

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, DIVERSIDADE GENÉTICA E  
RECOMENDAÇÕES DE HIBRIDAÇÕES EM SOJA PARA RESISTÊNCIA À  
FERRUGEM ASIÁTICA**

Géssyca Ferreira Gomes

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

Uberlândia – MG  
Dezembro – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, DIVERSIDADE GENÉTICA E  
RECOMENDAÇÕES DE HIBRIDAÇÕES EM SOJA PARA RESISTÊNCIA À  
FERRUGEM ASIÁTICA**

Géssyca Ferreira Gomes

Prof. Dra. Ana Paula Oliveira Nogueira  
Orientadora

MSc. Beliza Queiroz Vieira Machado  
Co-orientadora

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

Uberlândia – MG  
Dezembro – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, DIVERSIDADE GENÉTICA E  
RECOMENDAÇÕES DE HIBRIDAÇÕES EM SOJA PARA RESISTÊNCIA À  
FERRUGEM ASIÁTICA**

Géssyca Ferreira Gomes

Prof. Dra. Ana Paula Oliveira Nogueira  
Orientadora

MSc. Beliza Queiroz Vieira Machado  
Co-orientadora

Homologado pela coordenação do Curso de Biotecnologia em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Edgar Silveira Campos

Uberlândia – MG

Dezembro – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, DIVERSIDADE GENÉTICA E  
RECOMENDAÇÕES DE HIBRIDAÇÕES EM SOJA PARA RESISTÊNCIA À  
FERRUGEM ASIÁTICA**

Géssyca Ferreira Gomes

Aprovado pela Banca Examinadora em: 19/12/2017 Nota: 98

Ana Paula Oliveira Nogueira  
Presidente da Banca

Uberlândia, 19 de dezembro de 2017.

Ao meu pai, Avilmar Gomes de Souza

A minha irmã, Dayanne Ferreira Gomes

Ao meu namorado, Leandro Machado.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me guiado perante todas as necessidades, por ter me dado força e sabedoria quando eu mais precisei.

Ao meu pai Avilmar, por toda dedicação na minha formação pessoal, pela compreensão, conselhos e por fazer o impossível e o possível para realizar meus sonhos.

Aos meus irmãos, Dayanne, Vitor Hugo, Giovana e Júlia, que mesmo bagunçando a minha cabeça, sempre estão na torcida por minhas conquistas.

Ao meu namorado e amigo Leandro, por sempre estar ao meu lado, independentemente da situação, pela compreensão, ajuda nas avaliações do experimento, confiança e pela força que me passa para continuar.

A professora Dra. Ana Paula, por ter confiado na minha capacidade e potencial, por me proporcionar grandes oportunidades, pela participação do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade (PMSoja-UFU), pela orientação, pelos conselhos e carinho.

A minha co-orientadora Beliza, por toda ajuda, carinho, paciência e dedicação que teve ao me ensinar.

A toda equipe PMSoja-UFU por toda colaboração na execução do experimento, pela alegria e companheirismo ao longo desse período.

As amigas que a soja me presenteou, Isabel de Sá e Mariana Vianna, por todo auxílio, pelas caronas, conselhos e carinho que tiveram comigo.

A turma 11 de Biotecnologia da UFU, por sempre me apoiaram e fazerem os meus dias mais alegres.

A Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade de realização da graduação.

Aos docentes do curso de biotecnologia pelos conhecimentos transmitidos.

Muito obrigada!

## RESUMO

A soja é a principal cultura do agronegócio brasileiro, sendo de grande importância para a economia do país. Entretanto, diversos fatores influenciam no desenvolvimento dessa cultura, dentre eles, a ferrugem asiática. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo, diversidade genética, além de recomendar hibridações em soja para resistência à ferrugem asiática. O experimento foi realizado em uma área experimental da Fazenda Capim Branco pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Avaliaram-se 32 genótipos, sendo 30 linhagens desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Soja da UFU e 2 cultivares (BRSGO 7560 e TMG 801) em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições. Verificou-se existência de variabilidade genética para todos os caracteres agrônomo analisados. O PCG, NDF e NDM apresentaram  $H^2$  acima de 89%. Os genótipos UFUS G1, UFUS G22, UFUS G5 e UFUS G8 apresentaram elevada produtividade de grãos, ultrapassando  $4000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Os genótipos foram agrupados pelos métodos UPGMA e Tocher, no qual foram divididos em cinco grupos distintos. O PCG foi o caráter que mais contribuiu com a diversidade genética. As hibridações promissoras para obtenção de populações tolerantes à ferrugem asiática são BRSGO 7560 com UFUS G1, UFUS G5, UFUS G8, UFUS G22, e TMG 801 com UFUS G14, UFUS G29 e UFUS G23.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Origem e Importância Econômica da Soja .....	2
1.2. Aspectos Botânicos e Morfológicos da Soja .....	4
1.3. Melhoramento e Diversidade Genética da Soja .....	6
1.4. Doenças na Soja e Ferrugem Asiática .....	8
2. OBJETIVOS .....	11
2.1. Objetivo Geral .....	11
2.2. Objetivos Específicos .....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5. CONCLUSÕES .....	33
6. REFERÊNCIAS.....	34



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Precipitação e temperatura média durante os meses de setembro de 2016 a janeiro de 2017, na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2016/2017 ..... 12
- FIGURA 2.** Escala diagramática da ferrugem da soja (*Glycine max*) (Juliatti; Polizel; Juliatti, 2004) ..... 14
- FIGURA 3.** Escala diagramática do oídio da soja (*Glycine max*) (Juliatti; Polizel; Juliatti, 2004) ..... 15
- FIGURA 4.** Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre trinta linhagens e duas cultivares de soja, obtido pelo UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) utilizando a matriz generalizada de Mahalanobis ..... 31

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Características químicas do solo, amostrado na profundidade de 0 a 20 cm, em Uberlândia-MG. ....	13
<b>TABELA 2.</b> Quadrados médios, coeficientes de variação e parâmetros genéticos de caracteres agronômicos e produtividade de grãos de trinta e dois genótipos de soja, cultivados no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.....	18
<b>TABELA 3.</b> Caracteres agronômicos avaliados em trinta linhagens e duas cultivares de soja cultivadas no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.....	201
<b>TABELA 4.</b> Componentes de produção avaliados em linhagens e cultivares de soja cultivadas no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.....	24
<b>TABELA 5.</b> Quadrado médio e médias de AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) de ferrugem asiática e oídio, de trinta linhagens e duas cultivares de soja cultivadas no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.....	24
<b>TABELA 6.</b> Estimativa da dissimilaridade obtidas por meio das distâncias generalizada de Mahalanobis de trinta linhagens e duas cultivares de soja. ....	28
<b>TABELA 7.</b> Contribuição relativa de caracteres em trinta linhagens e duas cultivares de soja, conforme critérios de Singh (1981) .....	29
<b>TABELA 8.</b> Agrupamento de otimização entre trinta linhagens e duas cultivares de soja, obtido pelo método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis.....	30

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é uma leguminosa com grande importância econômica para o Brasil, sendo a principal cultura do agronegócio brasileiro, além de influenciar o mercado de produção de carnes, devido ao farelo, utilizado como fonte de proteína na alimentação animal (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

O crescimento da produção em novas fronteiras agrícolas está associado aos altos níveis de tecnologia adotados pelos produtores. Desse modo, é possível afirmar que a expansão da soja no Brasil tem relação com os grandes esforços dos diversos programas de melhoramento genético, devido às contribuições para o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições agroclimáticas do país (NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015).

O melhoramento pode ser classificado em etapas, se iniciando com o desenvolvimento das populações, seguido dos processos de seleção e se estendendo a avaliação das linhagens. Sendo assim, o principal objetivo é a seleção de genótipos com alelos favoráveis, em que é realizado a fim de conferir rendimento comparativamente maior ou satisfatório as exigidas no mercado (BACAXIXI et al., 2011). A grande importância para o melhoramento está relacionada com a diversidade genética da soja, pois a partir desse estudo é possível identificar combinações híbridas que proporcionarão maior variabilidade genética nas gerações segregantes (FERREIRA JÚNIOR et al., 2015).

Na diversidade genética são utilizados caracteres agronômicos, morfológicos e moleculares, os quais são analisados através de métodos biométricos multivariados. Entre os métodos mais utilizados estão os métodos de agrupamento, que tem por objetivo separar um grupo original de observações em vários subgrupos. Esses agrupamentos podem ser realizados utilizando as medidas de dissimilaridade previamente estimada, como por exemplo a distância euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Além do conhecimento da base genética, os programas de melhoramento

têm como objetivo obter genótipos altamente produtivos e estáveis, ao serem submetidos ao ambiente a ser cultivados, condizendo, além disto, com os problemas reais e potenciais da cultura, como a resistência aos fatores bióticos e abióticos (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 2009; MATSUO et al., 2015).

Dentre as doenças que acometem a cultura da soja, a ferrugem asiática é destacada, devido ao seu alto potencial de danos, que ocasionam principalmente perdas na produtividade e altos investimentos para controle (LANGENBACH et al., 2016). Assim, o desenvolvimento de novas cultivares resistentes a doença se faz necessário, exigindo estudos de diversidade genética e melhoramento da cultura.

### **1.1. Origem e Importância Econômica da Soja**

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma espécie originária de plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, ao longo do rio Amarelo, no qual seu centro de origem situa-se na China. A leguminosa hoje cultivada é contrastante ao ser comparada aos seus ancestrais, em que seu surgimento se deu a partir de cruzamentos naturais entre duas espécies de sojas selvagens, posteriormente domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015)

O relato mais antigo dessa cultura está descrito no livro “Pen Ts’ao Kong Um”, no qual se tem descrições das plantas existentes na China aproximadamente no ano 2.838 a.C. Para os chineses, a soja, juntamente com o arroz, trigo, milho e cevada, eram considerados os cinco grãos sagrados, por serem essenciais à estabilidade da civilização chinesa. Devido à importância desses grãos, a semeadura e a colheita eram realizadas a partir de grandes cerimônias ritualísticas, executadas pelos imperadores chineses e poetas (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009).

A primeira referência da soja no Brasil foi em 1882, no estado da Bahia, tal qual não apresentou um desempenho satisfatório, assim posteriormente, em 1914, foi introduzida no Rio Grande do Sul, obtendo uma boa produção. Isto devido à latitude favorável e boa adaptação as condições climáticas da região, uma vez que eram semelhantes às do sul dos EUA (Estados Unidos da América), de onde era originado as cultivares introduzidas no país (SEDIYAMA, 2014).

Apesar de não ser considerada como alimento básico da população, a soja é uma das culturas mais importantes do mundo (BEZERRA et al., 2015), devido a composição do seu grão (40% de proteína; 21% de óleo e 33% de carboidrato) (PÍPOLO et al., 2015). Segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2008) as cultivares comerciais brasileiras apresentam em média 19% de óleo e 38% de proteína, sendo tais teores determinantes do valor comercial do grão.

