenção foliar na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 3, p. 151 – 156, 2013.

SOARES, I. O. et al. Adaptability of soybean cultivars in different crop years. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 8995-9003, 2015.

TEIXEIRA, F. G. et al. Genetic parameters and selection of soybean lines based on selection indexes. **Genetics and molecular research**, v. 16, n. 3, 2017.

VASCONCELOS, E. S.; et al. Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 65-76, 2012.

VIANNA, V. F. et al. The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 4162- 4169, 2013.

VIVAN, L. M.; DEGRANDE, P. E. **Pragas da soja**. In: Boletim de pesquisa de soja. Rondonópolis: Fundação MT. v. 1, p. 297, 2011.