

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ALINE CORDEIRO TAVEIRA

**ANÁLISE DIALÉLICA EM POPULAÇÕES F<sub>2</sub> DE SOJA PARA  
CARACTERES FISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ALINE CORDEIRO TAVEIRA

**ANÁLISE DIALÉLICA EM POPULAÇÕES F<sub>2</sub> DE SOJA PARA  
CARACTERES FISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS**

Orientador (a): Prof<sup>o</sup>. Dr. Paulo Eduardo Teodoro

Co-orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Larissa Pereira Ribeiro Teodoro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2021



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**DISCENTE:** Aline Cordeiro Taveira

**ORIENTADOR:** Dr. Paulo Eduardo Teodoro

**TÍTULO:** Análise dialética em populações  $F_2$  de soja para caracteres agronômicos e fisiológicos

#### **AVALIADORES:**

Prof. Dr. Paulo Eduardo Teodoro

Prof. Dr. Leandris Argentele Martínez

Prof. Dr. Jorge Gonzalez Aguilera

Chapadão do Sul, 15 de julho de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo Teodoro, Professor do Magisterio Superior**, em 15/07/2021, às 13:45, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jorge Gonzalez Aguilera, Professor do Magisterio Superior - Visitante**, em 15/07/2021, às 13:53, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LEANDRIS ARGENTELE MARTÍNEZ, Usuário Externo**, em 15/07/2021, às 13:54, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0).

## DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, por me proporcionar tudo o que tenho e sou e por sempre guiar o meu caminho.

Aos meus pais, Enivaldo Cândido Taveira e Mônica Cordeiro Alves Taveira, por todo incentivo e apoio a minha formação, por todos os conselhos para que eu pudesse alcançar os meus sonhos e objetivos.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida e por todas as bênçãos e oportunidades concedidas. Aos meus Pais Enivaldo Cândido Taveira e Mônica Cordeiro Alves Taveira por todo incentivo, apoio, amor, carinho e por serem meu porto seguro, minha base, a melhor que eu poderia ter.

Aos meus irmãos Gabriela Cordeiro Taveira, Felipe Cordeiro Taveira e ao meu cunhado Fernando Narciso por todo carinho e apoio.

Ao meu namorado Valter Narciso Barbosa pelo apoio, carinho, companheirismo e por tornar os meus dias mais leves durante a trajetória.

Ao meu orientador professor Dr. Paulo Eduardo Teodoro pela amizade, apoio, confiança e incentivo para realização do mestrado. Agradeço-lhe a paciência e o tempo disponibilizado que culminaram na produção de conhecimento.

À Professora Dra. Larissa Pereira Ribeiro Teodoro pela co-orientação, pelo apoio e pelas fundamentais sugestões que, certamente, contribuíram para realizar este trabalho.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, pela contribuição na melhoria deste trabalho.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pela minha formação pessoal e profissional, em especial ao corpo docente por todo o conhecimento.

Aos alunos dos cursos de graduação e da pós-graduação em Agronomia, membros do (GEMP) Grupo de Estudos em Melhoramento de Plantas, pela colaboração na condução e avaliação dos experimentos.

Aos meus amigos Mariele Silva Abreu, Francisco Mendes de Oliveira Neto, Ariane de Andréa Pantaleão por todo o companheirismo e aprendizado.

Ao secretário Sinomar e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul por toda atenção, dedicação e serviços prestados durante o mestrado.

Ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

A todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram com apoio, carinho, amizade incentivo, conhecimento. Os meus sinceros agradecimentos.

Meu muito obrigada!

## EPÍGRAFE

“Você ganha força, coragem e confiança através de cada experiência em que você realmente para e encara o medo de frente”.

Eleanor Roosevelt

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características das cultivares de soja.....	16
<b>Tabela 2.</b> Relação das 28 populações F1 de soja obtidas .....	16
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância dialélica para os caracteres fisiológicos fotossíntese líquida ( $A$ , $\mu\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de $\text{CO}_2$ ( $C_i$ , $\mu\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) avaliados em 28 populações $F_2$ de soja .....	20
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância dialélica para os caracteres agronômicos dias para maturação ( $DM$ ), altura de inserção da primeira vagem ( $AIV$ , $\text{cm}$ ), altura de plantas ( $AP$ , $\text{cm}$ ), número de ramificações ( $NR$ ), massa de cem grãos ( $MCG$ , $\text{g}$ ) e produtividade de grãos ( $PROD$ , $\text{kg ha}^{-1}$ ) avaliados em 28 populações $F_2$ de soja .....	21
<b>Tabela 5.</b> Estimativas de capacidade geral de combinação de oito genitores de soja para os caracteres fisiológicos fotossíntese líquida ( $A$ , $\mu\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de $\text{CO}_2$ ( $C_i$ , $\mu\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).....	22
<b>Tabela 6.</b> Estimativas de capacidade geral de combinação de oito genitores de soja para os caracteres agronômicos dias para maturação ( $DM$ ), altura de inserção da primeira vagem ( $AIV$ , $\text{cm}$ ), altura de plantas ( $AP$ , $\text{cm}$ ), número de ramificações ( $NR$ ), massa de cem grãos ( $MCG$ , $\text{g}$ ) e produtividade de grãos ( $PROD$ , $\text{kg ha}^{-1}$ ).....	23
<b>Tabela 7.</b> Estimativas de capacidade específica de combinação de 28 populações $F_2$ de soja para os caracteres fisiológicos fotossíntese líquida ( $A$ , $\mu\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de $\text{CO}_2$ ( $C_i$ , $\mu\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).....	25

**Tabela 8.** Estimativas de capacidade específica de combinação de 28 populações F<sub>2</sub> de soja para os caracteres agronômicos dias para maturação (DM), altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm), altura de plantas (AP, cm), número de ramificações (NR), massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>).....27



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Condições Meteorológicas na Safra 2019/2020 .....	17
--	----