Nas últimas três décadas, a soja passou a ser o quarto grão mais produzido e consumido no mundo, sendo precedido pelo milho, trigo e arroz (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Na última safra, o Brasil produziu 114 milhões de toneladas de grãos de soja, em uma área de aproximadamente 34 milhões de hectares (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2017).

Atualmente, essa leguminosa é cultivada em quase todo o território brasileiro, isso se deve, as pesquisas realizadas nas áreas de tecnologia de produção e melhoramento genético da espécie, objetivando a disponibilização de genótipos com elevadas produtividades de grãos, bem como resistentes a fatores bióticos e adaptadas a diferentes regiões do país (NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015). Os Estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são os principais produtores do Brasil, representando cerca de 60% da produção de soja do país (CONAB, 2017). Minas Gerais se encontra na sétima colocação do *ranking* de principais estados brasileiros produtores, com produção de cinco milhões de

toneladas, destacando os municípios de Unaí, Buritis, Paracatu, Uberaba e Coromandel (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2017).

A partir da década de 1970, a soja passou a ser um dos principais produtos agrícolas do país, se destacando como o principal produto de exportação brasileira e o responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos. Assim, essa leguminosa é a principal *commodity* da agricultura brasileira, colocando o país como o maior exportador do grão no mundo. Os fatores que permitiram a expansão da produção e a exportação da soja, foram o aumento da demanda da China e de outros países em desenvolvimento, e a forte valorização dos preços internacionais (ESPÍNDOLA; CUNHA, 2015; BEZERRA et al., 2015; CONAB, 2017).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2017), o Brasil exportou 50,9 milhões de toneladas entre janeiro e julho de 2017, um incremento de 14,9% em relação a exportação de 2016. A China é o principal importador do grão brasileiro, representando 77% do total de soja exportada pelo Brasil, o que gerou uma receita de US\$ 14,86 bilhões, no qual resultam 81,5% de todos os produtos que são exportados pelos brasileiros para o país.

## **1.2. Aspectos Botânicos e Morfológicos da Soja**

A soja pertence à família *Fabaceae*, gênero *Glycine* e espécie *Glycine max* (L.) Merrill, possui ampla variabilidade genética, sendo mantida e conservada em diversos bancos de germoplasma distribuídos por vários países orientais e ocidentais. O banco brasileiro apresenta uma coleção de quatro mil acessos (BACAXIXI et al., 2011), dividido em dois repositórios, no qual um é mantido a curto e médio período na Embrapa Soja em Londrina – PR, e o outro é denominado base, conservado em longo prazo na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia em Brasília – DF (OLIVEIRA, 2011).

A soja apresenta ampla diversidade de duração de ciclo, sendo possível encontrar cultivares variando de 70 a 200 dias para completar o desenvolvimento, as quais são classificadas em superprecoce, precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio, de acordo com a faixa de adaptação da cultivar. No entanto, no Brasil as cultivares têm ciclo variando de 100 a 160 dias, dependendo da região e da época de semeadura (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015).

A soja é uma planta anual, herbácea, ereta, autógama e possui caracteres morfológicos variadas, que são influenciados pelo ambiente. A altura das plantas oscila entre 30 e 200 centímetros (cm), com possibilidade de apresentar ramificações de quantidades variadas (NOGUEIRA et al., 2013).

O sistema radicular é constituído de um eixo principal pivotante e um grande número de raízes secundárias, sendo classificada como um sistema difuso e predominantemente, axial fasciculado. O comprimento das raízes pode chegar até 1,80 metros (m), mas a maior parte delas encontram-se a 15 cm de profundidade. Muitas possuem a formação de nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, resultante da simbiose com as bactérias do gênero *Bradirhizobium*, que fixam nitrogênio do ar presente no solo, repassando para a planta na forma de nitrato, em troca de hidratos de carbono (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016).

O caule é do tipo herbáceo ereto, pubescente e ramificado, e seu tamanho é variado, sendo influenciado pelo tempo de exposição diário a luz e pelo genótipo. Na gema terminal da haste principal é possível determinar o tipo de crescimento da cultura, podendo ser indeterminado, semideterminado e determinado, em que os genótipos determinados apresentam no final do caule racemos florais, enquanto o indeterminado continua crescendo e desenvolvendo nós até o final do florescimento (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 2009).

As folhas são divididas em três tipos, sendo elas, cotiledonares ou embrionárias, unifolioladas ou simples e trifolioladas ou compostas. As flores da soja são perfeitas, com órgãos masculinos e femininos protegidos pela corola, podendo ser brancas ou roxas. O fruto, do tipo vagem, é achatado, reto a pouco curvado, pubescente e deiscente. A vagem de soja pode ter de uma a cinco sementes, porém, predominantemente, tem-se vagens de uma a três sementes. Estas são lisas, ovais, globosas ou elípticas, sendo encontradas nas cores amarela, preta, marrom ou verde (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016).

O desenvolvimento da soja compreende a fase vegetativa e a reprodutiva, podendo ser caracterizada e identificada pela escala de Fehr e Caviness (1977). Assim, o vegetativo é designado pela letra V e o reprodutivo pela letra R, e são seguidas de números ou letras que os identificam. O estágio V se inicia com a emergência da plântula, se estendendo até a abertura da primeira flor, marcando assim o começo do estágio reprodutivo, que compreende o período do início da floração até a maturação (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 2009).

### **1.3. Melhoramento e Diversidade Genética da Soja**

O sucesso do agronegócio da soja brasileira pode ser atribuído aos avanços científicos e tecnológicos para seu cultivo. Resultado dos esforços realizados por diversas instituições de pesquisa, que buscam a solução das limitações reais e potenciais das cultivares, frente aos fatores bióticos e abióticos. Estes interferem na produção da soja, resultando em sementes de alta qualidade dos atributos genético, físico, fisiológico e sanitário (MARTINS et al., 2016; NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015).

O desenvolvimento de novas cultivares pode ser realizada a partir de hibridações artificiais, por meio de cruzamentos de parentais geneticamente distintos. Assim, para o desenvolvimento de populações com variabilidade genética, tem-se a aplicação de métodos apropriados de avaliação e seleção de características superiores. Essas hibridações podem ser



realizadas por meio de cruzamentos simples, duplos ou múltiplos (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 2009).

A seleção de parentais para a realização das hibridações é uma das etapas mais importantes no processo de melhoramento genético da cultura da soja, pois nesses genótipos deverão estar presentes as características de interesse a ser recombinadas. Para isso, é necessário cautela na escolha, para que parentais geneticamente divergentes permitam um maior ganho de seleção (PÍPOLO et al., 2007).

Nas populações em gerações mais avançadas, são selecionadas as plantas com melhores desempenhos. Com objetivo de instalação de testes de progênie e seleção de linhagens, com uniformidade relativamente alta e homogeneidade de caracteres agronômicos tais como o ciclo, altura de planta, resistência a doenças (CASTRO et al., 2015).

Uma forma de se conhecer a variabilidade genética é por meio do coeficiente de parentesco, no entanto, encontram-se dificuldades para a execução dessa metodologia. Uma vez que grande parte das empresas não disponibilizam as genealogias das cultivares disponíveis. Para isso, análises de diversidade genética com o uso de informações fenotípicas se tornam fundamentais (NOGUEIRA, 2011).

Segundo Júnior et al. (2015), a análise multivariada é uma ferramenta muito empregada para estudos de diversidade genética, a qual é utilizada juntamente com as informações de desempenho dos genótipos, como os caracteres agronômicos, morfológicos e coeficientes de parentesco ou moleculares. Dentre as metodologias utilizadas para estudos de diversidade genética, se destacam os métodos de agrupamento, variáveis canônicas e componentes principais. No entanto, a escolha da metodologia utilizada fica a critério do pesquisador de acordo com os objetivos do trabalho.

Os métodos de agrupamento têm como objetivo dividir um grupo original de observações em vários subgrupos, para que se tenha homogeneidade dentro dos grupos e

heterogeneidade entre os grupos. Os métodos hierárquicos e os de otimização são os mais utilizados pelos pesquisadores (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Para os caracteres fenotípicos, esses agrupamentos são feitos com base em medidas de dissimilaridade previamente estimadas, em que se pode utilizar a distância euclidiana ou a distância generalizada de Mahalanobis (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

#### **1.4. Doenças na Soja: Oídio e Ferrugem Asiática**

Na cultura da soja já foram registrados mais de 100 patógenos no mundo que acometem a cultura, no Brasil há relatos de aproximadamente 40 patógenos, incluindo bactérias, fungo, vírus e nematoides (MATSUO et al., 2015). Porém, com a expansão das áreas de soja no país este número continua crescendo, e a importância econômica de cada doença é variável de ano a ano e de região para região, dependendo das condições climáticas da safra (GRIGOLLI, 2015).

O oídio causado pelo fungo *Erysiphe diffusa*, foi relatado no Brasil, primeiramente, na região Sul, Sudeste e Centro Oeste, no qual os locais mais prejudicados dispunham de perdas de rendimento de até 40% (EMBRAPA, 2013). O patógeno é favorecido pelo ambiente quente e seco, se disseminando principalmente pelo vento (IGARASHI et al., 2010).

O sintoma característico é o recobrimento parcial ou total das folhas, ramos, flores e frutos por eflorescência de coloração branca ou acinzentado, resultando posteriormente, em casos mais severos, na necrose (BEDENDO, 2011). Assim, os danos estão associados a redução da área fotossintética ativa da planta em até 50%, ocasionando a queda precoce das folhas. A infecção pode ocorrer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, porém a maior ocorrência corresponde ao período inicial da floração (IGARASHI et al., 2010).

A principal doença da cultura da soja é a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (GRIGOLLI, 2015). A primeira referência desta no mundo foi em

1903 no Japão. Na América do Sul foi relatada primeiramente em 2001, no Paraguai, e posteriormente, em 2002, na Argentina. No Brasil, a doença infectou o final da safra de 2000/2001, no estado do Paraná, se expandindo na safra seguinte para os estados do Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (JULIATTI, 2005).

Os sintomas da ferrugem podem surgir em qualquer momento do ciclo fenológico da soja, porém a maior incidência é relatada em plantas próximas à floração, iniciando no terço inferior das folhas. As condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da *P. pachyrhizi* são temperaturas entre 15 e 28 °C, e umidades relativas entre 75 e 80%. Assim, os ambientes com períodos prolongados de orvalho e umidades são propícios para o progresso do fungo. Koga et al. (2014) observou em seus estudos, que o desenvolvimento da doença apresentava uma alta correlação com os níveis elevados de pluviosidade, porém mais baixas com a temperatura. Afirmando assim, que a chuva prolonga a umidade foliar e promovia uma intensa liberação de esporos, favorecendo o desenvolvimento de uma epidemiologia severa.

