

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**PERFORMANCE COMBINATÓRIA DE GENITORES DE SOJA PARA
CARACTERES AGRONÔMICOS**

SAMUEL LEANDRO SOARES

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2021

SAMUEL LEANDRO SOARES

**PERFORMANCE COMBINATÓRIA DE GENITORES DE SOJA PARA
CARACTERES AGRONÔMICOS**

Dissertação apresentada à UniRV –
Universidade de Rio Verde, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Produção Vegetal, para
à obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2021**

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”.

Universidade de Rio Verde

Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira

Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - (CIP)

S652p Soares, Samuel Leandro

Performance combinatória de genitores de soja para caracteres agronômicos. / Samuel Leandro Soares. — 2021.
72f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo André Simon.

Coorientadora: Dra. Renata Cristina Alvares.

Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Universidade de Rio Verde – UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2021.

1. *Glycine max*. 2. Dialelo parcial. 3. Capacidade de combinação. I. Simon, Gustavo André. II. Alvares, Renata Cristina.

CDD: 633.34

SAMUEL LEANDRO SOARES

**PERFORMANCE COMBINATÓRIA DE GENITORES DE SOJA PARA
CARACTERES AGRONÔMICOS**

Dissertação apresentada à UniRV –
Universidade de Rio Verde, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em Produção
Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVAÇÃO: 03 de maio de 2021



Prof. Dr. Gustavo André Simon

Presidente da Banca Examinadora

Membro – FA/UniRV

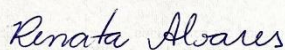


Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Membro - FA/UniRV



Prof. Dr. Fernando Higino de Lima
e Silva

Membro – IFGoiano - Rio Verde



Dra. Renata Cristina Alvares
Membro - Caraíba Genética Ltda- ME

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista primeiramente a Deus, por me guardar de todos os desafios durante esta trajetória. Aos meus pais, Divino Leandro e Maria Aparecida, que sempre me ensinaram, que as coisas mais importantes na vida são a educação e o conhecimento. A minha esposa Gabriela: pelo amor, carinho, amizade, companheirismo e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por proporcionar a realização de todos os meus sonhos.

Aos meus pais, Maria Aparecida Soares de Araújo e Divino Leandro de Araújo, pelo incentivo e por todo amor a mim dedicado.

A minha esposa, Gabriela Oliveira Martins Soares: por todo amor, carinho, companheirismo, paciência e ajuda, ao longo da minha formação acadêmica, sendo o meu suporte e minha inspiração, durante esta longa caminhada.

A minhas irmãs, Edirleny, Elizabeth e Daniela, pelo carinho e incentivo em sempre buscar o melhor.

Ao meu orientador, Gustavo André Simon: pela amizade, apoio, paciência e dedicação durante os ensinamentos.

A minha coorientadora e amiga Dra. Renata Cristina Alvares: pelo incentivo, paciência e conhecimento transferidos, durante esta caminhada.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde (UniRV), em especial aos professores, que participaram de minha formação acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições na melhoria deste trabalho.

A todos os colegas de mestrado, pela convivência e companheirismo, em especial ao grande amigo Furtunato Leão Cabral, pela parceria e contribuição, durante esta caminhada.

A empresa Caraíba Genética, pela autorização de utilização do material genético e pelo apoio incondicional, para a realização deste mestrado. Bem como, aos pesquisadores: Renato Barboza Rolim e Ricardo Magnavaca, pelo incentivo e por todo o conhecimento transferidos, durante os anos de convivência profissional.

A todos que de alguma forma contribuíram com: carinho, atenção, amizade, apoio e incentivos, para a conclusão desta importante etapa em minha vida. Deixo aqui os meus sinceros e eternos agradecimentos!

“O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará. Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas. Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.

(Salmos 23, 1:3)

“Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda”.

(Mario Sergio Cortella)

