

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN/RS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Ederson Duranti Moro**

**COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE E SUAS RELAÇÕES EM  
CULTIVARES DE SOJA SEGUNDA SAFRA**

**Frederico Westphalen/RS, Brasil  
2020**

**Ederson Duranti Moro**

**COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE E SUAS RELAÇÕES EM CULTIVARES  
DE SOJA SEGUNDA SAFRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen/RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**

Orientador: Prof. Dr. Volmir Sergio Marchioro

Frederico Westphalen/RS, Brasil  
2020

**Ederson Duranti Moro**

**COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE E SUAS RELAÇÕES EM CULTIVARES  
DE SOJA SEGUNDA SAFRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Agronomia da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),  
campus Frederico Westphalen/RS, como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
**Engenheiro Agrônomo**

---

**Volmir Sergio Marchioro**  
**(Presidente/Orientador)**

---

**(Comissão examinadora de TCC)**

---

**(Comissão examinadora de TCC)**

Frederico Westphalen/RS, Brasil  
2020

## DEDICATÓRIA

À minha família, pelo apoio e exemplo de vida e persistência.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Claudio Dalbianco Moro e Lurdes Duranti Moro e ao meu irmão Daniel Duranti Moro pela confiança e apoio durante todos os momentos da graduação para que eu pudesse conquistar a titulação de Engenheiro Agrônomo.

Aos amigos Luís Antônio Klein, Mathias Mozer, Fabricio Fassini, Guilherme Vier, Lucas Gaviraghi, Evandro Holz, Leandro Henrich e Álex Theodoro Drews que de uma ou outra forma sempre me apoiaram na realização de trabalhos da graduação.

Ao meu orientador Dr. Volmir Sergio Marchioro pela brilhante orientação no trabalho de conclusão de curso e iniciação científica, pelos ensinamentos, amizade e confiança depositada em mim.

Aos colegas do Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas, pela amizade, companheirismo, e ajuda, sem vocês a execução de toda essa pesquisa não seria possível.

Aos amigos das empresas Planta Sul Insumos Agrícolas, Fortaleza Agrícola e Agroeste pelos estágios realizados e aprendizados que contribuíram para minha formação como profissional e pessoal, em especial ao amigo Maico Argenton.

Aos demais amigos e colegas, de modo especial Carine Meier e Daniela Meira que não mediram esforços para colaborar com o trabalho de conclusão de curso e com o meu desenvolvimento durante o período de graduação.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) que possibilitou a realização deste trabalho.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que esta conquista fosse possível.

Muito obrigado!

## RESUMO

### COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE E SUAS RELAÇÕES EM CULTIVARES DE SOJA SEGUNDA SAFRA

AUTOR: Ederson Duranti Moro  
ORIENTADOR: Volmir Sergio Marchioro

A cultura da soja tem se consolidado como a principal commodity brasileira, cultivada nas mais variadas condições, com isso se faz necessário conhecer e entender as relações entre as características responsáveis pela produtividade. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os componentes da produtividade e as relações entre estes, em cultivares de soja cultivadas em condições de segunda safra. O experimento foi conduzido ano agrícola de 2016/2017 na localidade de Chapada/RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições, foram utilizados oito cultivares de soja: BMX Raio, NS 5445, DM 5958, BMX Lança, NS 5959, TMG 7161, NS 6909 e BMX Elite. As cultivares NS 6909 e BMX Lança foram as que apresentaram maior massa de grãos total. As características que apresentaram maior associação com a massa final de grãos foram a massa de grãos de legumes contendo três grãos e o número de ramificações da haste principal. No estudo dos coeficientes de correlações genotípicas, fenotípica e de ambiente verificou-se maiores correlações genéticas para a maioria das características estudadas, sendo a massa de grãos de legumes contendo três grãos o caráter que mais influenciou na massa de grãos total.

**Palavras chave:** Desempenho agrônomo, *Glycine Max* L., seleção indireta.

## ABSTRACT

### PRODUCTIVITY COMPONENTS AND THEIR RELATIONSHIPS IN SOYBEAN CULTIVARS SECOND CROP

AUTHOR: Ederson Duranti Moro  
ADVISOR: Volmir Sergio Marchioro

The culture of soy has been consolidated as the main Brazilian commodity, cultivated in the most varied conditions, with that it is necessary to know and understand the relationships between the characteristics responsible for productivity. Therefore, the objective of this study was to evaluate the components of productivity and the relationships between them, in soybean cultivars grown under second crop conditions. The experiment was conducted in the 2016/2017 agricultural year in Chapada/RS. The experimental design used was randomized blocks, with three replications, eight soybean cultivars were used: BMX Raio, NS 5445, DM 5958, BMX Lança, NS 5959, TMG 7161, NS 6909 and BMX Elite. The cultivars NS 6909 e BMX Lança were the ones with the highest total grain mass. The characteristics that showed the greatest association with the final grain mass were the pods mass with three grains and the number of branches of the main stem. In the study of the coefficients of genotypic, phenotypic and environmental correlations, greater genetic correlations were found for most of the studied characteristics, with the mass of vegetable grains containing three grains being the characteristics that most influenced the total grain mass.

**Keywords:** Agronomic performance, *Glycine Max* L., Indirect selection.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Médias para as características altura de planta (AP), inserção do primeiro legume (IPL), número de nós improdutivos (NNI) e ramificação da haste principal (RHP).  
..... 19
- Tabela 2 - Média para as características número de legumes contendo um grão (NL1), número de legumes contendo dois grãos (NL2), número de legumes contendo três grãos (NL3), massa de grãos de legumes contendo dois grãos (MG2), massa de grãos de legumes contendo três grãos (MG3) e massa de grãos total (MGT). ..... 20
- Tabela 3 - Estimativas dos efeitos fenotípicos diretos e indiretos das características altura de planta (AP), inserção do primeiro legume (IPL), número de nós improdutivos (NNI), ramificações na haste principal (RHP) e massa de grãos em legumes contendo três grãos sobre a massa de grãos total (MGT), em oito cultivares de soja..... 21
- Tabela 4 - Coeficientes de correlações (COR) genotípicas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_f$ ) e de ambiente ( $r_a$ ) entre as características (CAR) altura da planta (AP), inserção do primeiro legume (IPL), número de nós improdutivos (NNI), ramificações da haste principal (RHP), número de legumes contendo um grão (NL1), número de legumes contendo dois grãos (NL2), número de legumes contendo três grãos (NL3), número de legumes contendo quatro grãos (NL4), massa de grãos de legumes contendo um grão (MG1), massa de grãos de legumes contendo dois grãos (MG2), massa de grãos de legumes contendo três grãos (MG3), massa de grãos de legumes contendo quatro grãos (MG4) e massa de grãos total (MGT). ..... 23