A ferrugem asiática apresenta padrão de distribuição de pústulas sobre as nervuras principais e secundárias, não necessitando de estômatos ou ferimentos para infectar a planta, penetrando através da cutícula e epiderme, qualificando a infecção como mais rápida e fácil. Os sintomas característicos da doença são minúsculas pontuações escuras na folha, com coloração esverdeada a cinza-esverdeada na face abaxial. Desse modo, é possível analisar uma saliência, semelhante a pequenas feridas ou bolhas, que correspondem às estruturas de reprodução do fungo, denominadas urédias. Ao longo do tempo, as folhas infectadas tornam-se amareladas e caem, resultando na desfolha precoce, que compromete a formação e o enchimento de vagens, reduzindo o peso final dos grãos, além do abortamento de folhas e vagens, ocasionando a deficiência na granação (GRIGOLLI, 2015).

Como forma de controle da ferrugem asiática, além do controle químico, sugere-se a eliminação das plantas de soja voluntárias e respeitar o vazio sanitário. No qual, este compreende a um período de ausência obrigatório de plantas no campo, para reduzir a sobrevivência do fungo e reduz o inóculo em razão da ausência de hospedeiro, diminuindo a possibilidade de ocorrência da doença no período vegetativo da safra seguinte, podendo diminuir o número de aplicações de fungicidas para o controle. O controle genético também é uma opção para o controle da doença, pela utilização de cultivares que possuam genes de resistência ao fungo *P. pachyrhizi* (EMBRAPA, 2014).

Atualmente no mercado estão disponíveis genótipos com resistência vertical ao patógeno causados da ferrugem asiática, como a Tecnologia Inox® da empresa Tropical Melhoramento & Genética (TMG), e cultivares obtidas por meio de melhoramento clássico, como BRSGO 7560 e BRS 511 da Embrapa (EMBRAPA, 2009; FREITAS, 2011) e UFUS-Impacta, UFUS-Milionária e UFUS 8011 do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia (HAMAWAKI et al., 2010a).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

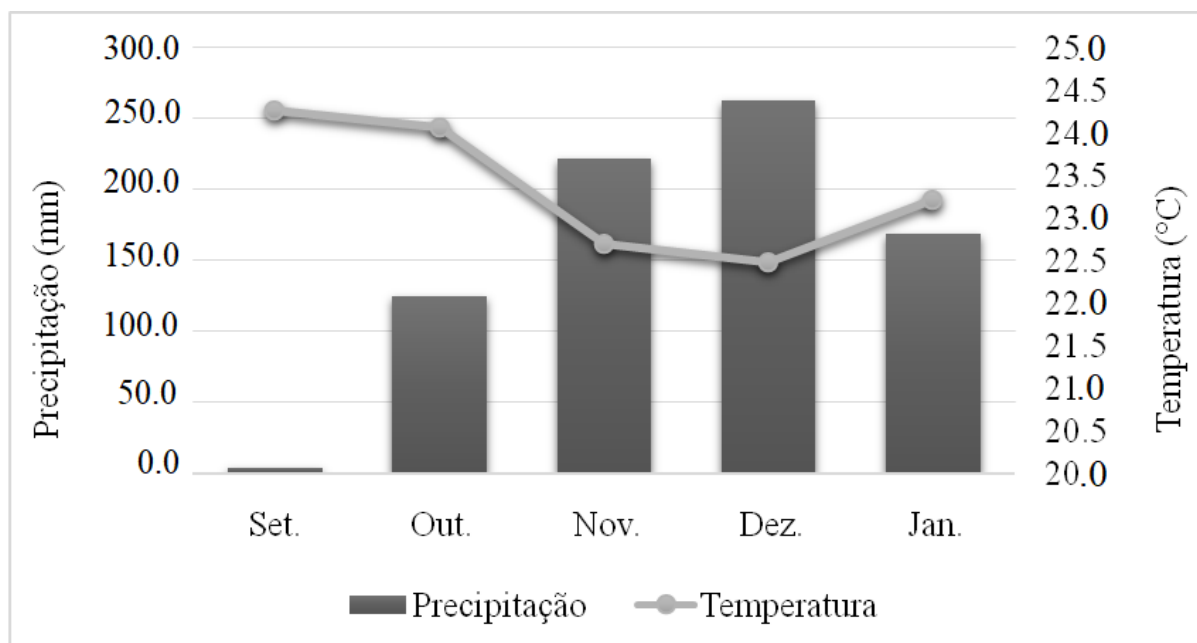
Avaliar o desempenho agronômico e a diversidade genética em soja para resistência à ferrugem asiática.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar o desempenho agronômico de genótipos de soja sob condições naturais de infecção por *Phakopsora pachyrhizi*;
- Avaliar a diversidade genética entre linhagens desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de soja da UFU;
- Indicar os cruzamentos para obtenção de populações tolerante resistentes à *Phakopsora pachyrhizi*.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2016/2017, em uma área experimental da Fazenda Capim Branco, localizada no município de Uberlândia – MG (18°52'S; 48°20' W e 872 m de altitude) pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU). As condições meteorológicas do campo durante a condução do experimento estão representadas abaixo.



**FIGURA 1.** Precipitação e temperatura média durante os meses de setembro de 2016 a janeiro de 2017, na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, safra 2016/2017. Fonte: Estação meteorologia da Fazenda Capim Branco.

Avaliaram-se 32 genótipos de soja, sendo trinta linhagens desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Soja da UFU, em geração F8, e duas cultivares com resistência genética à ferrugem asiática, TMG 801 e BRS GO 7560.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos completos casualizados com três repetições. Cada parcela experimental foi constituída de quatro linhas de plantas de soja, com 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m, totalizando 10 m<sup>2</sup>. A área útil foi formada pelas duas fileiras centrais de cada parcela, desprezando 0,5 m em ambas as extremidades, resultando em 4,0 m<sup>2</sup>.

O solo da área experimental era do tipo Latossolo Vermelho Escuro Distrófico. A preparação do solo foi pelo método convencional, com aração e duas gradagens, e antes da semeadura a área foi sulcada e adubada, considerando a análise química do solo (Tabela 1).

**TABELA 1.** Características químicas do solo, amostrado na profundidade de 0 a 20cm, em Uberlândia-MG.

pH em H <sub>2</sub> O	M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	P Meh <sup>-1</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	cmolc dm <sup>-3</sup>				V (%)	
			K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>		H <sup>+</sup> + Al <sup>+</sup>
5,6	2,2	6,6	0,31	4,1	1,0	0,0	3,4	61

M.O.: Matéria Orgânica, V: saturação por bases.

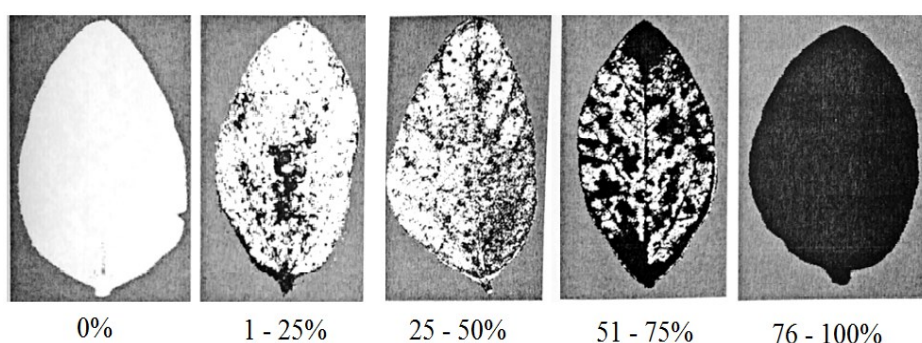
A adubação do solo foi realizada com a formulação NPK 02-28-18, na dosagem de 400 kg ha<sup>-1</sup>, sendo realizados manualmente. As sementes foram tratadas com fungicida Carbendazim e Tiram (Protreat®) e, posteriormente, inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, contendo duas estirpes da bactéria.

A semeadura manual ocorreu em 03 de setembro de 2016, adotando 20 sementes por metro linear. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação de herbicida S-Metolacoloro (Dual Gold®), logo após a semeadura, e Haloxifope-PMetílico (Verdict®) 20 dias após semeadura, complementada com capinas manuais. No mês de setembro o experimento foi irrigado diariamente.

Na parcela útil realizou-se a amostragem de cinco plantas aleatórias, nas quais foram identificadas com fita colorida para realização das avaliações, por meio de observações visuais e medições de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura, proposto por Fehr; Caviness (1977):

- a) **Altura das plantas na floração (APF) e na maturidade (APM):** medida da superfície do solo até a inserção do racimo no ápice da haste principal no florescimento e na maturidade;

- b) **Número de dias para o florescimento (NDF) e maturidade (NDM):** período que corresponde ao número de dias decorridos entre a emergência e o florescimento e número de dias desde a emergência até a data em que 95% das vagens apresentaram-se maduras;
- c) **Número de nós no florescimento (NNF) e na maturidade (NNM):** determinado pela contagem do número de nós na haste principal no florescimento e na maturidade;
- d) **Número total de vagens cheias por planta (NTVC):** posterior à colheita foi contado o número total de vagens cheias em cada uma das cinco plantas;
- e) **Altura da inserção da primeira vagem (AIPV):** medida da superfície do solo até a inserção da primeira vagem na haste principal na maturidade.
- f) **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.
- g) **Severidade da Ferrugem (FER):** determinado visualmente, por meio da análise do trifólio mais atingido a partir da escala diagramática proposta por Juliatti, Polizel e Juliatti (2004), sendo dado notas de 1 a 5, em que 1 = 0, 2 = 1-25%, 3 = 25-50%, 4 = 51-75% e 5 = 76-100%.

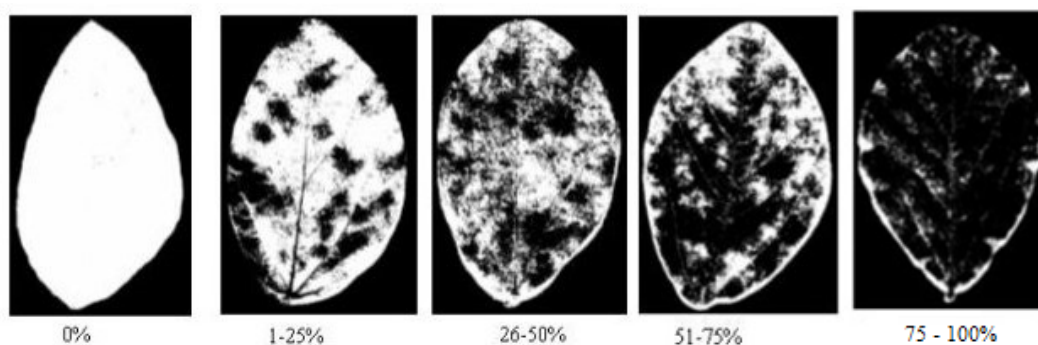


**FIGURA 2.** Escala diagramática da ferrugem da soja (*Glycine max*) (Juliatti; Polizel; Juliatti, 2004).

- h) **Severidade do Oídio (OID):** determinado visualmente, por meio da análise do trifólio mais atingido a partir da escala diagramática proposta por Juliatti, Polizel e Juliatti (2004),



sendo dado notas de 1 a 5, em que 1 = 0, 2 = 1-25%, 3 = 25-50%, 4 = 51-75% e 5 = 76-100%.