BIOGRAFIA

SAMUEL LEANDRO SOARES, filho de Maria Aparecida Soares de Araújo e Divino Leandro de Araújo, nascido dia 13 de março de 1987, no Município de Bela Vista de Goiás, Goiás. Em 2012, mudou-se para o município de Rio Verde, Goiás, 2014, ingressou no curso de Ciências Biológicas no IFGoiano (Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde), posteriormente transferindo para UniRV (Universidade de Rio Verde), concluindo o curso em dezembro de 2018. Iniciou no curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela UniRV (Universidade de Rio Verde), em fevereiro de 2019, sendo realizado por 27 meses, defendendo a dissertação, no dia 03 de maio de 2021.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO GERAL	xiv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	3
CAPÍTULO I	5
PERFORMANCE COMBINATÓRIA DE GENITORES DE SOJA E POPULAÇÕES F ₁ DE SOJA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS	5
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4. CONCLUSÕES	25
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II	29
PERFORMANCE COMBINATÓRIA DE GENITORES E POPULAÇÕES F ₂ DE SOJA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS	29
RESUMO.....	29
ABSTRACT.....	30
1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAL E MÉTODOS	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4. CONCLUSÕES	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Descrição dos genitores de soja utilizados em cruzamentos em esquema de dialelo parcial (5x5).....	9
TABELA 2	Quadrados médios das análises de variância dialélica parcial para dias para florescimento (DPF), altura de plantas no florescimento (APF), dias para maturação (DPM), altura de plantas na maturação (APM), número de nós produtivos (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila “a e b” (TCab), massa de cem sementes (MCS) e produtividade de grãos em g planta ⁻¹ (PG), avaliados na geração F ₁ , oriundos de cruzamentos envolvendo dez cultivares de soja em esquema dialelo parcial. Rio Verde – GO, 2020.....	13
TABELA 3	Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott (p<0,05), para as variáveis: dias para florescimento (DPF) e altura de plantas no florescimento (APF), referentes a vinte e cinco populações F ₁ de soja e seus respectivos genitores.....	15
TABELA 4	Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott (p<0,05), para as variáveis: dias para maturação (DPM) e altura de plantas na maturação (APM), referentes a vinte e cinco populações F ₁ de soja e seus respectivos genitores.....	17
TABELA 5	Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott (p<0,05), para as variáveis: altura da inserção da primeira vagem (AIPV) e número de nós por planta (NNP), referentes a vinte e cinco populações F ₁ de soja e seus respectivos genitores.....	20
TABELA 6	Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott (p<0,05), para as variáveis: número de vagens por planta (NVP) e teor de clorofila a e b (TCab), referentes a vinte e cinco populações F ₁ de soja e seus respectivos genitores.....	22

TABELA 7	Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$), para a variável produtividade de grãos g planta^{-1} (PG), referentes a vinte e cinco populações F_1 de soja e seus respectivos genitores.....	25
TABELA 8	Descrição dos genitores de soja utilizados em cruzamentos em esquema de dialelo parcial (5x5).....	34
TABELA 9	Resumo das análises de variância conjunta para dias para florescimento (DPF), altura de plantas no florescimento (APF), dias para maturação (DPM), altura de plantas na maturação (APM), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila “a e b” (TCab), massa de cem sementes (MCS) e produtividade de grãos em g planta^{-1} (PG), referentes a dez genitores de soja e 25 combinações híbridas, provenientes de cruzamento em esquema dialelo parcial.....	38
TABELA 10	Estimativas médias de capacidade geral de combinação (CGC) em duas épocas de semeadura, para as variáveis dias para florescimento (DPF), altura de plantas no florescimento (APF), altura de plantas na maturação (APM), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila a e b (TCab) e massa de cem sementes (MCS), referentes a genitores de soja no Município de Rio Verde, GO.....	40
TABELA 11	Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) em duas épocas de semeadura, para as variáveis dias para maturação (DPM) e altura de plantas na maturação (APM), referentes a genitores de soja no Município de Rio Verde, GO.....	43
TABELA 12	Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) em duas épocas de semeadura, para as variáveis massa de cem sementes (MCS) e produtividade de grãos em g planta^{-1} (PG), referentes a genitores de soja no Município de Rio Verde, GO.....	45
TABELA 13	Estimativas médias de capacidade específica de combinação (CEC), para as variáveis: dias para florescimento (DPF), altura de planta no florescimento	

	(APF), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila a e b (TCab) e massa de cem sementes (MCS) referentes a vinte e cinco populações F ₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.....	48
TABELA 14	Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) em duas épocas de semeadura, para a variável dias para maturação (DPM), referentes a vinte e cinco populações F ₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.....	51
TABELA 15	Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) em duas épocas de semeadura, para a variável altura de plantas na maturação (APM), referentes a vinte e cinco populações F ₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.....	52
TABELA 16	Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) em duas épocas de semeadura, para a variável produtividade de grãos, em g planta ⁻¹ (PG), referentes a vinte e cinco populações F ₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.....	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Precipitação pluviométrica, temperatura máxima (T° máx) e temperatura mínima (T° min), observados nos anos de 2019/2020, em Rio Verde, Goiás. O1, O2 e O3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de outubro; N1, N2 e N3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de novembro; D1, D2 e D3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de dezembro; J1, J2 e J3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de janeiro; F1, F2 e F3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de fevereiro; M1, M2 e M3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de março.....	48
-----------------	---	----

RESUMO GERAL

SOARES, S. L., M.Sc., UniRV – Universidade de Rio Verde, maio de 2021.
Performance combinatória de genitores de soja para caracteres agrônômicos.
Orientador: Prof. Dr. Gustavo André Simon. Coorientadora: Dra. Renata Cristina Alvares.