## RESUMO

A soja é uma cultura de grande importância econômica, com aumento anual de produção devido ao melhoramento genético, que permitiu sua expansão para as mais diversas regiões, além da melhoria de diversas características morfológicas da cultura, permitindo o aumento da produtividade. As técnicas de melhoramento buscam encontrar e introduzir características de interesse em cultivares comerciais, sendo que, dentre elas destaca-se o cruzamento dialélico, amplamente utilizado para seleção de genitores. Por conta da necessidade de aumento da produção da soja em áreas já cultivadas, o melhoramento genético apresenta-se como uma das únicas ferramentas capazes de tal feito. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi recomendar genitores promissores para melhoramento de características fisiológicas e agronômicas da cultura da soja. Inicialmente, foram selecionadas oito cultivares de soja contrastantes quanto ao grupo de maturidade fisiológica e produtividade de grãos (Compacta, Lança, Zeus, M6410, NS6909, TMG7061, TMG7062 e TMG7063). As características fisiológicas avaliadas foram: fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e transpiração ( $E$ ). Os caracteres agronômicos avaliados foram: dias para maturação (DM), altura de inserção da primeira vagem (AIV), altura de plantas (AP), número de ramificações (NR), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD). Os melhores genitores em relação a caracteres fisiológicos foram Compacta, Lança, M6410 e TMG7061. Os melhores genitores para caracteres agronômicos foram TMG7061, NS6909 e M6410. Os melhores cruzamentos para caracteres fisiológicos foram Compacta x Lança, Zeus x TMG7063 e M6410 x TMG7063. Os melhores cruzamentos para caracteres agronômicos foram Compacta x Lança, Compacta x TMG7062, Lança x TMG7062, Zeus x TMG7062, TMG7061 x TMG7062.

**Palavras-chave:** Capacidade específica de combinação. Capacidade geral de combinação. *Glycine max*. Melhoramento Genético.

## ABSTRACT

Soybeans is a crop of great economic importance, with annual increase in production due to genetic improvement, which allowed its expansion to the most diverse regions, in addition to the improvement of several morphological characteristics of the crop, allowing for an increase in productivity. Breeding techniques seek to find and introduce characteristics of interest in commercial cultivars, among which diallel crossing stands out, widely used for selection of parents. Due to the need to increase soybean production in already cultivated areas, genetic improvement presents itself as one of the only tools capable of such a feat. Therefore, the objective of this work was to recommend promising parents for the improvement of physiological and agronomic characteristics of the soybean crop. Initially, eight contrasting soybean cultivars were selected in terms of physiological maturity and grain yield (Compacta, Spear, Zeus, M6410, NS6909, TMG7061, TMG7062 and TMG7063). The physiological characteristics evaluated were: net photosynthesis ( $A$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ), internal CO<sub>2</sub> concentration ( $C_i$ ) and transpiration ( $E$ ). The agronomic characters evaluated were: days to maturity (DM), height of insertion of the first pod (AIV), plant height (AP), number of branches (NR), weight of one hundred grains (MCG) and grain yield (PROD). The best parents in relation to physiological characters were Compacta, Lança, M6410 and TMG7061. The best parents for agronomic traits were TMG7061, NS6909 and M6410. The best crosses for physiological traits were Compacta x Lança, Zeus x TMG7063 and M6410 x TMG7063. The best crosses for agronomic traits were Compacta x Spear, Compacta x TMG7062, Spear x TMG7062, Zeus x TMG7062, TMG7061 x TMG7062.

**Keywords:** Specific combining ability. General combining ability. *Glycine max*. Genetical enhancement.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	13
INTRODUÇÃO .....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
Condução da geração F <sub>1</sub> .....	15
Avaliação das populações F <sub>2</sub> .....	17
Avaliação dos caracteres fisiológicos.....	18
Avaliação dos caracteres agronômicos.....	18
Análises estatísticas.....	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
Análise de variância dialélica.....	19
Capacidade geral de combinação.....	21
Capacidade específica de combinação.....	24
CONCLUSÕES.....	28
REFERENCIAS .....	28

## ANÁLISE DIALÉLICA EM POPULAÇÕES F<sub>2</sub> DE SOJA PARA CARACTERES FISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS

**RESUMO:** As técnicas de melhoramento buscam encontrar e introduzir características de interesse em cultivares comerciais, sendo que, dentre elas destaca-se o cruzamento dialélico, amplamente utilizado para seleção de genitores. Diante disso, o objetivo deste trabalho é recomendar genitores promissores para melhoramento de características fisiológicas e agronômicas da cultura da soja. Inicialmente, foram selecionadas oito cultivares de soja contrastantes quanto ao grupo de maturidade fisiológica e produtividade de grãos (Compacta, Lança, Zeus, M6410, NS6909, TMG7061, TMG7062 e TMG7063). As características fisiológicas avaliadas foram: fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) e transpiração ( $E$ ). Os caracteres agronômicos avaliados foram: dias para maturação (DM), altura de inserção da primeira vagem (AIV), altura de plantas (AP), número de ramificações (NR), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD). Os melhores genitores em relação a caracteres fisiológicos foram Compacta, Lança, M6410 e TMG7061. Os melhores genitores para caracteres agronômicos foram TMG7061, NS6909 e M6410. Os melhores cruzamentos para caracteres fisiológicos foram Compacta x Lança, Zeus x TMG7063 e M6410 x TMG7063. Os melhores cruzamentos para caracteres agronômicos foram Compacta x Lança, Compacta x TMG7062, Lança x TMG7062, Zeus x TMG7062, TMG7061 x TMG7062.

**Palavras-chave:** Capacidade específica de combinação. Capacidade geral de combinação. *Glycine max*. Trocas gasosas.

**ABSTRACT:** The breeding techniques seek to find and introduce characteristics of interest in commercial cultivars, among which diallel crossing stands out, widely used for selection of parents. Therefore, the objective of this work is to recommend promising parents for the improvement of physiological and agronomic characteristics of the soybean crop. Initially, eight contrasting soybean cultivars were selected in terms of physiological maturity and grain yield (Compacta, Spear, Zeus, M6410, NS6909, TMG7061, TMG7062 and TMG7063). The physiological characteristics evaluated were: net photosynthesis ( $A$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ), internal CO<sub>2</sub> concentration ( $C_i$ ) and transpiration ( $E$ ). The agronomic characters evaluated were: days to maturity (DM), height of insertion of the first pod (AIV), plant height (AP), number of branches (NR), weight of one hundred grains (MCG) and grain yield (PROD). The best parents

in relation to physiological characters were Compacta, Lança, M6410 and TMG7061. The best parents for agronomic traits were TMG7061, NS6909 and M6410. The best crosses for physiological traits were Compacta x Lança, Zeus x TMG7063 and M6410 x TMG7063. The best crosses for agronomic traits were Compacta x Spear, Compacta x TMG7062, Spear x TMG7062, Zeus x TMG7062, TMG7061 x TMG7062.