**FIGURA 3.** Escala diagramática do oídio da soja (*Glycine max*) (Juliatti; Polizel; Juliatti, 2004).

As plantas de cada parcela útil foram colhidas e trilhadas, tendo as sementes pesadas, depois de secas e limpas, para determinação dos rendimentos, isto é, avaliou-se:

a) **Peso médio de 100 grãos (PCG):** após a colheita e beneficiamento das plantas da área útil de cada parcela, realizou-se a determinação do peso de cem sementes. O peso de cada amostra foi corrigido para umidade de 13%.

b) **Produtividade de grãos (PRO):** obtida por meio da colheita da área útil de cada parcela e pesagem dos grãos obtidos após trilha dos feixes de plantas e limpeza das sementes. Os dados obtidos (grama por parcela) foram transformados para Kg ha<sup>-1</sup>, sendo essa produtividade corrigida para umidade de 13%, conforme a equação abaixo:

$$PF = PI * \frac{100 - UI}{100 - UF}$$

Em que:

PF: peso final corrigido da amostra;

PI: peso inicial da amostra;

UI: umidade inicial da amostra;

UF: umidade final da amostra (13%).

Desse modo, por meio da avaliação destes dezesseis caracteres, foi analisado o desempenho agrônômico dos genótipos sob condições naturais de infecção por *Phakopsora pachyrhizi*.

Quanto a análise da existência de variabilidade genética para os caracteres quantitativos, realizaram-se análise de variância, de acordo com o modelo de efeitos fixos para genótipos:

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

Em que:

$Y_{ij}$ : é o valor de cada caráter para o i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

$\mu$ : média geral

$G_i$ : efeito do i-ésimo genótipo;

$B_j$ : efeito do j-ésimo bloco;

$\varepsilon_{ij}$ : erro aleatório.

Posteriormente foi estimado o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ):

$$H^2 = \frac{\widehat{\sigma}_g^2}{QMT/r}$$

$$\widehat{\sigma}_g^2 = \frac{(QMT - QMR)}{r}$$

Em que:

$H^2$ : coeficiente de determinação genotípico;

$\widehat{\sigma}_g^2$ : componente quadrático genético;

QMT: quadrado médio de genótipos;

QMR: quadrado médio do resíduo;

r: número de repetições.

Realizou-se o agrupamento pelo teste Scott Knott ao nível de 1% de probabilidade. E a partir das medidas dos genótipos, estimou-se a dissimilaridade genética entre pares de genótipos por meio da distância generalizada de Mahalonobis ( $D^2_{ii'}$ ):

$$D^2_{ii'} = \delta' \Psi^{-1} \delta$$

Em que:

$D^2_{ii'}$ : distância generalizada de Mahalonobis entre os genótipos i e i';

$\delta'$ : [d1 d2 ... dv] sendo  $d_j = Y_{ij} - Y_{i'j}$ ;

$\Psi$ : matriz de variâncias e covariâncias residuais;

$Y_{ij}$ : média do i-ésimo genótipo em relação à j-ésima variável.

Após a obtenção da matriz de dissimilaridade foi realizado o agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico da Ligação Média entre grupos (UPGMA) e pelo método de otimização de Tocher. Também foi determinado a contribuição relativa dos caracteres na dissimilaridade pela Metodologia de Sing (1981). Todas as análises foram realizadas utilizando o Programa Computacional em Genética e Estatística (GENES) (CRUZ, 2016).

O cálculo da AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) das doenças ferrugem asiática e oídio, foi estimado conforme a equação apresentada por Campbell & Madden (1990), usando os valores de severidade das três avaliações realizadas.

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} * T_{i+1} - T_i$$

Em que:

n = número total de observações;

Y = severidade

( $T_{i+1} - T_i$ ) = intervalo de tempo entre duas avaliações consecutivas.

A análise de variância da AACPD foi realizada por meio do programa SISVAR.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variabilidade genética permite analisar a viabilidade para seleção de linhagens superiores. Foi possível observar a existência de variabilidade genética, para todos os genótipos avaliados (Tabela 2).

**TABELA 2.** Quadrados médios, coeficientes de variação e parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos e produtividade de grãos de trinta e dois genótipos de soja, cultivados no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.

Caracteres	QMG	QME	CV (%)	CVg/CVe	H <sup>2</sup> (%)
NDF	73,33**	7,21	5,07	1,75	90,17
NDM	262,88**	27,93	4,10	1,67	89,37
APF	169,93**	61,13	14,88	0,77	64,02
APM	677,67**	120,05	14,12	1,24	82,28
NNF	3,96**	1,24	9,65	0,86	68,81
NNM	36,05**	2,64	9,31	2,05	92,67
AIPV	37,17**	14,89	25,82	0,71	59,94
FER	0,26**	0,11	16,48	0,66	56,90
OID	1,15**	0,16	17,59	1,46	86,44
NV1G	61,08**	16,54	29,39	0,95	72,93
NV2G	90,75**	23,40	30,34	0,98	74,22
NV3G	12,54**	3,91	44,60	0,86	68,84
NTVC	339,16**	87,70	27,50	0,98	74,14
PCG	12,25**	0,10	2,12	6,23	99,15
PRO	1527376,10**	489678,26	21,79	0,84	67,94

NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade; APF e APM: altura da planta no florescimento e na maturidade (cm); NNF e NNM: número de nós na haste principal no florescimento e na maturidade; AIPV: altura da inserção da primeira vagem (cm); FER: severidade da ferrugem asiática; OID: severidade do oídio; NV1G: número de vagens com um grão; NV2G: número de vagens com dois grãos; NV3G: número de vagens com três grãos; NTVC: número total de vagens cheias; PCG: peso de cem grão (g); PRO: produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); QMG: quadrado médio dos genótipos; QME: quadrado médio do resíduo; CV: coeficiente de variação; CVg: coeficiente de variação genético; CVe: coeficiente de variação experimental; H<sup>2</sup>: coeficiente de determinação genotípica; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Resultados semelhantes foram encontrados por Leite et al. (2016) ao analisarem estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para APF, APM, AIPV, PRO, NNM e NTVC em linhagens de soja.

O coeficiente de variação (CV) oscilou de 2,12% a 44,60% para PCG e NV3G, respectivamente (Tabela 2). Os coeficientes acima de 30% são considerados altos para produtividade de grãos, evidenciando uma alta dispersão dos dados experimentais ou até mesmo, uma diferença genética e fenotípica entre os genótipos (COSTA et al., 2008). No

entanto, o valor do CV encontrado para a produtividade de grãos (21,79%) se assemelha ao recomendado pela literatura, corroborando com resultados obtidos por Leite et al. (2016), Machado et al. (2017) e Selestrino et al. (2014) ao realizarem ensaios com a cultura da soja com o mesmo tipo de parcela experimental.

A razão entre o coeficiente de variação genético (CVg) e o coeficiente de variação ambiental (CVe) é empregada como um índice indicativo do grau de facilidade de seleção dos genótipos para cada caráter. Assim, quando o quociente estimado for igual ou maior que um, a variação estimada dos dados experimentais é determinada pela variação genética disponível, caracterizando estes caracteres como ideais para a seleção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Desse modo, foi possível observar uma variação CVg/CVe de 0,30 a 6,23, sendo que os caracteres NDF (1,75), NDM (1,67), APM (1,24), NNM (2,05), OID (1,46), PCG (6,23) resultaram em altas taxas (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Leite et al. (2016) em que APM e NNM resultaram em valores superiores a um e a PRO e NTVC inferiores a um. Semelhando-se também aos resultados encontrados por Giorgenon; Buzinaro; Mauro (2014) em seus estudos.

O parâmetro  $H^2$  denominado coeficiente de determinação genotípica recebe tal definição, devido se tratar de genótipos já fixados e pré-selecionados (VASCONCELOS et al., 2012), sendo considerado elevados os valores acima de 70% (LEITE et al., 2016). Desse modo, de acordo com a Tabela 2, os resultados variaram de 56,90% (FER) à 99,15% (PCG), em que nove (NDF, NDM, APM, NNM, OID, NV1G, NV2G, NTVC, PCG) dos quinze caracteres avaliados obtiveram uma taxa elevada, evidenciando que para estes as diferenças entre os genótipos são de maioria natureza genética.

Machado et al. (2017) ao avaliarem vinte e quatro linhagens de soja, também no município de Uberlândia, encontraram estimativa acima de 70% para a maioria dos caracteres

estudados, concordando com os resultados obtidos neste trabalho. Assim, os caracteres que apresentaram uma alta estimativa de  $H^2$ , indicam uma perspectiva de sucesso pela seleção fenotípica, no qual, isto pode ser confirmado também por meio dos caracteres que apresentaram valores próximos ou acima de um pela razão  $CV_g/CV_e$ .

Na Tabela 3, verificou-se que o número de dias para o florescimento (NDF) e número de dias para a maturidade (NDM) foram ambos separados em cinco grupos. O NDF variou de 36,67 (BRSGO 7560) a 58,67 dias (UFUS G9), e NDM de 98,00 (BRSGO 7560) a 143,00 dias (UFUS G22). Almeida et al. (2013) ao avaliarem o desempenho agrônômico de linhagens e cultivares de soja também obtiveram uma distribuição de cinco grupos, quanto ao NDM e uma variação de médias NDF semelhante a encontrado neste trabalho.

A cultivar BRSGO 7560 foi considerada de ciclo de maturação precoce, conforme a Tabela 3, confirmado por meio de estudos de Rodrigues et al. (2017), no qual ao analisarem a mesma no município de Uberlândia, na safra 2013/2014, obteve 100 dias para a sua maturação, se assemelhando ao obtido neste estudo, 98 dias. As cultivares precoces são vantajosas, pois possibilitam a realização da segunda safra na mesma área, além de permitir o escape de doenças como a ferrugem asiática, diminuindo a quantidade de aplicações de produtos químicos para o controle do fungo (SILVA; JULIATTI; SILVA, 2007; SILVA et al., 2015).

De acordo com a classificação em grupos de maturidade, tem-se que em Minas Gerais são considerados semiprecoces aqueles com 101 a 110 dias de maturação, médio de 111 a 125, semitardio de 125 a 145 dias (EMBRAPA, 2008). Sendo assim, foi possível visualizar um genótipo precoce (BRSGO 7560), seis médios (UFUS G1, UFUS G10, UFUS G12, UFUS G13, UFUS G30 E UFUS G32) e vinte e quatro semitardios (Tabela 3).