O principal objetivo dos programas de melhoramento da cultura da soja é o aumento de produtividade. Neste contexto, a hibridação é a técnica mais adotada para gerar variabilidade genética, e a escolha dos genitores é a maior dificuldade enfrentada, por pesquisadores, visto que, não existe correlação entre o desempenho *per se* do genitor e suas proles. Uma alternativa para auxiliar no momento da escolha de genitores são os cruzamentos dialélicos, que consistem em um conjunto de cruzamentos oriundos de um ou dois grupos de genitores, e provê informações, sobre o potencial do genitor e suas respectivas combinações. A limitação do uso na análise dialélica está no número de cruzamentos necessários, para a avaliação da geração F_1 , portanto, o uso da geração F_2 pode ser uma alternativa para contornar o problema. Objetivou-se avaliar os efeitos de capacidade combinatória de dez genitores de soja nas gerações F_1 e F_2 , no município de Rio Verde, Goiás. Com as sementes F_1 implantou-se em casa de vegetação um experimento empregando-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Com as sementes F_2 implantou-se dois experimentos, em condições de campo empregando-se delineamento de blocos casualizados, ambos com quatro repetições, em duas épocas de semeadura. Avaliou-se altura de plantas na floração e maturação, número de dias na floração e maturação, número de nós e vagens por planta, teor de clorofila “a e b”, massa de cem sementes e produtividade de grãos. Para análise dialélica adotou-se o modelo 2 de Griffing (1956), adaptado a dialelos parciais. Verificou-se predominância de efeitos gênicos aditivos, para todas as características, em ambas as gerações, com exceção a variável produtividade de grãos, que para a geração F_1 , houve predominância de efeitos gênicos não aditivos. Para o experimento F_1 , verificou-se que os genitores que apresentaram boa estimativa de capacidade geral de combinação, contribuíram para maximizar a expressão das variáveis massa de cem sementes, número de vagens, por planta e altura de plantas na floração e maturação. Ainda com relação ao experimento F_1 , para a variável produtividade de grãos, as combinações NS 4823 RR x CG 7370 RR e SYN 1163 RR x CG 7370 RR destacaram-se por apresentarem: as maiores médias, as maiores estimativas de capacidade específica de combinação e por possuírem em sua genealogia o genitor CG 7370 RR, que apresenta a maior estimativa de capacidade geral de combinação. Na geração F_2 , evidenciou-se efeito significativo para a interação capacidade geral x ambientes para as variáveis: dias para maturação, altura de plantas na maturação, massa de cem sementes e produtividade de grãos. O genitor CG 7370 RR apresentou estimativas positivas de capacidade geral de combinação para as variáveis: dias para maturação, altura de plantas na maturação e número de vagens por planta. Para a variável produtividade de grãos, o cruzamento CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR destacou-se por apresentar o genitor CG 7262 RR com a maior estimativa de capacidade geral de combinação dentro do grupo I e o genitor FMT Anta 82 RR, com estimativas positivas de capacidade geral de combinação, em ambos os experimentos.

Palavras-chave: *Glycine max*, dialelo parcial, efeito aditivo, capacidade geral, capacidade específica.

GENERAL ABSTRACT

SOARES, S. L., M.Sc., UniRV – Universidade de Rio Verde, february 2021.
Combinatory performance of soybean parents for agronomic traits. Advisor: Prof. Dr. Gustavo André Simon. Co-advisor: Dra. Renata Cristina Alvares.

The main objective of soybean breeding programs is to increase productivity. In this context, hybridization is the most adopted technique to result in genetic variation, and the choice of parents is the greatest difficulty faced by researchers, since there is no correlation between the performance of the genitor itself and his offspring. An alternative to assist the choice of parents is the diallele breeding, which consists in a set of crosses from one or two groups of parents and provides information from the potential of the parent and their respective combinings. The limitation on the usage of diallelic analysis is in the number of crossings necessary to evaluate the F_1 generation, therefore, the use of the F_2 generation can be an alternative to work around this problem. This work aimed to evaluate the effects of the combinatorial capacity of ten soybean parents in F_1 and F_2 generations, in the city of Rio Verde, Goiás. With the F_1 seeds, an experiment was implemented in a greenhouse using a completely randomized designs, with five repetitions. Using F_2 seeds, two experiments were implemented in field conditions using a randomized block designs, both with four replications, in two sowing times. Plant height in flowering and maturity, number of days at flowering and maturation, number of knots and pods per plant, chlorophyll content “a and b”, one hundred seeds mass and grain productivity were evaluated. For diallelic analysis, Griffing's model 2 (1956) was adopted, adapted to partial diallele. There was a predominance of additive gene effects for all traits in both generations, with the exception of the grain productivity variables, which for F_1 generation, there was a predominance of non-additive gene effects. For F_1 experiment, it was found that the parents who had a good estimate of general combining ability, also contributed to maximize the expression of the variables on one hundred seeds mass, number of pods per plant and plant height in flowering and maturity. Still related to F_1 experiment, for the variable grain productivity, the combinations NS 4823 RR x CG 7370 RR and SYN 1163 RR x CG 7370 RR stood out for showing the highest averages, the highest estimates of specific combining capacity and having in its genealogy the parent CG 7370 RR, which has the highest estimate of overall combining ability. In F_2 generation, there was a significant effect on interaction between general capacity x environments variables, days to maturation, plant height at maturation, one hundred seeds mass and grain yield. The parent CG 7370 RR showed positive estimates of general combining ability for the variables, days to maturity, height of plants at maturity and number of pods per plant. For the grain productivity variables, the cross CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR stood out for presenting the parent CG 7262 RR with the highest estimate of general combining ability within group I and the parent FMT Anta 82 RR with positive estimates of general combining ability in both experiments.