**Keywords:** Specific combining ability. General combining ability. *Glycine max*. Gas exchange.

## INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine Max* (L) Merrill.] é uma leguminosa de grande relevância econômica no mundo, apresentando produção mundial de 385,5 milhões de toneladas na safra 2020/2021 (USDA, 2021). Segundo dados da CONAB (2021), o Brasil é o maior produtor mundial de soja, com 135,86 milhões de toneladas na safra 2020/2021, incremento de 8,8% ou 11 milhões de toneladas superior a produção da safra anterior sendo o maior produtor mundial da leguminosa (CONAB, 2021). A produtividade da soja apresentou grande incremento desde a década de 70, com crescimento global estimado de 7,98 vezes, enquanto no Brasil esse crescimento foi de 76 vezes (USDA, 2021). Esse aumento na produtividade se deve a diversos fatores, destacando-se o melhoramento genético como um dos responsáveis pelo sucesso e expansão da sojicultura (SILVA et al., 2017).

As técnicas de melhoramento utilizadas buscam encontrar e introduzir características relevantes nas cultivares comerciais, entretanto, praticamente todos os métodos aplicados em espécies autógamas têm sido aplicados na soja. Dentre as várias técnicas propostas para aumentar a probabilidade de obtenção de populações segregantes superiores, destaca-se os cruzamentos dialélicos, amplamente utilizados para seleção de genitores (DARONCH et al., 2014). Entre as estimativas que podem ser obtidas pelas análises dialélicas, a capacidade de combinação é de extrema utilidade e importância para os procedimentos de teste, onde deseja-se estudar e comparar o desempenho entre linhagens utilizando combinações híbridas (CRUZ et al., 2012). A partir dessas estimativas pode-se identificar cruzamentos que produzam populações segregantes que apresentem média alta e maior variabilidade genética potencial (RAMALHO et al., 2012).

A produtividade de grãos na cultura da soja é composta pela interação de diferentes caracteres agrônômicos, sendo que a identificação dessa interação apresenta elevada importância para incremento nos rendimentos da cultura. (JIN et al. 2010; LIU et al. 2012)

relataram associações positivas entre o rendimento de grãos e a taxa fotossintética, que é um caráter fisiológico diretamente relacionado com a produção de fotoassimilados pelas plantas.

Cultivares modernas apresentam menores índices de área foliar e maiores taxas fotossintéticas e de condutância estomática, sendo que o teor de clorofila é um importante componente da fotossíntese e, quanto maior a concentração de clorofila nos tecidos das plantas, maior a produção fotossintética (MORRISON et al., 2000; SAITOH et al. 2004) compararam vários parâmetros relacionados a fotossíntese entre genótipos selvagens e cultivados de soja e observaram que os maiores índices de clorofila eram obtidos em genótipos cultivados, sugerindo que, durante a domesticação da cultura, ocorreu a seleção indireta para os maiores índices de clorofila e conseqüentemente, maiores rendimentos de grãos.

A condutância estomática é outra característica fisiológica das plantas que é essencial para uma elevada produção de grãos, já que, quanto mais tempo os estômatos permanecem abertos durante o dia, mais CO<sub>2</sub> é transportado até os cloroplastos e conseqüentemente, maior é a fotossíntese, além de ser um importante parâmetro para o desenvolvimento da planta sob condições de estresse (ROCHE, 2015). Cultivares mais modernas de soja apresentam maior eficiência de uso da água que cultivares mais antigas sob condições de estresse hídrico (LIU et al., 2012). Portanto essas informações são importantes para o aumento da eficácia dos programas de melhoramento, a partir do estudo de caracteres fisiológicos que contribuem diretamente para o rendimento dos grãos.

O conhecimento das características dos genitores é uma ferramenta importante para o aumento da produção da soja em áreas já cultivadas a partir do melhoramento genético de plantas. Diante disso, o objetivo deste trabalho é recomendar genitores promissores para melhoramento de características fisiológicas e agronômicas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Obtenção da geração F<sub>1</sub>**

Inicialmente, foram selecionadas oito cultivares de soja contrastantes quanto ao grupo de maturidade fisiológica e produtividade de grãos, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características das cultivares de soja

Cultivar	GM	Cor da flor	Características
Compacta	6.5	Roxa	Alto potencial produtivo. Porte controlado com resistência ao acamamento. Alto potencial de ramificação.
Lança	5.8	Branca	Alto potencial produtivo. Adaptação a regiões de maior altitude. Porte controlado com resistência ao acamamento. Alto potencial de ramificação.
Zeus	5.5	Branca	Alto potencial produtivo. Precocidade. Adaptação a regiões de maio altitude. Porte controlado com resistência ao acamamento.
M6410	6.4	Roxa	Alta performance em diferentes ambientes. Ampla janela de semeadura. Excelente engalhamento e compensação de plantas.
NS6909	6.3	Roxa	Alto potencial e resposta produtiva nos ambientes de alta fertilidade. Potencial de antecipar plantio de segunda safra.
TMG7061	6.1	Roxa	Alto teto produtivo. Precocidade. Permite o plantio de segunda safra.
TMG7062	6.9	Branca	Alta precocidade. Alto peso de grãos.
TMG7063	7.0	Branca	Alta precocidade. Alto peso de grãos.

GM: Grupo de Maturação.

A partir das cultivares foram obtidos 28 cruzamentos  $F_1$  conforme descrito na Tabela 2.

**Tabela 2.** Relação das 28 populações  $F_1$  de soja obtidas.

Genitor masculino	Genitor feminino
Compacta	Lança
Compacta	Zeus
Compacta	M6410
Compacta	NS6909
Compacta	TMG7061
Compacta	TMG7062
Compacta	TMG7063
Lança	Zeus
Lança	M6410
Lança	NS6909
Lança	TMG7061
Lança	TMG7062
Lança	TMG7063
Zeus	M6410
Zeus	NS6909
Zeus	TMG7061
Zeus	TMG7062
Zeus	TMG7063
M6410	NS6909
M6410	TMG7061
M6410	TMG7062
M6410	TMG7063
NS6909	TMG7061
NS6909	TMG7062
NS6909	TMG7063
TMG7061	TMG7062
TMG7061	TMG7063
TMG7062	TMG7063