Foi observada uma variação de 45 dias entre o ciclo mais curto e o mais longo para maturação, possibilitando analisar uma diferença de 28 dias entre as linhagens (Tabela 3).

Assemelhando-se ao encontrado por Espíndola et al. (2008) ao analisarem 14 linhagens UFU de soja em Uberaba-MG, obtiveram uma diferença de 21 dias entre os genótipos e Hamawaki et al. (2010b) que relataram uma variação de 23 dias, quanto a este caráter em genótipos avaliados em Uberlândia – MG.

**TABELA 3.** Caracteres agrônômicos avaliados em trinta linhagens e duas cultivares de soja cultivadas no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.

Genótipos	NDF	NDM	APF	APM	NNF	NNM	AIPV
UFUS G1	55,50 b	125,00 c	50,70 b	69,14 c	12,70 a	16,60 d	14,07 b
UFUS G2	51,67 c	135,00 b	50,73 b	70,76 c	11,47 b	16,40 d	19,46 a
UFUS G3	54,67 b	128,33 c	52,20 b	74,12 c	12,67 a	17,53 c	16,11 a
BRSO 7560	36,67 e	98,00 e	38,40 b	51,87 c	8,93 b	9,53 e	6,35 b
UFUS G5	64,00 a	144,67 a	65,93 a	87,35 b	14,33 a	19,07 c	18,77 a
UFUS G6	52,00 c	133,00 b	38,40 b	51,22 c	10,20 b	13,47 d	17,79 a
UFUS G7	50,00 c	129,50 c	48,80 b	76,08 c	10,00 b	15,30 d	17,64 a
UFUS G8	57,00 b	138,00 a	60,13 a	113,71 a	11,07 b	23,53 b	19,53 a
UFUS G9	58,67 b	129,33 c	61,33 a	78,08 c	12,60 a	17,07 c	13,15 b
UFUS G10	53,50 b	119,00 d	51,20 b	66,16 c	12,00 a	16,20 d	16,92 a
UFUS G11	53,67 b	125,67 c	58,40 a	81,18 b	11,13 b	16,33 d	17,21 a
UFUS G12	57,00 b	118,33 d	48,53 b	65,63 c	13,07 a	16,93 c	11,05 b
UFUS G13	52,00 c	117,33 d	55,33 a	70,91 c	11,47 b	16,07 d	15,89 a
UFUS G14	49,67 c	125,67 c	45,73 b	94,27 b	10,40 b	19,67 c	18,81 a
UFUS G15	56,00 b	125,33 c	58,47 a	81,77 b	11,07 b	17,93 c	13,12 b
UFUS G16	56,67 b	130,67 b	62,33 a	77,33 c	12,07 a	17,67 c	9,47 b
UFUS G17	55,67 b	142,00 a	48,20 b	67,47 c	11,40 b	15,67 d	17,31 a
UFUS G18	49,33 c	133,00 b	45,73 b	72,03 c	9,87 b	15,20 d	16,17 a
UFUS G19	52,33 c	127,33 c	54,13 a	79,79 b	10,07 b	15,20 d	12,83 b
UFUS G20	51,67 c	136,00 b	56,33 a	109,69 a	11,87 a	24,60 b	14,95 a
UFUS G21	55,67 b	140,33 a	50,67 b	71,12 c	12,47 a	17,20 c	11,95 b
UFUS G22	57,00 b	143,00 a	50,90 b	105,98 a	11,40 b	29,30 a	12,47 b
UFUS G23	57,00 b	139,00 a	63,13 a	84,47 b	13,20 a	17,53 c	10,24 b
UFUS G24	52,00 c	126,67 c	52,93 b	86,23 b	11,73 a	18,67 c	18,45 a
UFUS G25	53,33 b	135,00 b	59,27 a	80,66 b	12,33 a	17,47 c	16,77 a
UFUS G26	50,33 c	131,33 b	51,00 b	72,72 c	11,47 b	16,13 d	13,54 b
UFUS G27	56,00 b	128,33 c	62,20 a	84,05 b	12,53 a	19,00 c	17,49 a
UFUS G28	57,33 b	126,00 c	64,20 a	82,30 b	12,13 a	17,98 c	12,14 b
UFUS G29	49,33 c	128,00 c	46,27 b	95,63 b	10,47 b	20,47 c	20,93 a
UFUS G30	43,00 d	115,00 d	43,87 b	55,87 c	10,33 b	14,47 d	10,23 b
UFUS G31	49,33 c	127,67 c	44,07 b	64,46 c	11,00 b	15,07 d	10,69 b
TMG 801	48,00 c	121,50 d	41,60 b	60,81 c	11,30 b	15,70 d	16,75 a

NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade; APF e APM: altura da planta no florescimento e na maturidade (cm); NNF e NNM: número de nós no florescimento e na maturidade; AIPV: altura da inserção da primeira vagem (cm); médias com a mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott Knott ( $P < 0,01$ ).

Para a altura das plantas no florescimento (APF) e altura das plantas na maturidade (APM) os genótipos foram separados em dois e três grupos, respectivamente (Tabela 3). A APF oscilou de 38,40 (BRSGO 7560) a 65,93 cm (UFUS G5), enquanto a APM variou de 51,22 (BRSGO 7560) a 113,71 cm (UFUS G8) (Figura 3). Foi possível observar que as plantas mais altas no florescimento também atingiram maiores alturas na maturidade, podendo ser explicado pelas correlações fenotípica e genotípicas existentes entre os dois caracteres. Em concordância com os estudos de Nogueira et al. (2012), que ao avaliar 90 genótipos de soja com duas épocas de semeadura registrou uma correlação de alta magnitude entre os caracteres APF e APM.

A altura de plantas na maturidade apresenta grande relevância na análise de acamamento, uma vez plantas com alturas acima de 100 cm são impróprias para cultura da soja, pois tendem a acamar e com isso dificulta a eficiência da colheita mecanizada (NOGUEIRA et al., 2009). Apenas as linhagens UFUS G8 (113,71), UFUS G20 (109,69) e UFUS G22 (105,98) apresentaram alturas superiores ao considerado ideal (Tabela 3).

As plantas menores de 50 cm também não são indicadas, para a cultura da soja devido ao pequeno porte resultar na formação de vagens muito próximo ao solo, aumentando as perdas durante a colheita mecanizada, isto é, as vagens situadas abaixo do nível da barra de corte ficam ligadas à parte remanescente do caule e não são colhidas pela máquina (AGUILA; AGUILA; THEISEN, 2011). Sendo assim, todos os genótipos estudados apresentaram alturas superiores a 50 cm, sendo considerados apropriados para colheita mecanizada (Tabela 3).

O número de nós no florescimento (NNF) variou de 8,93 a 13,07 (Tabela 3), se assemelhando com os resultados de Machado et al. (2017), que obtiveram uma variação de 8,47 a 12,73, enquanto o número de nós na maturidade (NNM) oscilou entre 9,53 e 29,30. Segundo Sedyama, Silva e Borém (2015) e desejável em média que uma planta tenha de 17 a 18 nós em sua haste principal, para que se enquadre em um perfil de alto potencial produtivo,



portanto as linhagens UFUS G3, UFUS G9, UFUS G15, UFUS G16, UFUS G21, UFUS G23, UFUS G25 e UFUS G28 apresentaram NNM favorável.

A altura da inserção da primeira vagem (AIPV) variou de 6,35 a 20,93 cm (Tabela 3), um caráter influente na produtividade, visto que pode causar perdas durante a colheita mecanizada (CHIODEROLI et al., 2012). Segundo Sedyama, Teixeira e Reis (2009) a altura ideal de inserção da primeira vagem é de no mínimo 10 cm para solos de topografia plana, e 15 cm para solos mais inclinados. Assim, todos os genótipos analisados apresentaram valores acima do mínimo indicado, com exceção da cultivar BRSGO 7560 e UFUS G16.

O número total de vagens é um dos mais importantes componentes de produção da soja, em virtude da correlação positiva com a produtividade (VIANNA et al., 2013). Uma planta de soja pode produzir até 400 vagens, no entanto em média as cultivares comerciais brasileiras apresentam de 30 a 80 vagens por planta (CAMÂRA, 1998).

De acordo com a Tabela 4, notou-se que os genótipos produziram predominantemente vagens com dois grãos corroborando com resultados obtidos por Machado et al. (2017), que ao avaliarem 24 genótipos de soja no município de Uberlândia, observaram que 19 destes produziam em maior quantidade de vagens com dois grãos. Assim como Charlo et al. (2011), que ao analisar soja-hortaliça verificou maiores valores de vagens com dois grãos.

Para número de vagens com um grão (NV1G) os maiores valores foram observados para as linhagens UFUS G1 (23,70), UFUS G22 (22,80) e UFUS G21 (22,33) (Tabela 4). Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Charlo et al. (2011) ao avaliarem o desempenho agrônômico de dez linhagens de soja hortaliça no estado de São Paulo. Estas mesmas linhagens também se destacaram quanto ao número de vagens com dois grãos (NV2G), tendo a UFUS G23 compondo também o grupo destas maiores produtoras, com 23,20. Já quanto ao número de vagens com três grãos (NV3G) apenas UFUS G1 se destacou, com média de 11,10 (Tabela 4).

**TABELA 4.** Componentes de produção avaliados em linhagens e cultivares de soja cultivadas no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.