Keywords: *Glycine max*, partial diallele, additive effect, general capacity, specific capacity.

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja (*Glycine max* (L). Merrill) é a base para a alimentação da população mundial, seja de forma direta, como fonte de óleo e proteína, ou de forma indireta, presente na alimentação animal, e o Brasil caracteriza-se como o maior produtor da oleaginosa, destacando-se também, como maior exportador do grão. No mundo, as estimativas apontam uma produção de 361 milhões de toneladas, sendo que para o Brasil a estimativa de produção na safra 2020/2021 é de 133 milhões de toneladas, representando 37% da produção mundial (USDA, 2021).

A região Centro-Oeste é a maior produtora de soja, sendo responsável por produzir 44,8% da produção nacional, com aproximadamente 59,7 milhões de toneladas, e o estado de Goiás enquadra-se como o segundo maior produtor da oleaginosa da região, com produção de 12,7 milhões de toneladas, na safra 2020/2021 (IBGE, 2021).

Ainda em se tratando da Região Centro-Oeste, o sistema de cultivo que predomina é a sucessão soja-milho, com aproximadamente 9,7 milhões de hectares na safra 2020/2021 (CONAB, 2021). Diante deste contexto, cultivares de soja com boa performance agrônômica e que apresentem precocidade satisfatória são preferidas por agricultores dessa região, principalmente, por proporcionarem a instalação da segunda safra (safrinha de milho) ainda dentro da melhor janela de semeadura.

Com o aumento populacional, incrementos de produtividade devem ser adicionados as culturas, em especial a cultura da soja. Neste aspecto, uma das formas passíveis de alcançar maiores rendimentos é através do melhoramento genético. Com o melhoramento da soja busca-se ganhos por seleção, aumentando o nível de frequência alélica favorável para determinada característica. Segundo Ramalho e Araújo (2011), nas últimas três décadas o aumento de produtividade alcançado nas principais culturas autógamas é atribuído ao melhoramento genético.

A técnica da hibridação é a principal estratégia adotada quando deseja-se acrescentar uma característica, em uma cultivar elite ou gerar populações com variabilidade genética, para características de interesse, e assim selecionar novos genótipos (MATSUO et al., 2015). Porém, a escolha de genitores ainda é um desafio aos pesquisadores, visto que, o desempenho das populações segregantes não está relacionado com o desempenho do genitor (Hallauer et al., 2010).

Dentre as etapas de um programa de melhoramento genético, a escolha dos genitores e o planejamento dos intercruzamentos podem determinar o futuro de um programa. O sucesso

no desenvolvimento de novas cultivares está associado ao potencial das populações segregantes que devem possuir média elevada e o máximo de variabilidade genética para características de interesse. Conforme Daronch et al. (2014), a evolução de um programa de melhoramento é dependente da eficiência da escolha dos genitores, que ao serem inter cruzados produzam populações segregantes com potencial para extração de progênes superiores.

Dentre as várias possibilidades de predizer o potencial genético dos genitores e populações segregantes, destaca-se o uso da análise dialélica, que pode fornecer estimativas que são úteis, em programas de melhoramento.

Inicialmente, os cruzamentos dialélicos foram propostos por Sprague e Tatum (1942), com os conceitos de capacidade geral e específica de combinação. Conforme avançaram os conhecimentos sobre estatística e melhoramento, novos modelos para interpretar os cruzamentos em esquema dialélico foram propostos por Griffing (1956), com foco no estudo dos efeitos de capacidade geral e específica de combinação, Gardner e Eberhart (1966), enfocando no estudo pormenorizado da heterose e Hayman (1954), priorizou o estudo do controle genético das características.

Segundo Menezes et al. (2017), os parâmetros de capacidade geral e específica de combinação são importantes para caracterizar qualidades genéticas dos genótipos, para um grupo de genitores testados.

A capacidade geral de combinação está associada a genes predominantemente com efeito aditivo, e fornece informações da contribuição média de cada genitor envolvido em uma combinação. Por outro lado, a capacidade específica de combinação está associada a genes predominantes com efeito não aditivo, ou seja, os desvios da dominância, e por sua vez fornecer informações sobre a combinação híbrida, sendo indício da superioridade ou inferioridade de uma determinada população, em relação ao que é esperado, com base apenas, na capacidade geral de seus parentais (Cruz et al., 2014).