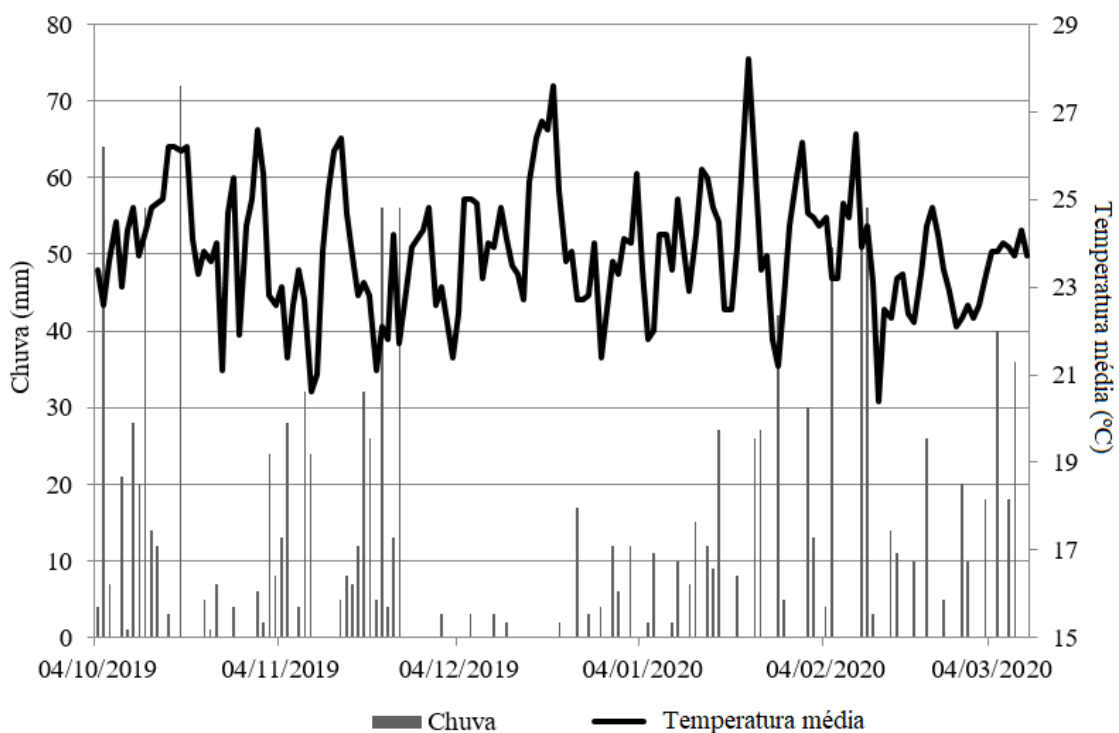


## Condução da geração F<sub>1</sub> e da F<sub>2</sub>

Para a condução da geração F<sub>1</sub>, foram utilizados 200 vasos com plantio de duas sementes por vaso, e por ocasião da germinação foi realizado o desbaste das plantas que eram oriundas de autofecundação pela identificação da cor do hipocótilo. Os tratos culturais realizados seguiram a necessidade da cultura. Por ocasião da colheita, foram colhidas as sementes de cada cruzamento realizado, que deram origem a 28 populações F<sub>2</sub>.

## Avaliação das populações F<sub>2</sub>

O experimento foi conduzido na safra 2019/2020 na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Chapadão do Sul (18°41'33''S, 52°40'45''W, com 810 m de altitude), Mato Grosso do Sul. O clima da região é caracterizado como Tropical de Savana (Aw) e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico argiloso, com as seguintes características na camada de 0 - 0,20 m: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,2; Al trocável (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 0,0; Ca+Mg (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 4,31; P (mg dm<sup>-3</sup>) = 41,3; K (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 0,2; Matéria orgânica (g dm<sup>-3</sup>) = 19,74; V (%) = 45; m (%) = 0,0; Soma de bases (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 2,3; CTC (cmolc dm<sup>-3</sup>) = 5,1. A figura 1 mostra as condições meteorológicas no decorrer do experimento.



**Figura 1.** Condições meteorológicas no decorrer da safra 2019/2020.

Foi utilizado delineamento de blocos casualizados com duas repetições e 28 populações F<sub>2</sub> de soja, conforme descrito na Tabela 2. As parcelas consistiram de uma linha com três metros de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre fileiras e densidade de 15 plantas por metro.

A semeadura ocorreu em outubro de 2020, de forma manual, utilizando preparo convencional do solo (aração e gradagem niveladora). As sementes foram tratadas com fungicida (Piraclostrobina + Metil Tiofanato) e inseticida (Fipronil), na dose de 200 mL do produto comercial para cada 100 kg de sementes para proteção contra o ataque de pragas e fungos de solo. Para a fixação biológica de nitrogênio (FBN), as sementes foram inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, sendo utilizada a dose de 200 mL de inoculante líquido concentrado para cada 100 kg de sementes. Os tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

### **Avaliação dos caracteres fisiológicos**

Aos 60 dias após a emergência (DAE), foram avaliadas as características fisiológicas em uma planta por parcela usando um analisador de fotossíntese portátil (Infrared Gas Analyzer - IRGA) modelo Li-6400XT (LiCor Inc., Lincoln, Nebraska, EUA), seguindo os procedimentos descritos em Teodoro et al. (2019). Foi utilizado fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de 1044  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e concentrações de CO<sub>2</sub> no ambiente de  $372 \pm 10 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As características fisiológicas medidas foram: fotossíntese líquida ( $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). As medições foram realizadas entre as 8:00 e as 11:00 horas em uma planta amostradas aleatoriamente em cada unidade experimental. As medidas foram realizadas em dias sem nuvens, com temperaturas entre 26,0 e 26,5°C e umidade relativa entre 50 e 80%.

### **Avaliação dos caracteres agronômicos**

Os caracteres agronômicos avaliados foram: dias para maturação (DM), altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm), altura de plantas (AP, cm), número de ramificações (NR), massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PROD,  $\text{kg ha}^{-1}$ ). O DM correspondeu aos dias entre emergência e maturação de mais de 50% de plantas em cada unidade experimental. Os caracteres AIV, AP e NR foram avaliados no estágio R8 em cinco plantas em cada parcela, sendo os dois primeiros avaliados com auxílio de uma fita métrica. Para obtenção da MCG foi retirada uma amostra dos grãos colhidos e a umidade corrigida para 13%. A PROD foi avaliada pela colheita de dois metros centrais de cada parcela e correção para 13% de umidade.