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
2.1. A CULTURA DA SOJA .....	12
2.2. SOJA SEGUNDA SAFRA E OS COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE .....	13
2.3. CORRELAÇÕES GENOTÍPICAS, FENOTÍPICAS E AMBIENTAIS .....	14
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>25</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No cenário agrícola brasileiro, a soja (*Glycine max*) se consolidou como uma das principais commodities (Rocha et al., 2018). Na safra 2018/2019 foi obtido uma produção de 115 milhões de toneladas, tendo como produtividade média 3.206 kg por hectare, valores inferiores a produção da safra 2017/2018, sendo esta redução justificada pela ocorrência problemas climáticos em alguns dos principais estados produtores (CONAB, 2019).

Na busca por maior produtividade e conseqüente maior lucratividade, uma das alternativas é o uso de cultivares que apresentem elevada produção de grãos (MARBURGER et al., 2016). Diante disso, torna-se importante conhecer as características que influenciam de forma direta ou indireta na seleção de novas cultivares, buscando aumentar o potencial produtivo.

A produtividade da soja é influenciada por inúmeros fatores bióticos e abióticos, apresentando plasticidade com relação a esses fatores. Conhecer e entender o comportamento das diferentes características da cultura é extremamente importante para os programas de melhoramento.

As relações entre um conjunto grande de características em soja são frequentemente apresentadas na literatura, porém, se faz necessário entender os efeitos que essas características possuem sobre a produtividade de grãos, gerando alternativas para o processo de seleção de cultivares, baseados em características intrínsecas da soja (SOUZA et al., 2015). O aumento na produtividade de grãos em soja, está fortemente relacionado ao uso de cultivares de alto potencial produtivo, principalmente, se tratando de cultivares de ciclo indeterminado (TEODORO et al., 2015). Cada cultivar se adapta melhor à determinadas condições e segundo Munsdstock e Thomas (2005), a produtividade de grãos da soja é resultado da interação das características da cultivar com os fatores do ambiente de cultivo.

Conforme descrito por Rodrigues et al. (2010), a análise de correlações tem um papel fundamental no processo de seleção, sendo que alguns cuidados devem ser considerados devido a possibilidade da interpretação direta causar equívocos, pois esta não considera medidas de causa e efeito, uma vez que uma correlação alta pode ser devido a um efeito indireto de um ou um grupo de outras características. Neste sentido, a análise de trilha desenvolvida por Wright (1921) vem sendo uma importante ferramenta na avaliação das inter-relações entre características, pois possibilita a decomposição da associação linear dos efeitos diretos e indiretos de determinadas características sobre um caractere principal de interesse (OLIVOTO et al., 2017). Inúmeras pesquisas têm relatado a eficiência do uso destas estimativas em grandes

culturas, como descrito para a cultura da aveia (MEIRA et al., 2017) e em soja (TEODORO et al., 2015).

A correlação entre duas características pode ser de natureza genotípica, fenotípica ou de ambiente, sendo que as correlações de maior interesse para o melhoramento de plantas são as correlações genotípicas, visto que estas envolvem a associação de natureza herdável de uma determinada característica (NOGUEIRA et al., 2012). Entender as correlações entre as características, principalmente correlações genotípicas, é importante para o sucesso na seleção de todo programa de melhoramento de plantas.

Diversos trabalhos vêm abordando ganhos importantes utilizando seleção direta e indireta, como em milho (ENTRINGER et al., 2014), soja (CARVALHO et al., 2017) e trigo (KESER, et al., 2017), porém são escassos na literatura trabalhos em condição de segunda safra, uma vez que supõe-se que essas relações lineares existam e que possam ser utilizadas para a seleção direta e indireta de cultivares mais produtivas e adaptadas. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os componentes da produtividade e as relações entre estes, em cultivares de soja cultivadas em condições de segunda safra.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem como origem a região correspondente ao nordeste da China, já o primeiro relato de cultivo no Brasil ocorreu em 1882, porém por se tratar de uma cultura adaptada a climas de temperatura amena e fria não se adaptou ao clima da Bahia. O sucesso da produção comercial da cultura só teve início no Rio Grande do Sul, entre os anos de 1920 e 1940. A partir da década de 1970 setores públicos e empresas privadas buscaram produzir cultivares para as condições tropicais encontradas no Brasil, visto que as cultivares importadas dos Estados Unidos não cresciam adequadamente (GAZZONI, 2018).

Devido à resposta dessa cultura ao fotoperíodo, sendo considerada uma planta de dia curto, o cultivo da soja em regiões de cerrado só foi possível pela adoção de técnicas que atrasam o florescimento, fazendo com que assim essas cultivares apresentem um período juvenil longo e conseqüentemente se desenvolvam adequadamente. Esse foi um dos principais avanços do melhoramento genético da soja no Brasil, possibilitando o cultivo da cultura na maior parte do território brasileiro (CALVO e KIIHL, 2006).

Atualmente a soja é cultivada em várias condições de ambiente, isso gera diferentes potenciais de produtividade para a cultura, além disso, há necessidade de estudos e desenvolvimento de tecnologias específicas para a cada região, buscando conhecer os aspectos favoráveis e desfavoráveis do local onde a cultura está inserida, fazendo com que se aproveite da melhor forma possível as condições ambientais disponíveis para a cultura (EMBRAPA, 2017).

Na safra 2018/2019 a área de soja cultivada no Brasil foi de 35,9 milhões de hectares, sendo que a produção nacional atingiu 115 milhões de toneladas. As estimativas eram de uma produção ainda maior, mas devido a ocorrência de alguns problemas climáticos em alguns estados produtores não se atingiu as expectativas iniciais. Mesmo assim ficou registrada como a segunda maior safra de soja da série histórica. No estado do Rio Grande do Sul foram 5,7 milhões de hectares, com uma produtividade média de 3.321 kg ha<sup>-1</sup>, totalizando uma produção de 19,2 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Além da área cultivada a importância da soja pode ser observada quando se observa a cultura em termos monetários, o valor bruto da produção da soja no Brasil cresceu em média 12,61% entre 2000 e 2015, valor muito superior aos 2,81% de crescimento do PIB do país nesse mesmo período, ou mesmo aos 4,48% de crescimento do agronegócio (ESCHER e

WIKINSON, 2019). Esses dados demonstram a importância da soja para a economia nacional em si, visto que o dinheiro gerado na cadeia produtiva da cultura fomenta os demais setores da nossa economia.