Geralmente, o uso de análise dialélica em soja é implantado na geração F_2 , sendo obtido maior número de sementes, com a autofecundação da geração F_1 , proporcionando condições de conduzir experimentos com maior número de repetições (Friedrichs et al., 2016).

Uma situação que deve ser considerada ao avaliar a geração F_2 é a possibilidade de perdas de informações provocadas pelo aumento de frequência de *locus* em homozigose. Segundo Pimentel et al. (2013), ao avaliar a geração F_2 pode ocorrer perdas de informações da capacidade específica de combinação, devido a redução do efeito de dominância ocorrido a cada geração de autofecundação.

Por outro lado, a análise dialélica em soja na geração F_1 pode fornecer estimativas enviesadas e com erros, visto que, o número de cruzamentos para implantar experimentos com maior número de repetições pode ser um fator limitante (Teodoro et al., 2019). Uma alternativa plausível para estudos envolvendo a geração F_1 , é o uso de dialelos parciais, em que é possível avaliar os genitores de dois grupos, sendo as inferências feitas para cada grupo (Cruz et al., 2014).

Visto a importância de estimar o potencial de genitores e respectivas combinações híbridas, objetivou-se estimar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação nas gerações F_1 e F_2 de soja, através do uso do esquema dialelo parcial, sem o uso de recíprocos.

REFERÊNCIAS

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Observatório Agrícola: Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 8, n.8, 115p, 2021.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P. C.C S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. Ed. Ver. e ampl. Viçosa: UFV, 668p., 2014.

DARONCH, D. J.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; NASCIMENTO, M. O. Capacidade combinatória de cultivares de soja em F_2 , sob condições de Cerrado Tocantinense. **Bioscience Journal**. v. 30, n. 2, pag. 688-695, 2014.

FRIEDRICH, M. R.; BURTON, J. W.; BROWNIE, C. Heterosis and genetic variance in soybean recombinant inbred line populations. **Crop Science**. v. 56, pag. 2072–2079, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.11.0702>

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, North Carolina, v. 22, p. 439-452, 1966.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel-crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, V. 9: p. 463-493, 1956.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. Quantitative genetics in Maize breeding, 3 ed. USA: Springer, 2010.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Austin, v. 39, p. 789-809, 1954.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Estatística da produção agrícola**. IBGE, 2021, 94p.

MATSUO, É.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, S. C.; GLASENAPP, P. S. Híbridação. In SEDIYAMA, T. (ed) **Melhoramento genético da soja**. Londrina: Mecenass, p. 57-72, 2015.

MENEZES, C.B de.; SANTOS, C.V dos.; SALDANHA, D.C.; JÚLIO, P.M.; SILVA, K.J da.; SILVA, C.H.T e.; RODRIGUES, J.A.S. Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p. 509-523, 2017.

PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G.; SOUZA, M. A.; MOURA, L. M.; ASSIS, J. C.; MACHADO, J. C. Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 113-121, 2013.

RAMALHO, M. A. P.; ARAÚJO, L. C. A. Breeding self-pollinated plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 1-7, 2011.
DOI: 10.1590/S1984-70332011000500002.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**. p. 923-942, 1942.

TEODORO, L. P. R.; BHERING, L. L.; GOMES, B. E. L.; CAMPOS, C. N. S.; BAIO, F. H. R.; GAVA, R.; JÚNIOR, C. A. S.; TEODORO, P. E. Understanding the combining ability for physiological traits in soybean. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, p. 1-13, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226523>.

USDA – United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Circular series, n.1, 38 p., 2021.

Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em 16 de janeiro de 2021.

CAPÍTULO I

PERFORMANCE COMBINATÓRIA DE GENITORES DE SOJA E POPULAÇÕES F₁ DE SOJA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS

RESUMO

O melhoramento da cultura da soja é de fundamental importância visto que a demanda por produção de alimentos é crescente. Dentre as etapas de um programa de melhoramento, a escolha dos genitores é de suma importância e pode ser fator determinante para o sucesso. Neste contexto, diferentes estratégias são propostas para auxiliar o pesquisador na tomada de decisões. A análise dialélica tem sido proposta para diversas culturas, sendo possível prever o potencial das populações bem como, inferir sobre a capacidade combinatória de genitores. Objetivou-se através da análise dialélica estimar a capacidade combinatória de dez genitores de soja, e respectivos híbridos na geração F₁. Os dez genitores foram divididos em dois grupos, sendo cultivares com flor roxa e branca para grupo I e II, respectivamente. Foram realizadas hibridações em esquema dialelo parcial (5x5), sem recíprocos, utilizando os genitores do grupo II como receptores de pólen. O experimento foi conduzido, durante a safra 2019/2020, em condições de casa de vegetação, no Município de Rio Verde, Goiás. Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. As variáveis analisadas foram: dias para florescimento, altura de plantas no florescimento, dias para maturação, altura de plantas na maturação, número de nós, número de vagens por planta, teor de clorofila “a e b”, massa de cem sementes e produtividade de grãos em g planta⁻¹. Os dados foram submetidos a análise de variância, com posterior agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$). A análise dialélica foi realizada empregando-se o método 2 de Griffing, adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988). Verificou-se predominância de efeitos gênicos aditivos, no controle das variáveis analisadas na geração F₁, com exceção a variável produtividade de grãos, sendo verificados efeitos gênicos não aditivos controlando a expressão da característica. Os genitores SYN 1163 RR e CG 7370 RR apresentaram boa complementariedade para a variável produtividade de grãos. Com relação a variável dias para maturação a combinação NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR destacou-se por apresentar estimativa negativa de capacidade específica de combinação, e possuir em sua genealogia os dois genitores, com estimativas negativas de capacidade geral de combinação, além de apresentar média inferior às médias de seus parentais.