Genótipos	NV1G	NV2G	NV3G	NTVC	PCG	PROD
UFUS G1	23,70 a	25,60 a	11,10 a	60,40 a	15,38 e	4900,36 a
UFUS G2	12,47 b	12,53 b	2,87 c	27,87 c	14,83 f	3137,24 b
UFUS G3	16,93 a	21,40 a	6,07 b	44,40 b	13,08 h	3411,58 a
BRS GO 7560	7,00 b	6,73 b	2,40 c	16,13 c	18,00 c	2100,69 b
UFUS G5	18,33 a	19,27 a	1,20 c	38,80 b	13,92 g	4061,09 a
UFUS G6	9,40 b	13,20 b	3,80 c	26,40 c	15,25 f	2291,28 b
UFUS G7	6,90 b	8,60 b	5,10 b	20,60 c	13,88 g	2232,82 b
UFUS G8	11,33 b	13,13 b	8,00 b	32,47 c	15,83 e	4028,70 a
UFUS G9	12,73 b	15,80 b	4,53 c	33,07 c	15,58 e	3409,01 a
UFUS G10	11,20 b	9,80 b	3,20 c	24,20 c	14,63 f	2960,44 b
UFUS G11	13,27 b	10,60 b	4,27 c	28,13 c	17,08 d	2739,84 b
UFUS G12	15,93 a	20,40 a	5,93 b	42,27 b	18,00 c	3519,59 a
UFUS G13	11,67 b	15,53 b	3,53 c	30,73 c	15,50 e	2936,28 b
UFUS G14	10,80 b	14,13 b	2,67 c	27,60 c	21,58 a	3453,24 a
UFUS G15	11,93 b	20,13 a	6,67 b	38,73 b	15,50 e	3288,50 a
UFUS G16	20,33 a	21,73 a	3,00 c	45,07 b	14,25 g	3093,90 b
UFUS G17	10,67 b	12,47 b	3,13 c	26,27 c	12,83 h	2091,13 b
UFUS G18	11,47 b	10,73 b	2,47 c	24,67 c	15,50 e	2484,30 b
UFUS G19	10,13 b	11,60 b	5,60 b	27,33 c	15,25 f	3309,56 a
UFUS G20	14,67 b	19,80 a	5,60 b	40,07 b	14,92 f	3923,70 a
UFUS G21	22,33 a	19,80 a	3,07 c	45,20 b	12,58 h	3619,45 a
UFUS G22	22,80 a	31,50 a	4,00 c	58,30 a	13,88 g	4524,29 a
UFUS G23	18,60 a	23,20 a	5,87 b	47,67 b	12,00 i	3464,36 a
UFUS G24	10,13 b	10,73 b	3,13 c	24,00 c	15,17 f	2812,81 b
UFUS G25	18,53 a	18,67 a	5,87 b	43,07 b	13,42 g	3788,99 a
UFUS G26	14,80 b	16,40 b	4,40 c	35,60 b	14,17 g	2848,76 b
UFUS G27	16,40 a	17,87 a	6,40 b	40,67 b	14,92 f	3817,08 a
UFUS G28	17,00 a	19,00 a	6,40 b	37,47 b	14,92 f	3761,61 a
UFUS G29	9,87 b	15,60 b	3,13 c	28,60 c	20,25 b	3576,62 a
UFUS G30	10,80 b	12,80 b	3,87 c	27,47 c	13,92 g	2222,65 b
UFUS G31	10,60 b	11,87 b	3,27 c	25,73 c	15,17 f	2760,60 b
TMG 801	10,00 b	9,60 b	1,30 c	20,90 c	15,88 e	2201,00 b

NV1G: número de vagens com um grão; NV2G: número de vagens com dois grãos; NV3G: número de vagens com três grãos; NTVC: número total de vagens cheias; PCG: peso de cem grão (g); PRO: produtividade (kg ha<sup>-1</sup>);

O número total de vagens cheias por planta (NTVC), conforme a Tabela 4 oscilou entre 16,13 e 60,40 tendo a maior parte entre 20 a 40 vagens, e apenas oito genótipos apresentaram valores superiores a esta faixa e apenas um abaixo. Sendo assim, foi possível destacar as linhagens UFUS G1 (60,40) e G22 (58,30) como as maiores produtoras de vagens

totais, fato já esperado devido estas comporem os grupos com maior número de vagens de um e dois grãos. Resultados semelhantes encontrados por Souza et al. (2013), ao avaliarem o desempenho agrônômico de genótipos de soja observaram média de 58 vagens por planta.

Para o caráter peso de cem grãos (PCG), os genótipos foram divididos em nove grupos distintos, variando de 12,00 a 21,58 gramas (Tabela 4). A cultivar BRSGO 7560 apresentou uma média de 18 gramas, estando dentro do recomendado pela Embrapa (2008), a qual indica que as cultivares lançadas no mercado devam possuir peso de 100 grãos superior a 17 gramas. Além disto, Rocha et al. (2012) ao analisarem 32 genótipos de soja obtiveram resultados semelhante, com PCG oscilando de 15,29 a 20,78.

Uma das principais características a ser considerada no melhoramento da soja é a produtividade de grãos. Assim, os genótipos estudados foram divididos em dois grupos, conforme demonstrado na Tabela 4, em que as linhagens UFUS G1 (4900,36), UFUS G5 (4061,69), UFUS G8 (4028,70) e UFUS G22 (4524,29) se destacaram das demais com produtividades superiores a 4000 kg ha<sup>-1</sup>. Além disto, quinze genótipos ultrapassaram a média nacional da safra 2016/2017 (3362 kg ha<sup>-1</sup>) (EMBRAPA, 2017).

As notas de severidade de oídio oscilaram entre 1,67 e 5,00 (Tabela 5), segundo a escala diagramática da doença na cultura proposta por Juliatti, Polizel e Juliatti (2004). Essa grande amplitude pode ser explicada pelo fato de as linhagens possuírem genes diferentes de resistência, sendo possível perceber a existência de genótipos mais suscetíveis que outros. Durante a condução do experimento foi possível observar condições favoráveis para o desenvolvimento do patógeno *Erysiphe diffusa*. Dentre os genótipos avaliados, a cultivar BRSGO 7560 foi a que apresentou maior presença da doença.

Nos cálculos de AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença), observou-se uma variação de 17,00 a 85,00 (Tabela 5), demonstrando também que a cultivar BRSGO 7560 (85,00) teve uma maior suscetibilidade ao oídio, enquanto as cultivares UFUS G28

(17,00), UFUS G31 (18,00) e UFUS G25 (18,00) apresentaram resistência a doença, devido as baixas médias.

**TABELA 5.** Quadrado médio, médias de AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) e severidade da ferrugem asiática e oídio de trinta linhagens e duas cultivares de soja cultivadas no município de Uberlândia – MG, safra 2016/2017.

Genótipos	Oídio		Ferrugem	
	Severidade	AACPD	Severidade	AACPD
UFUS G1	2,00 c	34,00 b	2,00 a	85,00 a
UFUS G2	2,67 b	48,67 c	2,00 a	96,67 a
UFUS G3	2,33 b	43,00 c	2,33 a	51,67 a
BRSO 7560	5,00 a	85,00 d	1,00 a	0,00 a
UFUS G5	1,67 c	31,67 b	2,00 a	78,33 a
UFUS G6	3,00 b	54,33 d	1,67 a	40,00 a
UFUS G7	2,00 c	34,00 b	2,00 a	40,00 a
UFUS G8	2,00 c	44,00 c	2,33 a	143,33 a
UFUS G9	2,00 c	34,00 b	2,00 a	78,33 a
UFUS G10	2,5 b	46,33 c	2,00 a	68,33 a
UFUS G11	2,00 c	34,00 b	2,33 a	86,67 a
UFUS G12	2,00 c	34,00 b	2,00 a	68,33 a
UFUS G13	1,67 c	41,67 c	2,00 a	91,67 a
UFUS G14	2,00 c	44,00 c	2,33 a	370,00 b
UFUS G15	1,67 c	35,00 b	2,33 a	131,67 a
UFUS G16	2,00 c	40,67 c	2,00 a	108,33 a
UFUS G17	2,67 b	55,33 d	2,33 a	120,00 a
UFUS G18	2,67 b	55,33 d	2,00 a	80,00 a
UFUS G19	2,00 c	30,67 b	2,00 a	73,00 a
UFUS G20	3,00 b	57,67 d	2,00 a	403,33 b
UFUS G21	2,67 b	52,00 d	2,00 a	85,00 a
UFUS G22	2,00 c	50,67 d	2,00 a	51,67 a
UFUS G23	2,33 b	46,33 c	2,67 a	200,00 a
UFUS G24	2,00 c	40,67 c	2,00 a	188,67 a
UFUS G25	2,00 c	18,00 a	2,00 a	31,00 a
UFUS G26	2,00 c	24,00 a	2,00 a	75,00 a
UFUS G27	2,00 c	20,00 a	1,67 a	30,00 a
UFUS G28	1,67 c	17,00 a	2,00 a	30,00 a
UFUS G29	2,00 c	24,00 a	2,00 a	60,00 a
UFUS G30	2,33 b	31,00 b	2,33 a	135,00 a
UFUS G31	2,00 c	18,00 a	2,00 a	20,00 a
TMG 801	2,00 c	22,00 a	1,50 a	70,00 a
QMG		639,88 *		23040,52 *

FER: severidade da ferrugem asiática; OÍD: severidade do oídio; QMG: quadrado médio dos genótipos. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Conforme a Figura 1, no mês de dezembro houve um aumento na precipitação, o que pode ter favorecido o desenvolvimento do fungo *Phakopsora pachyrhizi*, visto que o processo

de infecção depende da disponibilidade de água livre na superfície da folha, sendo necessário no mínimo 6 horas e máximo de 10 a 12 horas de molhamento foliar (GODOY et al., 2014).

Não foi possível detectar diferenças significativas na severidade da ferrugem asiática entre os genótipos avaliados (Tabela 5), no entanto, ao analisar a AACPD dos genótipos observou-se variação de 0,00 a 403,33. A AACPD representa a epidemia da doença como um todo, pois leva em consideração o estresse que a cultura sofreu durante vários estádios fenológicos (BERGAMIM FILHO; AMORIM, 1996).

Azevedo; Juliatti e Barreto (2007) que ao avaliarem 50 genótipos de soja no município de Uberlândia observaram médias de valores da área abaixo da curva do progresso da doença variando de 18,71 a 27,23. Enquanto Polizel et al. (2011) encontraram valores de AACPD para ferrugem asiática variando de 206,84 a 418,03 em 28 genótipos de soja na região de Rondonópolis.

A linhagem UFUS G31 apresentou a menor área (20,00), juntamente com os genótipos UFUS G27 (30,00) e UFUS G28 (30,00), superando a testemunha resistente TMG 801 (70,00). Essas linhagens merecem destaque por apresentarem uma baixa sensibilidade a oídio e ferrugem asiática, conforme Tabela 5.

As linhagens em fase intermediárias e finais de avaliação de desempenho são genitores potenciais em programas de melhoramento. Neste contexto, o estudo de diversidade genética aliado ao desempenho agrônomico e produtivo permitem ao melhorista selecionar linhagens divergentes e úteis ao programa de melhoramento em hibridações artificiais (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 2009).

Pelas estimativas da dissimilaridade obtida pela distância generalizada de Mahalanobis, observou-se que as maiores distâncias foram entre os genótipos UFUS G14 e UFUS G23 (1367,23), enquanto a mínima distância foi encontrada entre os genótipos UFUS G9 e UFUS G15 (9,11) (Tabela 6). Além disto, a TMG 801 apresentou uma mínima distância

com UFUS G13, podendo ser inferido que a linhagem pode ter alguma resistência a doença, assim como a cultivar (Tabela 6).

**TABELA 6.** Estimativa da dissimilaridade obtidas por meio das distâncias generalizada de Mahalanobis de trinta linhagens e duas cultivares de soja.