## 2.2. SOJA SEGUNDA SAFRA E OS COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE

A semeadura da soja no período conhecido como segunda safra tem se tornado frequente em alguns locais nos estados do Sul, sendo normalmente cultivada após o cultivo do milho precoce colhido normalmente no mês de janeiro (FOLLMANN et al., 2017). Essa prática necessita de variedades bem adaptadas para esse período. Um grande problema enfrentado cultivo de soja segunda safra é o menor fotoperíodo, visto que a cultura sofre grande influência do comprimento do dia, onde a maioria das cultivares acelera seu ciclo e conseqüentemente apresenta menor altura e produtividade. (BRACCINI et al., 2004).

Na busca por cultivares com alto potencial de produtividade é necessária uma alta precisão na identificação dos processos que limitam esse ganho e as interações que ocorrem entre estes. Para a definição de uma cultivar mais produtiva é importante o conhecimento da relação entre as características das plantas com os fatores relacionados com a produtividade (NAVARRO e COSTA, 2002).

Os desafios para se obter elevadas produtividades em condição de segunda safra são ainda maiores que em condições normais de cultivo, em função de que diversas características e suas relações estão envolvidas no alcance de maiores produtividades, para Souza et al. (2015), um dos principais fatores está o estande de plantas. Esse fator é ainda mais crucial em segunda safra, pois com a aceleração do ciclo da cultura devido as plantas tendem a apresentar um menor crescimento e uma reduzida formação de ramos, conseqüentemente, diminuindo seu potencial de compensar falhas de estande.

Os três principais componentes da produtividade em soja são o número de legumes por unidade de área, número de grãos por legume e peso dos grãos. As características morfofisiológicas, como número de ramos por planta e número de nós com legume, possuem também relação com o potencial produtivo da planta (NAVARRO e COSTA, 2002).

Além dos fatores citados acima, alguns outros também influenciam no potencial produtivo da cultura, como por exemplo a altura da planta, que apresenta uma relação positiva de causa e efeito com a massa de grãos, isso pode ser explicado pelo fato de que as cultivares com baixa altura de planta normalmente têm dificuldade de se adaptar as condições de crescimento tardio. Em condições de semeadura tardia as cultivares podem apresentar

crescimento diferente do apresentado em condições normais de cultivo, com isso, é importante a escolha de cultivares que se desenvolvam bem nessas condições (FOLLMANN et al., 2017) (FOLLMANN et al., 2019).

A ocorrência de doenças e pragas normalmente é maior em cultivos de segunda safra, pois nesse período a fonte de inóculo de várias doenças e a população de algumas pragas estão elevadas, quando comparado com o cultivo de safra normal. Levando em conta esses fatores pode-se afirmar também há necessidade de maior número de pesquisas e novas tecnologias para que esse cultivo possa se tornar viável em longa escala (BRACCINI et al., 2004).

Trabalhando com genótipos de soja semeados em segunda safra, Meier et al. (2019) constatou que ambientes com menor latitude apresentam limitação quanto a produtividade de grãos, com isso se faz necessário o estudo de genótipos adaptados para cada realidade e região visando que se utilize a cultivar mais adaptada, aumentando assim as chances de se ter boas produtividades com esse cultivo.

### 2.3. CORRELAÇÕES GENOTÍPICAS, FENOTÍPICAS E AMBIENTAIS

Um dos principais objetivos dos programas de melhoramento é obter genótipos mais adaptados e produtivos. A produtividade é resultado da associação e expressão de diferentes componentes. Por meio de correlações é possível se conhecer o grau de cada associação, identificando características que podem ser usados como critério de seleção indireta para a produtividade de grãos (CARVALHO et al., 2002).

O conhecimento da associação entre caracteres é um fator importante nos programas de melhoramento de qualquer espécie, principalmente quando um destes possui baixa herdabilidade ou dificuldade de medição, sendo que nesses casos uma alternativa é a seleção indireta utilizando um outro caráter que possui herdabilidade alta e seja de fácil medição, desde que esse caráter indireto tenha uma alta correlação com o caráter de interesse (ALMEIDA et al., 2009).

A associação entre duas variáveis pode ser de causa genética, que é resultante da ligação gênica ou do pleiotropismo, e de causa ambiental. O ambiente pode se tornar causa de associação quando duas características são influenciadas pelas mesmas diferenças de correlações ambientais. Nesses casos valores positivos indicam que as características relacionadas respondem de forma semelhante as variações ambientais, ou seja, são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas, já em associações negativas o ambiente favorece um caráter em detrimento de outro. Além da associação genética também existem as correlações

de causa fenotípica, sendo que essas se tratam de associações entre duas características diretamente observadas. (FALCONER, 1987; CARVALHO et. al., 2004).

Para uma seleção eficiente há necessidade de identificação das características de alta correlação com a variável básica, com isso existe uma tendência entre os melhoristas em valorizar mais o sinal e a magnitude dos valores na interpretação das correlações, valorizando as estimativas abaixo de -0,5 e superiores a 0,5 (TAWARE et al., 1997).

Na cultura da soja os estudos das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente em alguns casos tem dados coletados desde o florescimento até a maturação, sendo que o maior destaque recai sobre a produtividade e seus componentes (TAWARE et al., 1997).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2016/2017, pelo Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas (LMGPP) da Universidade Federal de Santa Maria no *Campus* de Frederico Westphalen/RS no município de Chapada/RS, localizado nas coordenadas latitude: 28° 2' 44" Sul e longitude: 53° 4' 2" Oeste, com uma altitude de 389 metros. De acordo com Maluf (2000), o clima é caracterizado como CFA subtropical úmido, o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS et al., 2006).

Foram utilizados oito cultivares de soja: BMX Raio, NS 5445, DM 5958, BMX Lança, NS 5959, TMG 7161, NS 6909 e BMX Elite. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, disposto em três repetições. As unidades experimentais foram compostas por 7 linhas de 4 m de comprimento, espaçadas 0,5 m, com densidade de semeadura de 14 sementes aptas por metro linear.