## **Análises estatísticas**

A análise do dialelo completo foi realizada de acordo com o método dois proposto por (GRIFFING, 1956). O efeito de populações  $F_2$ , considerado como fixo, foi decomposto em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) de acordo com o modelo estatístico descrito na Equação 1.

$$Y_{ijk} = \mu + b_k + g_i + g_j + S_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

em que:  $Y_{ijk}$  é valor da combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou do genitor ( $i = j$ ) avaliada no  $k$ -ésimo bloco,  $\mu$ : média geral;  $b_k$  é o efeito fixo do  $k$ -ésimo bloco;  $g_i$  e  $g_j$  são os efeitos fixos da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo e do  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;  $S_{ij}$  é efeito fixo da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;  $\varepsilon_{ijk}$  é o erro experimental associado a observação  $Y_{ijk}$ .

Todas as análises foram realizadas com o software Genes (CRUZ, 2013), seguindo os procedimentos recomendados em (CRUZ et al. 2012).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Análise de variância dialélica**

A Tabela 3 contém o resumo da análise de variância dialélica para os caracteres fisiológicos avaliados. Os efeitos de genótipos, de capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação foram significativos ( $p < 0,05$ ) para todos os caracteres fisiológicos. Os cruzamentos dialélicos fornecem informações sobre características genéticas avaliadas, auxiliando na seleção e condução de populações segregantes (BAKER, 1978; GERHARDT et al., 2019). O dialelo permite que o melhorista conheça o comportamento dos genitores por meio da capacidade geral de combinação (CGC), atribuída a genes com efeito aditivo; e de suas combinações híbridas, por meio da capacidade específica de combinação (CEC), relacionada ao efeito gênico não aditivo (TEODORO et al., 2019).

O conhecimento da diferença entre o comportamento médio dos progenitores permite a diferenciação das combinações híbridas (TEODORO et al., 2019). Essa abordagem permite a seleção de populações segregantes com alta CEC para as características de interesse, incluindo pelo menos um dos pais com alta CGC (CRUZ et al., 2012). Os quadrados médios de CEC para fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração são maiores que para CGC indicando predominância de efeitos não aditivos no controle caráter. O quadrado médio de CGC

para concentração interna de CO<sub>2</sub> foi superior a CEC, demonstrando efeito aditivo no controle do caráter. (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância dialélica para os caracteres fisiológicos fotossíntese líquida ( $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

FV	GL	Quadrado Médio			
		$A$	$g_s$	$C_i$	$E$
Genótipo	35	31,99*	3,91*	601,13*	2,63*
CGC	7	31,19*	3,30*	648,16*	1,97*
CEC	27	32,19*	4,06*	589,38*	2,80*
Resíduo	35	4,97	0,45	26,58	0,20
Média		41,08	3,13	320,60	8,26

\*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CGC: capacidade geral de combinação; CEC: capacidade específica de combinação.

A análise dialélica permite a avaliação da importância dos efeitos gênicos aditivos expressos pelos efeitos de CGC e os efeitos devido a dominância, associados ao CEC (TEODORO et al., 2019). Essa informação é útil para estabelecer a melhor estratégia de melhoramento, pela predominância de efeitos aditivos no controle de caracteres, que quando pronunciados, resultam na previsão de ganhos de maior magnitude (BHERING et al., 2017). Os efeitos aditivos dos genes são cumulativos ao longo de gerações e são as principais fontes de variação genética pela fixação de características de interesse (TEODORO et al., 2019).

O resumo da análise de variância dialélica para os caracteres agronômicos avaliados está contido na Tabela 4. Os quadrados médios de CGC para maturação, altura de plantas, número de ramificações, massa de cem grãos e produtividade de grãos foram superiores aos valores obtidos por CEC. Já o quadrado médio de altura de inserção da primeira de CEC foi superior a CGC.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância dialélica para os caracteres agronômicos dias para maturação (DM), altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm), altura de plantas (AP, cm), número de ramificações (NR), massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliados em 28 populações F<sub>2</sub> de soja.

FV	GL	Quadrado Médio					
		DM	AIV	AP	NR	MCG	PROD
Genótipos	35	7,84*	13,61*	232,51*	1,04*	13,09*	718971.77*
CGC	7	11,80*	9,24*	498,63*	1,72*	17,37*	744330.37*
CEC	27	6,85*	14,71*	165,98*	0,87*	12,02*	712632.12*
Resíduo	35	0,51	0,83	9,28	0,21	0,68	44597.61
Média		105,27	10,60	79,07	3,74	15,02	3496.69

\*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CGC: capacidade geral de combinação; CEC: capacidade específica de combinação.

Os efeitos de genótipos, de capacidade geral e específica de combinação foram significativos para todos os caracteres agronômicos. Efeitos significativos de CEC demonstram que há desvios de comportamento dos híbridos em relação ao que era esperado com base na CGC dos genitores (CRUZ et al., 2012). O efeito significativo da CGC indica que pelo menos um dos genitores difere dos demais quanto a concentração de alelos favoráveis, ou seja, é um indicativo de genitores que contribuem com uma maior quantidade de alelos favoráveis para que estes caracteres sejam transmitidos para seus descendentes (RAMALHO et al., 2012; CRUZ et al., 2012).

A presença de efeitos significativos de CGC e CEC revelam a importância tanto de componentes genéticos aditivos quanto de não-aditivos no controle de características agronômicas em estudo. Este resultado corrobora com o que foi observado por (TEODORO et al., 2019), onde os autores estimaram a capacidade combinatória de cultivares de soja com base na geração F<sub>2</sub>, identificando genitores e populações segregantes para caracteres agronômicos, fisiológicos e índices de vegetação.

### Capacidade geral de combinação

As estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) de oito genitores de soja para os caracteres fisiológicos estão contidas na Tabela 5. A Compacta foi a cultivar que apresentou estimativas de CGC em todos os sentidos desejáveis: alta fotossíntese, alta condutância estomática, alta concentração interna de CO<sub>2</sub> e baixa transpiração.

A escolha dos genitores para formação das populações segregantes é crucial para obtenção de êxito nos programas de melhoramento, sendo a capacidade combinatória com presença de genes complementares a principal responsável pelo sucesso (DARONCH et al., 2014). Segundo (CRUZ et al., 2012), baixas estimativas de CGC para uma determinada característica, indica que o genitor não difere da média geral do dialelo, enquanto valores elevados, sejam positivos ou negativos, revelam que o genitor é superior aos demais genitores. Dessa forma, genitores que se destacam na capacidade geral de combinação (CGC) podem ser incluídos em programas de melhoramento genético de plantas autógamas para seleção de genótipos que superem seus genitores em gerações avançadas, por meio da análise das médias das características, analisadas conjuntamente com a CGC (LORENCETTI et al., 2006).