Palavras-chave: dialelo, *Glycine max*, efeito aditivo, capacidade geral, capacidade específica.

CHAPTER I

COMBINATORY PERFORMANCE OF SOYBEAN GENITORS AND F₁ SOYBEAN POPULATIONS FOR AGRONOMIC CHARACTERS

ABSTRACT

The improvement of soybean crop is fundamentally important since the demand for food production is growing. Among the stages of an improvement program, choosing parents is vitally important and can be a determining factor for success. In this context, different strategies are proposed to assist the researcher in decision-making. Diallelic analysis has been proposed for several cultures, making it possible to predict the potential of populations as well as to infer on the combinatorial capacity of parents. The objective of the diallelic analysis was to estimate the combinatorial capacity of ten soybean parents, and their respective hybrids in F₁ generation. The ten parents were divided into two groups, with purple and white flower cultivars for groups I and II, respectively. Hybridizations were carried out in a partial diallele scheme (5x5), without reciprocal, using the group II parents as pollen receptors. The experiment was conducted during 2019/2020 harvest, under greenhouse conditions, in the city of Rio Verde, Goias. A completely randomized blocks design was used, with five replications. The variables analyzed were: days to flowering, plant height at flowering, days for maturation, plant height at maturity, number of nodes, number of pods per plant, chlorophyll content "a and b", one hundred seeds mass and grain productivity in g plant⁻¹. The data were subjected to variance analysis, with subsequent grouping of Scott-Knott means ($p < 0.05$). The diallelic analysis was performed using Griffing's method 2, adapted by Geraldi and Miranda Filho (1988). There was a predominance of additive gene effects in the control of the variables analyzed in F₁ generation, except grain productivity variables, where non-additive gene effects were verified controlling the expression of the characteristic. The parents SYN 1163 RR and CG 7370 RR showed good complementarity for grain productivity variables. Regarding the variable days to maturation, the combination NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR stood out for presenting a negative estimate of specific combining ability, and having in its genealogy the two parents with negative estimates of general combining ability, in addition to presenting average lower than the average of their parents.

Keywords: diallele, *Glycine max*, additive effect, general capacity, specific capacity.

1. INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento de novas cultivares é demandado um período de seis a oito anos, sendo desenvolvidas várias etapas de melhoramento, como por exemplo: as hibridações, condução de populações segregantes e testes de produtividade. Diante da necessidade de tempo para um ciclo de melhoramento, a escolha de genitores e o planejamento de como estes serão inter cruzados são etapas que podem determinar o sucesso de um programa de melhoramento.

A hibridação é um dos processos de maior importância, dentro de um programa de melhoramento, sendo a responsável por gerar variabilidade genética do cruzamento entre genitores contrastantes, e ser determinante para obtenção de sucesso no desenvolvimento de novos genótipos. Segundo Daronch et al., (2014), o sucesso de um programa de melhoramento é condicionado pela eficiência na escolha dos genitores que serão responsáveis por formarem populações segregantes promissoras.

Após a seleção dos genitores, as hibridações são realizadas com intuito de obter populações segregantes com máximo de variabilidade genética, e elevado potencial para extração de linhagens superiores, durante os processos de seleção. A avaliação prévia do potencial genético dos genitores permite a ampliação da variabilidade genética e consequentemente, maiores ganhos genéticos podem ser alcançados (Rocha et al., 2019).

A característica produtividade de grãos por apresentar natureza quantitativa, exige que o pesquisador trabalhe grandes populações, aumentando a probabilidade de obter indivíduos com a maioria dos alelos de interesse. Por outro lado, pode-se trabalhar com maior número de populações e aumentar a variabilidade genética, dentro do programa de melhoramento, aumentando a probabilidade de sucesso (Rocha et al., 2018).