A semeadura foi realizada em sistema plantio direto e a adubação de base utilizada foi baseada na análise química do solo e recomendação do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016) para a cultura da soja, sendo utilizado 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 80 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 80 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (KCl), fornecidos por 400 kg do adubo formulado NPK 5-20-20. O controle de plantas daninhas e de pragas foi realizado conforme recomendação para a cultura da soja e a aplicação de fungicida foi realizada seguindo os intervalos de aplicação recomendados.

Foram coletadas aleatoriamente, no ponto de colheita, sete plantas nas três linhas centrais de cada unidade experimental, desprezando o primeiro metro das extremidades a fim de reduzir o efeito bordadura. Em laboratório, foram avaliadas as seguintes características: altura da planta (AP), medida a partir do nível do solo até o ápice da planta, em centímetros; inserção do primeiro legume (IPL), medida a partir do nível do solo até a inserção do primeiro legume, em centímetros; número de nós improdutivos (NNI), obtido pela contagem do número de nós improdutivos; ramificações da haste principal (RHP), obtido pela contagem das ramificações da haste principal; número de legumes contendo um grão (NL1); número de legumes contendo dois grãos (NL2); número de legumes contendo três grãos (NL3); número de legumes contendo quatro grãos (NL4), todos os números de legumes foram obtidos pela contagem do número de legumes com grãos viáveis; massa de grãos de legumes contendo um grão (MG1); massa de grãos de legumes contendo dois grãos (MG2); massa de grãos de legumes contendo três grãos (MG3); massa de grãos de legumes contendo quatro grãos (MG4), todas as massas de grãos foram obtidas através da pesagem da massa de grãos dos seus

respectivos legumes; massa de grãos total da planta (MGT), sendo essa calculada pela soma das massas dos legumes contendo um, dois, três e quatro grãos, em gramas, de cada planta.

A partir do delineamento experimental utilizado foi realizada a análise de variância e teste F ( $p < 0,05$ ), utilizando o modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $\mu$  é a média geral do ensaio,  $g_i$  é o efeito do genótipo (cultivar)  $i$ ,  $b_j$  é o efeito do bloco  $j$ ,  $\varepsilon_{ij}$  é o erro aleatório. As características que revelaram significância a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F, foram submetidas ao teste de comparação de médias de Tukey, considerando 5 % de probabilidade de erro.

Visando identificar associações entre as características e como estes se relacionam, tanto em sentido como em magnitude dos efeitos, foi realizada a análise de trilha. Para tanto, foi utilizado o carácter massa de grãos total como dependente e os demais caracterizados como explicativos. Para não gerar dados equivocados dos efeitos diretos e indiretos na análise de trilha, é preciso que a matriz esteja bem condicionada, ou seja, sem apresentar multicolinearidade. Para isso foi realizada a avaliação de multicolinearidade na matriz de correlações através do número de condição, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação genética (MONTGOMERY e PECK, 1981). A exclusão das características que influenciavam na multicolinearidade foi realizada pelo método *stepwise* e seguida até a multicolinearidade atingir valores aceitáveis ( $NC < 100$ ) (OLIVOTO et al., 2017).

Para o estudo das correlações genótípicas, fenotípicas e de ambiente entre duas características (X e Y), as mesmas foram estimadas através dos produtos médios associados a tratamentos (PMT) e resíduo (PMR), obtidas através de:  $PMT_{xy} = \frac{QMT_{x+y} - QMT_x - QMT_y}{2}$  e  $PMR_{xy} = \frac{QMR_{x+y} - QMR_x - QMR_y}{2}$ , correlação fenotípica:  $r_f = \frac{PMT_{xy}}{\sqrt{QMT_x QMT_y}}$ , correlação de ambiente:  $r_a = \frac{PMR_{xy}}{\sqrt{QMR_x QMR_y}}$  e correlação genotípica:  $r_g = \frac{\hat{\sigma}_{gxy}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{g_x}^2 \hat{\sigma}_{g_y}^2}}$ , sendo  $\hat{\sigma}_{gxy} = \frac{PMT_{xy} - PMR_{xy}}{r}$ , onde

QMT é o quadrado médio do tratamento, QMR é o quadrado médio do resíduo,  $\hat{\sigma}_{gxy}$  é o estimador da covariância genotípica, e  $\hat{\sigma}_{g_x}^2$  e  $\hat{\sigma}_{g_y}^2$  os estimadores das variâncias genotípicas das características X e Y, respectivamente.

Para testar a significância, das correlações se utilizou o teste  $t$ , conforme descrito por Steel e Torrie (1980). As correlações genótípicas foram submetidas a análise de *bootstrap* com cinco mil (5000) simulações para identificar as correlações com significância. Na interpretação das correlações foi utilizada a classificação de Carvalho et al. (2004), que classifica os

coeficientes de correlação em nulos ( $r=0,00$ ), baixos ou fracos ( $r=0,00$  a  $r=0,30$ ), intermediários ou médios ( $r=0,30$  a  $r=0,60$ ); altos ou fortes ( $r=0,60$  a  $r=1,00$ ).

Todos os procedimentos de análise foram realizados com o programa estatístico Genes (CRUZ, 2016).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou significância ( $p < 0,05$ ) para as características AP, IPL, NNI, RHP, NL1, NL2, NL3, MG2, MG3 e MTG. Na comparação de médias, para a altura de planta se verifica na Tabela 1, que a cultivar TMG 7161 apresentou superioridade (121,81 cm), diferindo das demais, enquanto a cultivar BMX Raio apresentou a menor altura de planta (93,19 cm). Quando analisamos a IPL, as cultivares NS 5959 e DM 5958 apresentaram os maiores valores. No entanto, todos materiais apresentam altura superior ao mínimo recomendado, entre 10 e 15 cm, fato que de acordo com Sedyama et al. (2005), reduz perdas no processo de colheita mecânica. Ribeiro et al. (2017), avaliando a altura de inserção do primeiro legume em seis cultivares de soja obtiveram valores variando de 18 a 18,8 cm. A altura de planta é determinada por fatores genéticos com influência do ambiente (VERNETTI e VERNETTI JUNIOR, 2009), como época de semeadura, densidade de semeadura, temperatura, umidade e fertilidade do solo (SEDIYAMA et al., 1989).