A cultivar Lança se destacou por apresentar CGC negativa para transpiração. A primeira resposta ao déficit hídrico é a alteração da condutância estomática, limitando a fotossíntese (FLEXAS; MEDRANO, 2002), que está relacionada com o turgor foliar e este, depende do equilíbrio entre a perda de água através da transpiração e o fornecimento de água para folha através do solo (TUZET et al., 2003). Os genótipos com maior assimilação de CO<sub>2</sub> e menores taxas de transpiração são desejáveis, pois exibirão maior eficiência de uso da água (TEODORO et al., 2019).

**Tabela 5.** Estimativas de capacidade geral de combinação de oito genitores de soja para os caracteres fisiológicos fotossíntese líquida ( $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Genitor	$A$	$g_s$	$C_i$	$E$
Compacta	1.39	0.67	4.67	-0.44
Lança	-0.47	-0.03	1.07	-0.52
Zeus	0.48	-0.18	-6.19	0.11
M6410	1.12	0.47	-10.89	0.22
NS 6909	-1.07	0.02	2.26	0.34
TMG 7061	0.66	0.01	6.12	0.08
TMG 7062	-2.37	-0.49	1.80	0.19
TMG 7063	0.27	-0.47	1.15	0.03

A cultivar M6410 reuniu alelos favoráveis para aumentar a média de fotossíntese e condutância estomática, obtendo estimativas de CGC positiva para tais caracteres. A taxa fotossintética é positivamente correlacionada com a produtividade da soja (AINSWORTH et al., 2012), relacionada a fotossíntese líquida e a mecanismos de condutância estomática, que é a relação entre a passagem de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que entra e o vapor de água que sai pelos estômatos de uma folha (ROCHE, 2015).

A cultivar TMG 7061 se destacou pela alta CGC para concentração interna de CO<sub>2</sub>. Em condições não limitantes de disponibilidade de água e temperaturas ambiente abaixo dos níveis de estresse térmico, a máxima condutância estomática de um genótipo maximizará as taxas fotossintéticas (TEODORO et al., 2019).

As cultivares Compacta e Lança se destacaram pelas maiores estimativas negativas de CGC para alturas de plantas (Tabela 6). Para o melhoramento genético da soja é importante que as plantas se encontrem dentro do limite de 60 a 90 cm, pois plantas abaixo de 60 cm comprometem a produtividade de grãos e plantas acima de 90 cm são mais susceptíveis ao acamamento (SEDIYAMA et al., 2015).

A cultivar ZEUS se destacou pela maior CGC para altura de inserção da primeira vagem. Essa característica é muito importante para a colheita mecânica da soja, por minimizar a perda de grãos e recolhimento de detritos e sujeira, que podem causar danos qualitativos aos frutos (MEBRAHTU; DEVINE, 2008). A cultivar M6410 reuniu alelos favoráveis para aumentar o número de ramificações e a massa de cem grãos (Tabela 6). Essas variáveis de produção são de grande importância para seleção de genótipos produtivos, (ALCANTARA NETO et al., 2011) apresentam resultados satisfatórios nos ganhos de seleção para esses caracteres e na contribuição relativa destes para a produção de grãos de soja.

**Tabela 6.** Estimativas de capacidade geral de combinação de oito genitores de soja para os caracteres agrônômicos dias para maturação (DM), altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm), altura de plantas (AP, cm), número de ramificações (NR), massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>).

Genitor	DM	AIV	AP	NR	MCG	PROD
Compacta	1.35	-0.18	-8.00	0.03	-1.38	-71.19
Lança	-0.60	0.01	-6.38	0.19	-0.30	35.01
Zeus	-0.15	-1.08	-0.71	-0.15	-0.84	-363.38
M6410	0.15	-0.13	3.29	0.48	1.18	-74.43
NS 6909	-1.20	0.21	1.72	-0.35	0.17	106.93
TMG 7061	-0.20	-0.57	-0.18	-0.25	1.04	296.98
TMG 7062	0.65	1.14	3.90	0.27	-0.60	120.32
TMG 7063	0.00	0.59	6.35	-0.22	0.73	-50.24

A cultivar NS 6990 reuniu alelos favoráveis para diminuir os dias para maturação e aumentar a produtividade (Tabela 6). Segundo (TEODORO et al., 2019), genótipos que apresentem número de dias para maturação reduzidos são desejáveis, pois refletem na maior precocidade do cultivar, sendo importante que um dos genitores apresente valor negativo de CGC. A cultivar TMG 7061 reuniu alelos favoráveis para aumentar a massa de cem grãos e a

produtividade (Tabela 6). Estimativas dos efeitos CGC de cada genitor é de grande importância para seleção de genitores nos programas de melhoramento, pois altas estimativas de CGC são expressas por genótipos com maior frequência de alelos favoráveis (VENCOVSKY, 1987). A cultivar TMG 7062 apresentou maior CGC para o número de ramificações (Tabela 6). Segundo (MAUAD, 2010), os ramos podem desviar fotoassimilados da produção de estruturas reprodutivas, causando demanda adicional e reduzindo a produtividade, assim genótipos com menor número de ramos por plantas são mais produtivos e desejáveis.

### **Capacidade específica de combinação**

As estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) de 28 populações F<sub>2</sub> de soja para os caracteres fisiológicos estão contidas na Tabela 7. A população Compacta x Lança apresentou altas estimativas de CEC para os caracteres fotossíntese, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub>, resultado que pode ser atribuído ao genitor Compacta apresentar alta CGC para todas as variáveis fisiológicas, (Tabela 5), enquanto o genitor Lança apresenta alta CGC para a transpiração.

A população Zeus x TMG7062 obteve altas estimativas de CEC para os caracteres fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub>, além de baixa CEC para transpiração. A concentração interna de CO<sub>2</sub> pode ser atribuída ao genitor TMG7062, que apresenta alta CGC para essa característica. Essas estimativas são desejáveis para a cultura da soja, pela obtenção de plantas com maior eficiência do uso da água, por meio de menores taxas de transpiração e maior assimilação de CO<sub>2</sub> (TEODORO et al., 2019).