Visando aumentar a eficiência dos programas de melhoramento, técnicas biométricas foram desenvolvidas, com intuito de auxiliar os pesquisadores, no momento da escolha dos genitores. Dentre as várias metodologias para escolha de genitores, a análise dialélica foi proposta em pesquisas na cultura do feijão (Rocha et al., 2014), trigo (Farooq et al., 2014), sorgo (Menezes et al., 2017), soja (Umar et al., 2017; Pereira et al., 2018), dentre outras de interesse agrônomo, sendo possível prever o potencial das populações bem como inferir sobre a capacidade combinatória de genitores (Griffing, 1956). A análise dialélica permite ainda prover informações detalhadas sobre a heterose das populações híbridas (Gardner e Eberhart, 1966) e sobre a herança do carácter (Hayman, 1954).

Através da metodologia proposta por Griffing (1956), é possível estimar os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). A

magnitude dos efeitos de CGC e CEC são indicativos da importância relativa de ação gênica de efeito aditivo e não aditivo, na herança de um caráter, respectivamente (Bi et al., 2015). Essas estimativas podem subsidiar a tomada de decisão do pesquisador, haja vista que, com base no conhecimento de diferentes estratégias podem ser adotadas, durante a condução das populações segregantes.

A CGC está relacionada a frequência de alelos que estão envolvidos no controle de uma característica em um dado genitor e pode indicar superioridade ou inferioridade do genitor (ROCHA et al., 2019). Já a CEC está associada a divergência genética, entre os genitores, e infere sobre o potencial das combinações híbridas, caracterizadas pela complementariedade entre os parentais, em relação a frequência de alelos com dominância (Rocha et al., 2018).

Em soja, a limitação prática do uso da análise dialélica é o pequeno número de sementes obtidas na geração F_1 , necessitando da realização de muitos cruzamentos, para avaliação de um pequeno número de populações e genitores. Uma alternativa para contornar essa limitação é o uso de cruzamentos, em esquema dialelo parcial, envolvendo dois grupos de genitores e respectivas populações híbridas, como proposto por Geraldi e Miranda Filho (1988). Os dialelos parciais permitem a avaliação de p genitores do grupo I, q genitores do grupo II, e pq combinações híbridas (Cruz et al., 2014).

A análise dialélica associada ao dialelo parcial realiza a decomposição da soma de quadrado de tratamentos, em capacidade combinatória, inferindo sobre a performance *per se* dos parentais e fornece indícios do potencial genético das populações. Visto a importância de estimar parâmetros genéticos, em gerações iniciais dos programas de melhoramento, objetivou-se avaliar os efeitos de capacidade de combinação de dez genitores de soja, e respectivas combinações híbridas na geração F_1 , oriundos de cruzamentos em esquema de dialelo parcial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estimar os efeitos da capacidade combinatória, em fevereiro de 2019 foram selecionadas dez cultivares de soja levando em consideração o marcador morfológico cor da flor, e com ciclo variando de noventa a cento e dez dias, no Município de Rio Verde, GO. As cultivares foram divididas em dois grupos de genitores (Tabela 1), sendo que, foram alocados os genitores de cor de flor roxa e branca, nos grupos I e II, respectivamente. Os dez genitores foram semeados em vasos com capacidade de 12 dm³. Escalonou-se a semeadura a cada cinco dias, com o intuito de garantir sincronismo de florescimento no

momento das hibridações, para isto, os genitores foram semeados em quatro épocas de semeadura.

Tabela 1 – Descrição dos genitores de soja utilizados em cruzamentos em esquema de dialelo parcial (5x5).

Cultivar	Cor da flor	GMR*	Grupo
NA 5909 RG	roxa	6.9	I
NS 4823 RR	roxa	4.8	I
SYN 1163 RR	roxa	6.3	I
PRE 6336 RR	roxa	6.4	I
CG 7262 RR	roxa	7.2	I
BMX Desafio RR	Branca	7.4	II
FMT Anta 82 RR	Branca	7.4	II
TMG 7262 RR	Branca	6.2	II
BRSGO 6959 RR	Branca	6.9	II
CG 7370 RR	Branca	7.3	II

*GMR: Grupo de maturidade relativa apresentado pelos respectivos obtentores.

Os genitores foram inter cruzados em esquema de dialelo parcial (genitores do grupo I x genitores do grupo II), sem cruzamentos recíprocos. No momento das hibridações priorizou-se como genitores receptores de pólen, as cultivares que apresentaram cor de flor branca. Adotou-se esta estratégia visando eliminar plantas oriundas de autofecundação na geração F₁, visto que, a cor de flor roxa apresenta dominância completa, em relação a cor de flor branca, ou seja, na geração F₁, todas as plantas oriundas de cruzamentos devem apresentar a cor de flor roxa.

Após a colheita das vagens cruzadas (geração F₁) implantou-se um experimento com trinta e cinco tratamentos, sendo, vinte e cinco combinações híbridas, e seus respectivos genitores. O experimento foi semeado em vasos plásticos de 12 dm³, no dia doze de dezembro de 2019, utilizando-se as estruturas de casa de vegetação (17°44'24,9" S e 50°57'31,4" O, a 853 m de altitude). Para realizar a semeadura utilizou-se dois furos com três cm de profundidade, em lados opostos do vaso, e em cada orifício procedeu-se a semeadura de duas sementes. Para garantir a igualdade do número de plantas por tratamento, cinco dias após a emergência das plântulas realizou-se a técnica de desbaste, deixando apenas uma planta, por orifício, totalizando duas plantas por vaso.