Tabela 1 - Médias para as características altura de planta (AP), inserção do primeiro legume (IPL), número de nós improdutivos (NNI) e ramificação da haste principal (RHP).

Cultivar	Características			
	AP (cm)	IPL (cm)	NNI (unidades)	RHP (unidades)
BMX Raio	93,19 e	18,43 d	1,24 c	2,00 b
NS 5445	108,05 d	22,76 c	1,72 bc	2,71 ab
DM 5958	113,24 bc	26,52 ab	4,24 ab	3,38 ab
BMX Lança	110,57 cd	24,19 bc	2,19 abc	5,52 a
NS 5959	113,95 b	27,24 a	3,76 abc	2,33 b
TMG 7161	121,81 a	23,47 c	2,38 abc	3,29 ab
NS 6909	110,38 cd	23,76 bc	2,10 abc	3,00 ab
BMX Elite	115,67 b	24,00 bc	4,72 a	3,48 ab
CV (%)	3,10	8,26	22,49	18,46

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A cultivar BMX Elite apresentou o maior número de nós improdutivos, diferindo estatisticamente das cultivares NS 5445 e BMX Raio (Tabela 1). Os nós improdutivos são indesejáveis nas cultivares atuais de soja, pois a planta tem um gasto energético que não será convertido em grãos, reduzindo assim sua eficiência. Já a cultivar BMX Lança apresentou o maior número de RHP, apesar de ter diferido apenas das cultivares BMX Raio e NS 5959. O

número de ramificações é uma característica importante na composição da produtividade de grãos, visto que um maior número de RHP aumenta também o número de nós produtivos por planta. Fatores abióticos como estresse hídrico podem diminuir o número de ramificações, diminuindo também o potencial produtivo da cultivar (WIJEWARDANA et al., 2018).

O caráter NL1 foi superior para a cultivar BMX Raio, todavia esse fator não exerce grande influência na massa final pelo fato de ser reduzida a frequência de legumes com apenas um grão, isso é evidenciado quando se analisa a MG1, que não teve diferença significativa dentre as cultivares estudadas. Analisando o caráter NL2 a cultivar BMX Lança se mostrou superior a todas as demais, explicando assim a maior MG2 obtida pela mesma, porém a MG2 da cultivar BMX Lança não diferiu estatisticamente das cultivares TMG 7161 e DM 5958 (tabela 2).

Tabela 2 - Média para as características número de legumes contendo um grão (NL1), número de legumes contendo dois grãos (NL2), número de legumes contendo três grãos (NL3), massa de grãos de legumes contendo dois grãos (MG2), massa de grãos de legumes contendo três grãos (MG3) e massa de grãos total (MGT).

Cultivar	Características					
	NL1 (unidades)	NL2 (unidades)	NL3 (unidades)	MG2 (gramas)	MG3 (gramas)	MGT (gramas)
BMX Raio	10,10 a	50,19 cd	77,72 d	7,71 bc	12,32 c	21,72 d
NS 5445	3,48 cd	26,38 f	66,43 e	4,83 c	11,91 c	17,76 e
DM 5958	6,28 bc	52,19 c	97,43 bc	8,80 ab	16,18 b	26,39 bc
BMX Lança	6,76 b	67,81 a	98,00 b	11,35 a	16,38 b	29,10 ab
NS 5959	2,91 d	30,67 e	94,86 c	5,18 c	16,91 b	22,80 d
TMG 7161	5,48 bcd	63,14 b	76,86 d	9,97 ab	12,42 c	23,68 cd
NS 6909	3,52 cd	30,38 e	121,71 a	5,90 c	23,14 a	29,77 a
BMX Elite	6,86 b	48,00 d	99,00 b	7,70 bc	15,51 b	24,33 cd
CV (%)	33,30	26,60	11,36	21,84	9,62	33,15

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Ao analisar o NL3 e a MG3 se observou superioridade para a cultivar NS 6909 para ambas as características, provenientes de legumes com três grãos, apresentando uma média de 121,71 grãos e 23,14 gramas, respectivamente. Podemos verificar que a maior contribuição foi do NL3 se comparado a NL1 e NL2 para a MGT, da mesma forma o MG3 se mostra mais importante para a MGT, se comparado a MG1 e MG2. Thomas e Costa (2010) destacam que a formação, fixação e desenvolvimento dos legumes em soja determinam o número total de legumes por área, sendo este componente o mais maleável na composição da produtividade. Logo, ao se buscar aumentos de produtividade, esta característica deve ser considerada. Os

mesmos autores ainda sugerem que o número de grãos dos legumes é o componente que menor apresenta variação, demonstrando assim uma uniformidade do melhoramento para cultura. As cultivares NS 6909 e BMX Lança apresentaram as maiores MGT, produzindo 29,77 e 29,10 gramas, respectivamente (Tabela 2).

Na Tabela 3 são apresentados os efeitos diretos e indiretos dos componentes da massa de grãos total em soja. O coeficiente de determinação revela que 86% da massa de grãos total é explicada através das variáveis estudadas nas oito cultivares. A massa de grãos total é uma característica quantitativa, altamente influenciada pelas condições ambientais e segundo Rigon et al. (2012), desta forma podemos observar os efeitos indiretos, ou seja, o efeito das inter-relações entre componentes secundários, os quais irão influenciar de forma indireta no componente principal.

Tabela 1 - Estimativas dos efeitos fenotípicos diretos e indiretos das características altura de planta (AP), inserção do primeiro legume (IPL), número de nós improdutivos (NNI), ramificações na haste principal (RHP) e massa de grãos em legumes contendo três grãos (MG3) sobre a massa total de grãos total (MGT).

Efeitos	Característica explicativa				
	AP	IPL	NNI	RHP	MG3
Direto via MGT	0,073	-0,326	0,194	0,510	0,811
Indireto via AP	-	0,055	0,043	0,030	0,012
Indireto via IPL	-0,243	-	-0,255	-0,120	-0,150
Indireto via NNI	0,114	0,152	-	0,037	0,042
Indireto via RHP	0,209	0,187	0,097	-	0,077
Indireto via MG3	0,135	0,375	0,175	0,123	-
Correlação total	0,288	0,443	0,254	0,580	0,792
Coeficiente de determinação					0,864
Efeito residual da característica					0,368
Característica determinante					0,012
Número de condição					57,223

A massa de grãos total, oriunda de legumes com três grãos revela efeito direto positivo alto com a massa de grãos total, evidenciando assim que o número de legumes com três grãos é extremamente importante, e devem ser considerados no processo de seleção em qualquer programa de melhoramento genético de soja que tem como meta aumentar a produtividade da cultura (MEIER, et al., 2019).