A população M6410 x TMG7063 reuniu todas as estimativas desejáveis de CEC para caracteres fisiológicos: altos valores para fotossíntese, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub>, além de baixa CEC para transpiração (Tabela 7). Esses resultados podem ser atribuídos ao genitor M6410 que apresentou alta CGC para fotossíntese líquida e condutância estomática (Tabela 5). A CEC entre os genitores indica a complementação entre eles em relação à frequência de genes dominantes, informação de grande importância para o sucesso do melhoramento vegetal (BENIN et al., 2009).



**Tabela 7.** Estimativas de capacidade específica de combinação de 28 populações F<sub>2</sub> de soja para os caracteres fisiológicos fotossíntese líquida ( $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Cruzamento	$A$	$G_s$	$C_i$	$E$
Compacta x Lança	5.02	2.78	10.76	1.79
Compacta x Zeus	-0.85	2.89	13.74	0.45
Compacta x M6410	-1.95	1.44	20.41	-1.91
Compacta x NS6909	2.11	-2.13	-21.50	-0.57
Compacta x TMG7061	3.01	-1.59	-3.76	0.11
Compacta x TMG7062	-9.53	-1.33	10.61	-1.02
Compacta x TMG7063	4.07	-0.73	-23.00	-1.42
Lança x Zeus	-5.11	-1.64	-13.72	0.08
Lança x M6410	-1.61	-1.07	11.27	2.55
Lança x NS6909	2.29	-0.18	-23.23	-1.50
Lança x TMG7061	-0.67	-0.63	0.60	0.14
Lança x TMG7062	7.97	1.03	-4.22	-0.58
Lança x TMG7063	-3.18	-0.18	10.35	-0.40
Zeus x M6410	5.97	0.89	8.28	1.32
Zeus x NS6909	-2.09	-0.97	-1.76	0.25
Zeus x TMG7061	2.24	2.08	15.92	0.67
Zeus x TMG7062	1.17	-1.08	1.06	-2.26
Zeus x TMG7063	2.12	-0.24	-10.79	1.01
M6410 x NS6909	0.19	2.30	14.82	0.28
M6410 x TMG7061	-3.06	0.95	24.60	-0.56
M6410 x TMG7062	-2.56	-0.56	-20.66	0.73
M6410 x TMG7063	0.50	0.28	21.35	-1.69
NS6909 x TMG7061	-4.72	-0.47	-2.69	0.17
NS6909 x TMG7062	0.80	1.20	14.47	0.92
NS6909 x TMG7063	2.35	-0.75	-3.37	0.17
TMG7061 x TMG7062	-0.03	0.18	3.39	-0.80
TMG7061 x TMG7063	1.28	0.64	0.35	0.43
TMG7062 x TMG7063	5.99	-0.47	-23.79	0.82

As CEC de 28 populações F<sub>2</sub> de soja para os caracteres agronômicos estão contidas na Tabela 8. As populações M6410 x TMG7063 e Compacta x TMG7062 reuniram estimativas desejáveis de CEC para massa de cem grãos e produtividade. Valores elevados de CEC indicam

que o cruzamento possui um maior número de locus divergentes e, portanto, a população segregante apresentará desempenho superior ao dos pais (CRUZ et al., 2011).

As populações Compacta x NS6909 e Lança x Zeus obtiveram altas estimativas para número de dias para maturação, inserção da primeira vagem e altura de plantas. Segundo (ALMEIDA et al., 2011), a seleção de genótipos com altura de inserção da primeira vagem mínima entre 10 e 15 cm é necessária, influenciando a obtenção de cultivares com maiores valores para essa variável, apesar de não ser observada relação entre a mesma e o aumento do rendimento de grãos.

As populações Lança x NS6909 e NS6909 x TMG7061 apresentaram o maior número de ramificações. Esse efeito aditivo caracteriza a complementaridade entre os genitores, sendo importantes à escolha dos melhores pais para a formação de populações segregantes e obtenção de linhas homozigóticas (ROCHE et al., 2015). A população Lança x TMG7063 reuniu estimativas desejáveis para dias para maturação, altura de inserção da primeira vagem, número de ramificações, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Esse resultado indica que a combinação específica funcionou melhor que o esperado com base do desempenho médio dos pais, sendo resultado da dominância e outras ações gênicas não aditivas (MEBRAHTU; DEVINE, 2008).

A população Zeus x TMG7062 reuniu estimativas desejáveis para número de ramificações, massa de cem grãos e produtividade de grãos. A massa de cem vagens e a produtividade são características que definem os genótipos de soja, por ser desejável que o vegetal apresente sementes de grande tamanho (MASUDA; HARADA, 2000).

**Tabela 8.** Estimativas de capacidade específica de combinação de 28 populações F<sub>2</sub> de soja para os caracteres agronômicos dias para maturação (DM), altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm), altura de plantas (AP, cm), número de ramificações (NR), massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>).

Cruzamento	DM	AIV	AP	NR	MCG	PROD
Compacta x Lança	-0.03	0.98	2.97	-0.13	1.04	1049.71
Compacta x Zeus	1.52	0.26	-3.70	0.38	-0.02	303.33
Compacta x M6410	0.22	2.31	-2.70	0.08	1.33	-728.82
Compacta x NS6909	-2.43	-1.80	-16.29	-0.42	-4.19	-575.92
Compacta x TMG7061	0.57	0.31	8.10	-0.36	-1.18	-23.33
Compacta x TMG7062	0.72	2.02	-2.98	-0.38	1.74	1297.43
Compacta x TMG7063	-0.63	1.07	-1.93	-0.56	0.17	-353.63
Lança x Zeus	-1.53	-2.86	-18.14	-0.45	-2.64	-588.63
Lança x M6410	3.17	2.86	-5.31	0.09	-3.46	-567.16
Lança x NS6909	1.02	3.68	-0.75	1.09	-2.04	435.73
Lança x TMG7061	3.52	3.20	9.82	-0.01	2.71	189.32
Lança x TMG7062	-2.33	-2.75	13.41	-0.30	2.80	113.03
Lança x TMG7063	-1.68	-1.87	2.62	0.29	2.81	525.79
Zeus x M6410	2.72	-0.56	4.53	0.43	2.02	-281.43
Zeus x NS6909	-0.93	2.85	4.09	-0.90	1.48	192.08
Zeus x TMG7061	1.07	3.96	16.49	-0.50	-0.10	-246.79
Zeus x TMG7062	0.22	0.01	11.24	1.14	2.74	896.53
Zeus x TMG7063	-2.13	-2.28	11.12	-0.87	-3.95	55.08
M6410 x NS6909	1.77	1.32	6.42	-1.04	0.00	230.03
M6410 x TMG7061	-2.23	3.52	-9.68	-0.31	-1.18	689.61
M6410 x TMG7062	-0.08	-1.03	-6.93	0.50	-0.91	-600.43
M6410 x TMG7063	-0.43	-3.73	7.62	0.66	1.01	-293.51
NS6909 x TMG7061	-0.88	-1.91	1.56	1.19	2.33	-113.07
NS6909 x TMG7062	1.27	0.71	-0.86	0.01	-4.05	-988.29
NS6909 x TMG7063	-1.08	-3.82	-2.14	0.16	-0.28	193.69
TMG7061 x TMG7062	-2.23	-3.68	-9.29	-0.10	1.79	357.17
TMG7061 x TMG7063	2.92	-0.79	-10.91	1.23	2.69	62.68
TMG7062 x TMG7063	0.57	3.16	-4.83	-0.63	0.45	-431.17