Genótipo	Maior distância	Genótipo	Menor distância	Genótipo
UFUS G1	620,65	UFUS G14	22,03	UFUS G27
UFUS G2	675,53	UFUS G14	11,66	UFUS G18
UFUS G3	1019,33	UFUS G14	13,10	UFUS G25
BRSGO 7560	611,71	UFUS G23	162,98	TMG 801
UFUS G5	839,95	UFUS G14	48,61	UFUS G2
UFUS G6	607,04	UFUS G14	9,66	UFUS G18
UFUS G7	842,08	UFUS G14	12,54	UFUS G26
UFUS G8	491,51	UFUS G14	51,88	UFUS G24
UFUS G9	534,43	UFUS G14	9,11	UFUS G15
UFUS G10	690,61	UFUS G14	17,46	UFUS G2
UFUS G11	398,38	UFUS G23	36,68	UFUS G12
UFUS G12	559,21	UFUS G23	36,68	UFUS G11
UFUS G13	520,21	UFUS G14	12,58	UFUS G15
UFUS G14	1367,23	UFUS G23	26,29	UFUS G29
UFUS G15	517,36	UFUS G14	9,11	UFUS G9
UFUS G16	812,03	UFUS G14	29,86	UFUS G26
UFUS G17	1103,17	UFUS G14	16,13	UFUS G21
UFUS G18	563,89	UFUS G14	9,66	UFUS G6
UFUS G19	600,35	UFUS G14	14,88	UFUS G27
UFUS G20	676,44	UFUS G14	33,65	UFUS G24
UFUS G21	1209,31	UFUS G14	16,13	UFUS G17
UFUS G22	842,34	UFUS G14	46,86	UFUS G20
UFUS G23	1367,23	UFUS G14	21,86	UFUS G21
UFUS G24	570,80	UFUS G14	14,68	UFUS G18
UFUS G25	983,35	UFUS G14	13,10	UFUS G3
UFUS G26	822,92	UFUS G14	12,54	UFUS G7
UFUS G27	651,33	UFUS G14	14,88	UFUS G19
UFUS G28	658,07	UFUS G14	26,09	UFUS G27
UFUS G29	1058,09	UFUS G23	26,29	UFUS G14
UFUS G30	925,61	UFUS G14	39,34	UFUS G26
UFUS G31	614,25	UFUS G14	14,49	UFUS G18
TMG 801	485,74	UFUS G14	20,85	UFUS G13

Todos os genótipos do estudo apresentaram uma máxima distância ou com a linhagem UFUS G14, ou com a UFUS G23 (Tabela 6), demonstrando que ambas apresentam uma divergência genética com os demais genótipos. E entre estas é observada uma aproximação, evidenciando que não é recomendada a realização de hibridações artificiais utilizando-as como parentais, pois a variabilidade genética seria menor.

A contribuição relativa de cada caráter na divergência genética conforme Singh (1981) é apresentada na Tabela 7. O peso de cem grãos foi o caráter que mais contribuiu para a divergência genética (63,03%), sendo possível afirmar que este é o parâmetro com maior prioridade no estudo da diversidade genética entre esses genótipos analisados, pois apresentou uma contribuição expressiva, seguido do número de dias para florescimento e maturidade (4,94 e 5,24% respectivamente).

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Almeida; Peluzio e Afféri (2011), que afirmam que estas três características são eficientes para explicar a dissimilaridade entre as cultivares e merecem prioridade na escolha de progenitores em programas de melhoramento. Concordando também com os resultados de Ferreira Júnior et al. (2015).

**TABELA 7.** Contribuição relativa de caracteres em trinta linhagens e duas cultivares de soja, conforme critérios de Singh (1981).

Caracteres	Contribuição relativa (%)
Número de dias para o florescimento	4,94
Número de dias para a maturidade	5,24
Altura da planta no florescimento	0,78
Altura da planta na maturidade	4,92
Número de nós no florescimento	0,67
Número de nós na maturidade	4,13
Altura da inserção da primeira vagem	2,09
Severidade da ferrugem	0,72
Severidade do oídio	3,29
Número total de vagens com um grão	0,87
Número total de vagens com dois grãos	1,21
Número total de vagens com três grãos	3,15
Número total de vagens cheias	2,60
Peso de cem grão	63,03
Produtividade	1,83

Com base na distância generalizada de Mahalanobis obteve-se a análise de agrupamento pelo método de Tocher (Tabela 8), que estabelece grupos de forma que a distância média intragrupo seja sempre inferior a qualquer distância intergrupos (OLIVEIRA

et al., 2014). Isto é, tem por finalidade reunir os indivíduos em grupos, de forma que resulte em uma máxima homogeneidade dentro o grupo e máxima heterogeneidade entre os grupos.

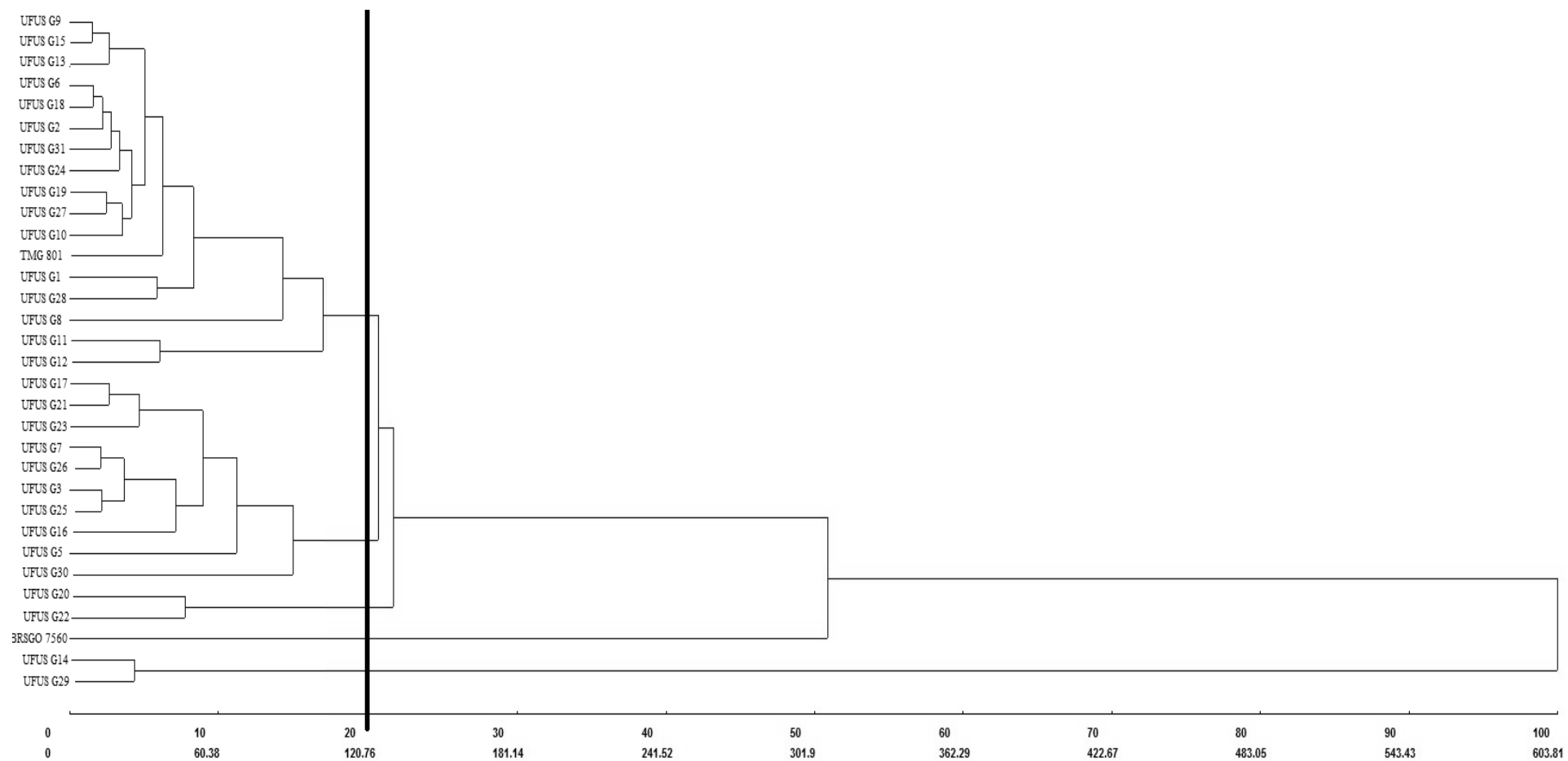
**TABELA 8.** Agrupamento de otimização entre trinta linhagens e duas cultivares de soja, obtido pelo método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis.

Grupos	Genótipos
I	UFUS G9, UFUS G15, UFUS G13, UFUS G19, UFUS G27, UFUS G31, UFUS G24, UFUS G18, UFUS G10, UFUS G2, UFUS G6, TMG 801, UFUS G26, UFUS G7, UFUS G1, UFUS G16, UFUS G28, UFUS G25, UFUS G3, UFUS G20, UFUS G5, UFUS G30, UFUS G17, UFUS G8, UFUS G11, UFUS G21, UFUS G22
II	UFUS G14, UFUS G29
III	UFUS G12
IV	BRSGO 7560
V	UFUS G23

Por meio do agrupamento de otimização foi possível separar os genótipos em cinco grupos distintos, em que no grupo I foram reunidos aproximadamente 84% dos genótipos analisados. Outros três grupos (III, IV e V) foram compostos apenas por um genótipo (Tabela 8). Os resultados indicam a existência de variabilidade genética e a possibilidade de se identificar linhagens com características divergentes.

Também foi obtido um dendrograma, método com delimitação visual, em que se avalia os pontos de alta mudança de níveis, resultando na demarcação de indivíduos para determinados grupos. Assim, ao se considerar a dissimilaridade de 20% no critério de delimitação dos grupos, tem-se a formação de cinco grupos distintos, em que os maiores são compostos por 53% e 38% dos genótipos (Figura 4).





**FIGURA 4.** Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre trinta linhagens e duas cultivares de soja, obtido pelo UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) utilizando a matriz generalizada de Mahalanobis.

O agrupamento dos genótipos pelo método UPGMA e otimização de Tocher são os mais utilizados para a diversidade genética (FARIA et al., 2012). Em ambos os agrupamentos houve a formação de cinco grupos (Figura 4, Tabela 8), porém entre as metodologias observam-se algumas diferenças, mas coincidem na formação de um grupo exclusivo para a cultivar BRSGO 7560 (Tabela 8) e um grupo para UFUS G14 e UFUS G29 (Figura 4). Nos dois métodos as linhagens UFUS G12 e UFUS G23 não foram agrupadas no mesmo grupo, demonstrando divergência entre as metodologias entre essas linhagens.

A análise de comparação de médias, agrupamento de Tocher e o UPGMA permitem a identificação de cruzamentos promissores, assim como os que resultarão em variabilidade restrita nas gerações segregantes. Por meio disto, é possível determinar que para obtenção de hibridações promissoras quanto a resistência à ferrugem asiática, considera-se como parentais essenciais aqueles com a característica de resistência a doença, sendo assim, BRSGO 7560 e TMG 801.