O caráter RHP apresentou correlação positiva média com a MGT, mesmo sendo um caractere secundário, isso pode ser explicado, pois os componentes secundários acabam tendo efeito sobre os componentes primários, podendo ser medidos através destes (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Deve ser ressaltado que em algumas cultivares que apresentam menos

ramificações utiliza-se maior número de plantas por metro linear, podendo assim compensar os componentes da produtividade, conforme observado por Modolo et al. (2016), onde o espaçamento entre linhas e a população de plantas influenciaram significativamente no número de ramificações, na altura de inserção do primeiro legume, na altura de plantas e no número final de legumes.

Visando entender melhor a expressão das características realizou-se o estudo dos coeficientes de correlações genótípicas, fenotípicas e de ambiente com o objetivo de identificar possíveis associações e avaliar suas magnitudes (Tabela 4). Para a maior parte das características as correlações genótípicas apresentaram valores mais elevados que para as correlações fenotípicas e ambientais, para o melhoramento de plantas as principais contribuições estão nas associações devido a causas genéticas, resultados similares foram encontrados por Machado et al. (2017) em soja e Rigatti et al. (2019) em trigo. Porém, altas correlações genótípicas não necessariamente indicam que esta característica seja de alta herdabilidade.

A AP revelou correlações fenotípicas e genótípicas positivas fortes com IPL, (0,72 e 0,74, respectivamente) (Tabela 4). No entanto também se observou uma forte influência do ambiente sobre essa associação (0,70), dificultando assim a confiabilidade do uso dessa correlação para seleção indireta. Em trabalho com resistência a nematoides Dvorjak et al. (2019), obtiveram resultados semelhantes, onde a altura de planta apresentou alta correlação genotípica e fenotípica positiva com a altura de inserção do primeiro legume.

A IPL apresentou correlações fenotípicas e genótípicas positivas fortes com NNI (0,72 e 0,78, respectivamente), indicando que quanto maior a altura de inserção do primeiro legume maior será o número de nós improdutivos, uma possível explicação para isso é o fato dos primeiros nós da planta não produzirem ou abortarem seus legumes e conseqüentemente aumentar a altura de inserção do primeiro legume. Estudos de Dvorjak et al. (2019) demonstraram que a altura de inserção do primeiro legume apresentou correlações genótípicas e fenotípicas negativas com a produtividade de grãos, além de ser fortemente influenciada por outras características, principalmente pelo número de grãos por planta, onde os valores fenotípicos foram ligeiramente superiores aos genotípicos. A IPL também apresentou uma alta correlação ambiental com NL1 (0,74) e MG1 (0,68), este fato mostra que o número de legumes com um grão é fortemente influenciado pelo ambiente, ou seja, o ambiente pode reduzir facilmente o número de grãos por legumes e o número de legumes por planta. As questões ambientais como chuva e altas temperaturas representam a parte das variações ambientais imprevisíveis e que por consequência não podem ser controladas, diferente da variação do solo,

por exemplo, que se trata de uma variação previsível (SOARES et al., 2015) e pode ser manejada visando reduzir os efeitos negativos.

Tabela 4 - Coeficientes de correlações (COR) genotípicas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_f$ ) e de ambiente ( $r_a$ ) entre as características (CAR) altura da planta (AP), inserção do primeiro legume (IPL), número de nós improdutivos (NNI), ramificações da haste principal (RHP), número de legumes contendo um grão (NL1), número de legumes contendo dois grãos (NL2), número de legumes contendo três grãos (NL3), número de legumes contendo quatro grãos (NL4), massa de grãos de legumes contendo um grão (MG1), massa de grãos de legumes contendo dois grãos (MG2), massa de grãos de legumes contendo três grãos (MG3), massa de grãos de legumes contendo quatro grãos (MG4) e massa de grãos total (MGT).

CAR	COR	IPL	NNI	RHP	NL1	NL2	NL3	NL4	MG1	MG2	MG3	MG4	MGT
AP	$r_f$	0,73*	0,57	0,36	-0,54	0,16	0,20	0,37	-0,55	0,20	0,16	0,28	0,23
	$r_g$	0,75 <sup>+</sup>	0,59	0,41	-0,58	0,24	0,21	0,42	-0,58	0,28	0,17	0,48	0,29
	$r_a$	0,71*	0,40	-0,27	-0,41	-0,37	0,05	0,28	-0,36	-0,44	0,11	0,16	-0,23
IPL	$r_f$		0,72*	0,27	-0,64	-0,12	0,42	0,02	-0,70	-0,05	0,42	0,35	0,31
	$r_g$		0,78 <sup>+</sup>	0,37	-0,62	-0,06	0,49	-0,04	-0,71	0,057	0,46	0,75	0,44
	$r_a$		0,35	-0,31	-0,74*	-0,38	0,02	0,19	-0,68*	-0,52	0,13	0,01	-0,32
NNI	$r_f$			0,11	-0,15	0,02	0,36	-0,23	-0,29	0,02	0,20	0,13	0,18
	$r_g$			0,19	-0,07	0,13	0,44	-0,33	-0,24	0,10	0,22	0,15	0,25
	$r_a$			-0,69*	-0,66*	-0,69*	-0,30	0,11	-0,62	-0,62	0,016	0,23	-0,42
RHP	$r_f$				0,09	0,64	0,28	-0,23	0,21	0,74*	0,17	-0,12	0,61
	$r_g$				0,01	0,61	0,24	-0,33	0,15	0,73 <sup>+</sup>	0,15	-0,30	0,58
	$r_a$				0,58	0,87**	0,66*	0,09	0,59	0,82*	0,43	0,11	0,82*
NL1	$r_f$					0,63	-0,20	-0,33	0,97**	0,55	-0,40	-0,23	0,03
	$r_g$					0,65	-0,29	-0,47	0,98**	0,54	-0,47	-0,37	-0,07
	$r_a$					0,55	0,28	-0,01	0,94**	0,61	0,02	-0,14	0,47
NL2	$r_f$						-0,08	-0,01	0,68	0,99**	-0,28	0,01	0,38
	$r_g$						-0,20	0,01	0,72	0,99**	-0,36	0,04	0,29
	$r_a$						0,55	-0,03	0,50	0,93**	0,24	-0,01	0,76*
NL3	$r_f$							-0,73	-0,21	0,02	0,96**	-0,43*	0,86**
	$r_g$							-1,16	-0,29	-0,07	0,97**	-1,02	0,86**
	$r_a$							0,66	0,22	0,58	0,88	0,23	0,89**
NL4	$r_f$								-0,31	-0,05	-0,61	0,65	-0,59
	$r_g$								-0,38	-0,06	-0,92 <sup>+</sup>	0,83	-0,95 <sup>+</sup>
	$r_a$								-0,15	-0,02	0,69*	0,55	0,40
MG1	$r_f$									0,61	-0,39	-0,33	0,07
	$r_g$									0,62	-0,45	-0,61	-0,01
	$r_a$									0,54	-0,04	-0,12	0,40
MG2	$r_f$										-0,17	0,02	0,49
	$r_g$										-0,23	0,07	0,42
	$r_a$										0,30	-0,03	0,84**
MG3	$r_f$											-0,37	0,78*
	$r_g$											-0,82	0,79 <sup>+</sup>
	$r_a$											0,24	0,76*
MG4	$r_f$												-0,30
	$r_g$												-0,79
	$r_a$												0,19