A população NS6909 x TMG7063 apresentou as menores estimativas de dias para maturação e maiores estimativas para altura de inserção da primeira vagem e altura de plantas. (Tabela 8). A obtenção de sucesso no cruzamento entre pais com estatura média são ideais para

colheita mecanizada e qualidade das vagens colhidas, conforme observado por (MEBRAHTU; DEVINE 2008).

A população TMG7061 x TMG7062 reuniu estimativas desejáveis para dias para maturação, altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Essas variáveis apresentaram predominância de efeitos aditivos, como foi observado na tabela 6. Os efeitos aditivos para dias para maturação, altura de plantas, massa de cem grãos e produtividade indicam que os genótipos apresentaram efeito aditivo, contribuindo assim para o desenvolvimento de linhagens mais produtivas (ROCHA et al., 2019).

A população TMG7061 x TMG7063 obteve boas estimativas para altura de inserção da primeira vagem, número de ramificações e massa de cem grãos. Os bons resultados para essas variáveis indicam que a CEC proporcionou aumento no desempenho das combinações, ou seja, o desempenho das combinações híbridas ocorreu pela presença de genitores que se contrastam para esse traço, concordando com resultados obtidos por (DARONCH et al., 2014).

## CONCLUSÕES

Os melhores genitores em relação a caracteres fisiológicos foram Compacta, Lança, M6410 e TMG7061.

Os melhores genitores para caracteres agronômicos foram TMG7061, NS6909 e M6410.

Os melhores cruzamentos para caracteres fisiológicos foram Compacta x Lança, Zeus x TMG7063 e M6410 x TMG7063.

Os melhores cruzamentos para caracteres agronômicos foram Compacta x Lança, Compacta x TMG7062, Lança x TMG7062, Zeus x TMG7062, TMG7061 x TMG7062.

## REFERENCIAS

AINSWORTH, E. A. et al. Accelerating yield potential in soybean: potential targets for biotechnological improvement. **Plant. Cell. Environ.**, v. 35, p. 38-52, 2012.

ALCANTARA NETO, F. et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Comunicata Scientiae**, v. 2, p. 107-112, 2011.

ALMEIDA, R. D. et al. 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.

BAKER, R. J. Issues in diallel analysis. **Crop Sci.**, v. 18, n. 1, p. 533–536, 1978.

BENIN, G. et al. Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1145-1151, 2009.

BHERING, L. L. et al. Seleção de genitores. In: SILVA, F. L.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; LUDKE, W. (Eds). **Melhoramento da Soja**. UFV, Viçosa, 2017.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira: grãos, safra 2020/2021, nono levantamento, 2021**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Sci. Agron.**, v. 35, n. 1, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

CRUZ, M. F. A. et al. Reação de genótipos de soja à infecção natural por ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**; v. 46, n. 2, p. 215-218, 2011.

DARONCH, D. J. et al. Capacidade combinatória de soja em  $f_2$ , sob condições de cerrado tocantinense. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 688-695, 2014.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Ann. Bot.**, v. 89, p. 183-189, 2002.

GERHARDT, I. F. S. et al. Genetic effects on the efficiency and responsiveness to phosphorus use in popcorn as estimated by diallel analysis. **PloS ONE**, v. 14, n. 5, e0216980, 2019.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Austr. J. Biol. Sci.**, v. 9, n. 1, p. 463-493, 1956.

JIN, J. et al. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. **Field Crops Research**, v. 115, n. 1, p. 116-123, 2010.

LIU, G. et al. Development of yield and some photosynthetic characteristics during 82 years of genetic improvement of soybean genotypes in northeast China. **Australian Journal of Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 1416-1422, 2012.

LORENCETTI, C. et al. Genetic distance and its association with heterosis and performance of hybrids on oat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 591-598, 2006.

MASUDA R.; HARADA K. **Carbohydrate accumulation in developing soybean seeds; sucrose and starch levels in 30 cultivars for soy foods**. Proceedings of the Third International Soybean Processing and Utilization Conference 2000, p. 67-68, 2000.

MAUAD, M. et al.; Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MEBRAHTU, T.; DEVINE, T. E. Combining ability analysis for selected green pod yield components of vegetable soybean genotypes (*Glycine max*). **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 36, n. 2, p. 97-105, 2008.

MORRISON, M. J. et al. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 1, p. 780-784, 2000.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 522p.

ROCHA, M. R. et al. Combinatorial analysis of agronomic characters in soybean. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, e.028018, 2019.

ROCHE, D. Stomatal conductance is essential for high yield potential of C3 crops. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1, p 429 –453, 2015.

SAITOH, K. et al. Comparison of leaf photosynthesis between wild and cultivated types of soybean. **Plant Production Science**, v. 7, n. 3, p. 277 –279, 2004.

SEDIYAMA, T. et al. **Características agronômicas de cultivares**. In. SEDIYAMA, T. (Ed.). **Melhoramento genético da soja**. Londrina: Mecenasa, 2015. p.73-82.

SILVA, F. et al. **Melhoramento da soja**. Lavras: Ed. UFV, 2017. 563p.

TEODORO, L. P. R. et al. Understanding the combining ability for physiological traits in soybean. **PloS ONE**, v. 14, n. 5, e0226523, 2019.

TUZET, A. et al. A coupled model of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration. **Plant, Cell. Environ**, v. 26, p. 1097-1116, 2003.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production 2021**. Available in: <<https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/5q47rn72z?locale=en>>. Accessed in: 07 jul. 2021.

VENCOVSKY R. **Herança quantitativa**. In: Paterniani E (ed.) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Fundação Cargill, Piracicaba, p.135-214, 1987.