Diante dos resultados, deve-se considerar principalmente as combinações das linhagens UFUS G22, UFUS G1, UFUS G5, UFUS G8 com a cultivar BRSGO 7560, enquanto as hibridações recomendadas para a cultivar TMG 801 são com as linhagens UFUS G14, UFUS G29 e UFUS G23, pois apresentaram boas produtividades (Tabela 5) e por serem divergentes geneticamente (Figura 4, Tabela 8), o que possibilitará a obtenção de populações com maior variância genética e permitindo um maior ganho de seleção.

## 5. CONCLUSÕES

Houve a existência de variabilidade genética para os caracteres relacionados a ciclo, altura da planta, componentes de produção e produtividade de grãos.

As maiores médias de produtividade de grãos e caracteres agronômicos favoráveis foram observados nas linhagens UFUS G1, UFUS G22, UFUS G5 e UFUS G8.

Os caracteres peso de cem grãos, número de dias para o florescimento e maturidade foram os que mais contribuíram para a diversidade genética.

As hibridações recomendadas com objetivo de obtenção de populações tolerantes à ferrugem asiática são BRSGO7560 X UFUS G1, BRSGO7560 X UFUS G5, BRSGO7560 X UFUS G8, BRSGO7560 X UFUS G22, TMG801 X UFUS G14, TMG801 X UFUS G29 e TMG801 X UFUS G23.

## 6. REFERÊNCIAS

- AGUILA, L. D. H.; AGUILA, J. S. del; THEISEN, G. **Perdas na Colheita na Cultura da Soja**. COMUNICADO TÉCNICO n. 271, Embrapa Clima Temperado, dez. 2011. 12p.
- ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.
- ALMEIDA, F. A. et al. Desempenho agronômico de linhagens e cultivares de soja frente a doenças foliares. **Revista de ciências agrárias**, Uberlândia, v. 56, n. 2, p.88-94, jun. 2013.
- AZEVEDO, L.A.S.; JULIATTI, F.C.; BARRETO, M. Resistência de Genótipos de Soja à *Phakopsora Pachyrhizi*. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 252-257, 2007
- BACAXIXI, P. et al. A soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. X, n. 20, 2011.
- BEDENDO, I.P. Oídios. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M; BERGAMIM FILHO, A. (Ed.). Manual de Fitopatologia Princípios e Conceitos. v. 1. ed. 4. **Piracicaba Agronomia Ceres**, 2011. p.473-477.
- BERGAMIN FILHO A, AMORIM L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo SP. Editora Ceres, 1996.
- 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.
- BORÉM, A.; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.. Hibridação em soja. In: BORÉM, A. **Hibridações artificiais em plantas**. 2. ed. Viçosa: Ufv, 2009. Cap. 21. p. 514-536.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. 1990. 532 p.
- CAMÂRA, G.M.S. **Soja: tecnologia de produção**. Piracicaba: Publique, 1998. p. 293.
- CASTRO, L. H. S. e et al. Melhoramento genético da soja visando resistência a fitopatógenos. In: LEMES, E. M.; CASTRO, L. H. S. e; ASSIS, R. T. de. **Doenças da soja: Melhoramento genético e técnicas de manejo**. Campinas: Millennium, 2015. Cap. 11. p. 179-204.
- CHARLO, H. C. O.; et al. Desempenho agronômico de dez linhagens de soja-hortaliça. **Horticultura brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, n. 3, p. 349-353, 2011.
- CHIODEROLI, C. A. et al. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.112-121, mar. 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Brasília: CONAB, 2017.
- COSTA, M. M.; et al. Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.101-108, 2008.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Versão Windows-2016, Viçosa, UFV.

- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011, 620p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1, 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF, 2008. 909 p. Editores técnicos, Rosa Lía Barbieri, Elisabeth Regina Tempel Stumpf.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **BRSO 7560: cultivar de soja para o manejo da ferrugem**. Brasília: Embrapa, 2009. 6 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014**. SISTEMA DE PRODUÇÃO. n. 16. Londrina: Embrapa Soja, out. 2013. 265 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Ferrugem Asiática da Soja**. INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Brasília: Embrapa, 2014. 5 p. Organizadora Claudia Vieira Godoy.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Soja em números (safra 2016/2017)**. INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Embrapa Soja, jun. 2017.
- ESPÍNDOLA, S. M. C. G. et al. Avaliação do desempenho produtivo de linhagens de soja para a região do cerrado. **In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS**, 2008, Brasília. Anais. Brasília. 2008. p. 1 - 7.
- ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C..A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, Salvador, v. 11, n. 1, p. 217-238, 2015.
- FARIA, P. N. et al. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. **Horticultura Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 3, p.428-432, set. 2012.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University 12p. (Iowa State University.Special Report 80), 1977.
- FERREIRA JÚNIOR, J. A. et al. Diversidade genética em linhagens avançadas de soja oriundas de cruzamentos biparentais, quádruplos e ócuplos. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 339-351, 2015.
- FREITAS, M. de C. M. de. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v. 7, n. 12, mai. 2011.
- GIORGENON, C. H. B.; BUZINARO, R.; MAURO, A. O. di. Parâmetros genéticos em linhagens F7 de soja com fonte de resistência a ferrugem asiática. **Ciência e Tecnologia: FATEC-FB**. Jaboticabal, v. 6, n. 1, p.91-95, jan. 2014.
- GODOY, C. V. et al. Doenças da soja. 2014. **Sociedade Brasileira de Fitopatologia (SBF)**. 2014.
- GRIGOLLI, J. F. J.. Manejo de Doenças na Cultura da Soja. In: PITAL, C et al. **Tecnologia e produção: soja 2014/2015**. Curitiba: Fundação Ms, 2015. Cap. 8. p. 134-156.

- HAMAWAKI, O. T. et al. UFUS 8011 – Nova cultivar de soja com alta resistência parcial a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Brasília – DF. **XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. p. 341, 2010a.
- HAMAWAKI, O. T. et al. Yield and agronomic characteristics of soybean breeding lines in Minas Gerais State, Brazil. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 1, p. 43, 2010b.
- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J.. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 37 p.
- IBGE. **Soja**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA-MG), 2017.
- IGARASHI, S. et al. Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 245- 250, 2010.
- JULIATTI, F. C.. Relato da ferrugem asiática em Minas Gerais. **In: Workshop brasileiro sobre ferrugem asiática**, 1., 2003. Uberlândia. Uberlândia: Editora EDUFU, 2005. p.55-68.
- JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja**. Uberlândia, 2004. 327 p.
- JÚNIOR, J. A. F. et al. Genetic diversity in advanced soybean strains derived from biparental, four-way and eight-way crosses. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p.339-351, jun. 2015.
- KOGA, L. J. et al. Managing soybean rust with fungicides and varieties of the early/semi-early and intermediate maturity groups. **Tropical Plant Pathology**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.129-133, abr. 2014.
- LANGENBACH, C. et al. Fighting Asian soybean rust. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 7, n. 1, p. 797, 2016.
- LEITE, W. de S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agronômicos em linhagens F8 de soja. **Comunicata Scientiae**, São Paulo, v. 7, n. 3, p.302-310, 27 dez. 2016.
- MACHADO, B. Q. V. et al. Agronomic performance and genetic diversity among lines and soybean cultivars. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 6, p.1419-1430, dez. 2017.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Balança Comercial do Agronegócio – Julho/2017**. 2017. 11 p.
- MARTINS, C. C. et al. Methodology for the selection of soybean strains for germination, vigour and field emergence. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p.455-461, 2016.
- MATSUO, et al. Hibridação. In: SEDIYAMA, T. **Melhoramento Genético da Soja**. Londrina: Mecenias Ltda, 2015. Cap. 4. p. 57-72.
- MATSUO, E.; FERREIRA, S. C.; SEDIYAMA, T. Botânica e Fenologia. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BOREM, A. (Ed.) **Soja: do plantio à colheita**. UFV, Viçosa, 2015, p. 27-53.

- NOGUEIRA, A. P. O. **Correlações, análise de trilha e diversidade fenotípica e molecular em soja**. Viçosa, 2011. 139f. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) Faculdade de Ciências agrárias, Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- NOGUEIRA, A. P. O. et al. Morfologia, Crescimento e Desenvolvimento. In: SEDIYAMA, Tuneo. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenass Ltda, 2009. Cap. 2. p. 5-7.
- NOGUEIRA, A. P. O. et al. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p.877-888, nov. 2012.
- NOGUEIRA, A. P. O. et al. Estádio de desenvolvimento. In SEDIYAMA, T. (Ed) **Tecnologias de produção de sementes de soja**. Londrina: Mecenass, 2013. p. 15-44.
- 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, p. 159-178.
- OLIVEIRA, M. F. de. **Banco ativo de germoplasma de soja**. In. Workshop de curadores de germoplasma do Brasil, 2011, Campinas. Anais. DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2011.
- OLIVEIRA, S. M. de et al. Caracteres agronômicos e divergência genética entre genótipos de soja. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, p.759-769, jul. 2014.
- POLIZEL, A.C. et al. Desenvolvimento de linhagens de soja de ciclo semiprecoce/médio para resistência à ferrugem asiática em Rondonópolis/MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, 2011.
- PÍPOLO, A. E. et al. **Desenvolvimento de germoplasma e cultivares de soja**. CIRCULAR TÉCNICA n. 52, EMBRAPA, set. 2007.
- PÍPOLO, A. E. et al. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. EMBRAPA. Londrina, 2015. 16 p.
- ROCHA, R. S. et al. Desempenho agronômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Ciência Agrônômica**. Fortaleza, v. 43, n. 1, p.154-162, mar. 2012.
- RODRIGUES, B. et al. Dissimilarity measures and hierarchical methods for the study of genetic diversity on soybean. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 6, p.1544-1555, dez. 2017.
- SEDIYAMA, T. **Melhoramento genético da soja no Brasil central**. In. Simpósio Internacional de Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas, 18, 2014, Lavras. Anais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2014, p. 27.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015, 333p.

- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R de C.; BARROS, H. B.. Origem, Evolução e Importância Econômica. In: SEDIYAMA, T.. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas Ltda, 2009. Cap. 1. p. 1-5.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2009. p. 897-930.
- SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. (Ed.) **Produtividade da Soja**. Mecenas: Londrina, 2016. p. 11-18.
- SELESTRINO, P. R. et al. Performance agrônômica de genótipos precoces de soja destinados a áreas de reforma de canavial. **Ciência e Tecnologia: FATEC-JB**, Jaboticabal, v. 6, n. 1, p.59-71, jan. 2014.
- SILVA, A. F.; et al. Correlation and path analysis of soybean components. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, Foster City, v. 5, n. 1, p. 177-179, 2015.
- SILVA, V. A. S.; JULIATTI, F. C.; SILVA, L. A. S. Interação entre resistência genética parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p.1261-1268, 2007.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, New York, v. 41, p.237-245, 1981.
- SOUZA, C. A. et al. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p.634-643, jun. 2013.
- 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**, Londrina, 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, n. 30, p. 4162-4169, 2013.