Índice de correlação genotípica para “+” e “+” significativo para 5% e 1% para o teste bootstrap, respectivamente. Índice de correlação fenotípica e de ambiente para, “” e “\*” significativo em 5% e 1% pelo teste t, respectivamente.

O caractere NNI revelou correlação ambiental negativa alta com RHP (-0,69), quando o nó apresenta ramificações a tendência é de que esses ramos venham a se tornar produtivos, diminuindo assim o número de nós improdutivos por planta. As características NL1 (-0,66) e NL2 (-0,69) também apresentaram forte influência do ambiente quando associados com o NNI, dificultando sua utilização para fins de seleção. Wijewardana et al. (2018) observaram redução no número e no peso dos legumes de plantas de soja em decorrência de déficit hídrico, isso ocorre pela alta correlação ambiental dessas características.

O caractere RHP apresentou correlações fenotípicas e genotípicas altas com MG2 (0,74 e 0,73, respectivamente). Quanto maior o número de ramificações maior é o número de flores formadas e por consequência o número de legumes será maior, e de acordo com Ludwig et al. (2010), as plantas mais ramificadas normalmente possuem também um maior número de nós candidatos a formação de flores.

O caractere NL1 apresentou altas e positivas correlações fenotípicas (0,97) e genotípicas (0,98) para com a MG1, além disso, sofreu forte influência do ambiente (0,93). O NL1 também revelou uma correlação ambiental alta com MGT. O NL3 revelou correlação fenotípica e genotípica forte e positiva com MG3 (0,95 e 0,97, respectivamente), isso pode ser explicado pelo fato que quando se aumenta o número de legumes com três grãos também se aumenta a massa dos grãos provenientes destes legumes. O NL3 também apresentou correlação alta e positiva com MGT para os fatores fenotípicos (0,86) e genotípicos (0,86), ou seja, legumes com três grãos contribuem fortemente para a massa de grãos total.

Observa-se ainda na Tabela 4, para o caractere MG2, forte associação ambiental com o caráter MGT (0,83), isso ajuda a entender o fato de que o ambiente tem grande efeito na participação da massa dos grãos de legumes com dois grãos em relação a produtividade, ou seja, o ambiente interfere na massa dos legumes com dois grãos que por consequência irá interferir na massa de grãos total. A MG3 revela forte associação fenotípica e genotípica com a MGT (0,77 e 0,79, respectivamente), sendo a correlação genotípica superior a fenotípica e ambiental, desta forma entende-se que a participação MG3 na produtividade é fortemente influenciada por fatores genéticos, mostrando-se assim como uma boa alternativa para a seleção indireta de materiais com produtividade superior em programas de melhoramento, conforme discutido na análise de trilha.

## 5. CONCLUSÕES

As cultivares NS 6909 e BMX Lança foram superiores em massa de grãos total, sendo fato explicado para a NS 6909 devido ao maior número de legumes com três grãos e a maior massa de grãos de legumes contendo três grãos.

A massa de legumes com três grãos foi o caráter que apresentou maior efeito direto sobre a massa de grãos total, e além deste o número de ramificações da haste principal apresentou uma correlação média. Estas características apresentam potencial de seleção num programa de melhoramento para soja safrinha.

Para a maior parte das características as correlações genóticas apresentaram valores mais elevados. As características número de legumes com três grãos e massa de grãos de legumes contendo três grãos apresentaram altas correlações genóticas e fenotípicas com a massa de grãos total.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, 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.
- BRACCINI, A. L.; MOTTA, I. S.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M. C.L.; ÁVILA, M.R.; MESCHEDÉ, D. K. Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 81-92, 2004.
- CALVO, E. S.; KIIHL, R. A. S. Melhoramento genético: de onde partimos e para onde vamos. **Visão agrícola**, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2006.
- CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; OLIVEIRA, M. F.; VELLO, N. A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.
- CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142p.
- CARVALHO I.; NARDINO M.; FOLLMANN D. N.; DEMARI G. H.; OLIVOTO T.; DE PELEGRIN A.; SZARESKI V.; FERRARI M.; CORAZZA DA ROSA T.; KOCH F.; AISENBERG G.; PEDÓ T.; AUMONDE TZ.; SOUZA V. Path analysis of grain yield associated characters in Brazilian wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 11, p. 1406-1410, 2017.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, décimo segundo levantamento, Setembro, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 16 de Setembro de 2019.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- DVORJAK, D.; UNÊDA-TREVISOLI, S.; LEITE, W.; SILVA, A.; SILVA, F.; MAURO, A. Correlations and path analysis in soybean progenies with resistance source to cyst nematode (race 3). **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 1, p. 168-175, 2019.
- EMBRAPA. **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1065512/1/BoletimdePD11.pdf>> Acesso em 3 de novembro de 2019.
- ENTRINGER, G. C.; SANTOS, P.; VETTORAZZI, J. C. F.; CUNHA, K. S. D.; PEREIRA, M. G. Correlação e análise de trilha para componentes de produção de milho superdoce. **Revista Ceres**, v. 61, n. 3, p. 356-361, 2014.
- ESCHER, F.; WILKINSON, J. A economia política do complexo Soja-Carne Brasil-China. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 4, p. 656-678, 2019.
- FALCONER, D. S. Introdução à genética quantitativa. Tradução de SILVA, M.A: Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, **Imprensa Universitária**, 279p, 1987.

- FOLLMANN D.; SOUZA, V. Q.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DEMANI, G. H.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; DEMASI, G. H.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; SZARESKEI, V. J. Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n.1, 213-221, 2017.
- FOLLMANN D. N.; SOUZA, V. Q.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DEMANI, G. H.; NARDINO, M.; OLIVOTO T.; CARVALHO, I. R.; SILVA, A. D. B.; MEIRA, D.; MEIER, C. Agronomic performance and genetic dissimilarity of second-harvest soybean cultivars using REML/BLUP and Gower's algorithm. **Bragantia**, v. 78, n. 2, p. 197-207, 2019.
- GAZZONI, D. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.
- KESER, M. Genetic gains in wheat in Turkey: Winter wheat for dryland conditions. **The Crop Journal**, v. 5, n. 6, 533-540, 2017.
- LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; UHRY, D.; LISBOA, J. I.; JAUER, A. Morphologic characteristic of the conventional soybean genotype and Roundup Ready™ according to the sowing season and seed densities. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 759-767, 2010.
- MACHADO B. Q.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI O. T.; REZENDE G. F.; JORGE G. L.; SILVEIRA I. C.; HAMAWAKI C. D.L. Phenotypic and genotypic correlations between soybean agronomic traits and path analysis. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, p. 1-11, 2017.
- MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.
- MARBURGER, D. A.; HAVERKAMP. B. J.; LAURENZ, R. G.; ORLOWSKI, J. M, WILSON, E.W. CASTEEL, S. N.; LEE, C. D.; NAEVE, S. L.; NAFZIGER, E. D.; ROOZEBOOM, K. L.; ROSS, CONLEY, S.P. Characterizing genotype × Management interactions on soybean seed yield. **Crop Science**, v. 56, n. 2, p. 786-796, 2016.
- MEIER, C.; MEIRA, D.; MARCHIORO, V. S.; OLIVOTO, T.; KLEIN. L. A.; MORO, E. D.; BUENO, R. B.; LUNKES, A.; BELLO. R. F.; SOUZA, V. Q. Performance agrônômica e correlação linear entre componentes de rendimento da soja em segunda safra. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 933-941, 2019.
- MEIRA, D.; MEIER, C.; OLIVOTO, T.; NARDINO, M.; RIGATTI, A.; LUNKES, A.; BORDIN, R.; MARCHIORO, V.; SOUZA, V. Q. Physiological Traits and Their Relationships in Black Oat Populations. **Genetics and Molecular Research**, vol. 16, n. 4, p. 1-8, 2017.
- MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; DE OLIVEIRA VARGAS, T.; TROGELLO, E., Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 91, n. 3, 216-229, 2016.
- MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. Introduction to linear regression analysis. New York: **J. Wiley**, 504 p. 1981.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: **Evangraf**, 31 p. 2005.

- NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, A. C. Contribuição relativa dos componentes do crescimento para produção de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 269-274, 2002.
- NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. 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.
- OLIVOTO, T.; DE SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; FERRARI, M.; DE PELEGRIN, A. J.; SZARESKI, V. J.; SCHMIDT, D. Multicollinearity in Path Analysis: A Simple Method to Reduce Its Effects. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 1, p. 131-142, 2017.
- RIBEIRO, A. M.; BRUZIL, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; VILELA, N. J. D.; PEREIRA, J. L.; MOREIRA, S. G.; Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, v. 47, n. 7, p. 81-89, 2017.
- RIGATTI, A.; MEIRA, D.; OLIVOTO, T.; MEIER, C.; NARDINO, M.; LUNKES, A.; KLEIN, L.; FASSINI, F.; MORO, É.; MARCHIORO, V.; SOUSA, V. Grain yield and its associations with pre-harvest sprouting in wheat. **Jornal of Agricultural Science**, vol. 11, n. 4, p. 142-150, 2019.
- RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S.; NETO, J. F.; ROSA, G. M.; WASTOWSKI, A. D.; RIGON, C. A. Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 233-240, 2012.
- ROCHA, B. G.R; AMARO, H. T. R.; PORTO, E. M. V; GONÇALVES, C. C.; DAVID, A. M. S. S.; LOPES, E. B.). Cross-sowing system crop: advances and perspectives. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 41, n. 2, p. 91-100, 2018.
- RODRIGUES, G. B.; MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H.; MATTEDI, A. P.; ALMEIDA, V. S. Análise de trilha de componentes de produção primários e secundários em tomateiro do grupo Salada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2010.
- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L.L. **Cultura da Soja: 1ª Parte**. Viçosa: Editora UFV, 1989.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, p. 897-930, 2005.
- SOARES, I. O.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; FRONZA, V.; TEIXEIRA, C. M. Interaction between soybean cultivars and seed density. **American Journal Plant Science**, v. 6, n. 9, p. 1425-1434, 2015.
- SOUZA, V. Q.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; CARON, B. O.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; CARVALHO, I. R. Componentes de Rendimentos em combinações de Fungicidas e Inseticidas e Análise de Trilha em Soja. **Global Science and Technology**, v. 8, n.1, p. 167-176, 2015.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2nd ed. New York: **McGraw-Hill**, 633 p. 1980.

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

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L.P.; CORREA, C. C.; LUZ, R. A.; ZANUNCIO, D. P.; TORRES, F. E. Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 794-799, 2015.

THOMAS, A. L., & COSTA, J. A.; Soja: manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre; **Evangraf**, 2010.

VERNETTI, F. J.; VERNETTI JUNIOR, F. J. **Genética da Soja: Caracteres qualitativos e diversidade genética**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 221 p. 2009.

WIJEWARDANA, C.; ALSAJRI, F. A.; IRBY, T.; KRUTZ, J.; GOLDEN, E. B. Quantificando os efeitos do déficit hídrico do solo no rendimento da soja e padrões de distribuição de componentes produtivos. **Ciências da Irrigação**, p. 1-15, 2018.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agriculture Research**, v. 20. 7, p. 557-585, 1921.