A correção da fertilidade do solo utilizado foi realizada mediante amostragem e interpretação da análise, com posterior correção. Durante a condução do experimento foi realizada irrigação diária, sempre suprimindo a demanda hídrica da cultura da soja, sem deixar ocorrer restrições hídricas. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com recomendações técnicas para a cultura da soja.

Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo que, cada unidade experimental foi constituída, por um vaso com duas plantas, e o valor de cada tratamento foi representado pela média das duas plantas.

As variáveis analisadas foram: dias para florescimento (DPF): período em dias compreendido, entre a emergência das plântulas ao surgimento da primeira flor, na haste principal (estádio R1), altura de plantas no florescimento (APF): distância em centímetros do nível do solo ao ápice da planta no momento da floração. A avaliação foi realizada com o auxílio de uma régua graduada, dias para maturação (DPM): período em dias compreendido entre a emergência das plântulas a maturação fisiológica das sementes (estádio R8), altura de plantas na maturação (APM): distância em centímetros do nível do solo ao ápice da planta no momento da maturação. A avaliação foi realizada com auxílio de uma régua graduada, número de nós por planta (NNP): contagem do número de nós produtivos realizada na haste principal, número de vagens por planta (NVP): contagem do número total de vagens de cada planta, estando estas vagens inseridas na haste principal ou em ramificações, teor de clorofila “a e b” (TCab): tomada com auxílio do aparelho Clorofilog Falker 1030, aos trinta dias após a emergência das plântulas, no terceiro trifólio totalmente expandido do ápice para a base da planta, sempre tomando as medidas no folíolo central como descrito por Yokoyama et al. (2018), massa de cem sementes (MCS): após as vagens serem debulhadas, realizou-se a contagem de cem sementes, e empregou-se a pesagem destas, com auxílio de balança de precisão, produtividade de grãos em gramas planta⁻¹ (PG): após a contagem das vagens, estas foram debulhadas, e as sementes de cada planta pesadas individualmente, com auxílio de uma balança de precisão.

Para as avaliações baseadas na fenologia de desenvolvimento da planta, adotou-se a descrição fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977).

Os dados foram previamente submetidos a análise de variância, posteriormente prosseguiu-se com agrupamento de médias pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A análise dialélica foi realizada de acordo com modelo 2 proposto por Griffing (1956), com adaptação a dialelos parciais realizada por Geraldi e Miranda Filho (1988), seguindo o modelo estatístico apresentado na equação 1:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2} (d1 + d2) + g_i + g_j + S_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Sendo, Y_{ij} : média do cruzamento envolvendo o genitor i do grupo I e o genitor j do grupo II; μ : média geral do dialelo; $d1 + d2$: contraste envolvendo as médias dos grupos I e II, e a média geral; g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo I; g_j : capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do grupo II; S_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação; ϵ_{ij} : erro médio experimental.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com emprego do software estatístico Genes (CRUZ, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância revelou efeito significativo ($p < 0,01$) para a fonte de variação tratamentos para todas as variáveis analisadas (Tabela 2), demonstrando haver variabilidade genética entre os genitores e respectivas populações híbridas F_1 . Segundo classificação sugerida por Pimentel-Gomes (2009), a precisão experimental variou de média a alta, com valores de coeficiente de variação oscilando de 4,1 a 18,2% para as variáveis, dias para maturação e produtividade de grãos, respectivamente.

A análise dialélica revelou efeito significativo ($p < 0,05$) para fonte de variação grupos para todas as variáveis analisadas, com exceção às variáveis altura de plantas no florescimento, altura de plantas na maturação e teor de clorofila “a e b” (Tabela 2). A detecção de efeito significativo para fonte de variação grupos demonstra haver pelo menos um genitor, em um grupo que difere em concentração alélica, de pelo menos um genitor do outro grupo do dialelo.

As estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação fornecem informações sobre a concentração gênica predominantemente com efeitos aditivos, e podem subsidiar programas de melhoramento no momento da escolha dos genitores (CRUZ et al., 2014). Para capacidade geral de combinação do grupo I (CGC I) observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para todas as variáveis, com exceção a variável massa de cem sementes (Tabela 2). Para capacidade geral de combinação do grupo II (CGC II) observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para todas as variáveis, com exceção as variáveis, dias para florescimento e teor de clorofila “a e b”, sugerindo que dentre os genitores do grupo II, não houve concentração alélica diferencial para as duas características cujos valores não foram observados efeito significativo.

Os efeitos de capacidade específica de combinação fornecem informações sobre genes com efeitos não aditivos, e são estimados como desvio do comportamento do híbrido em razão do que era esperado com base apenas na capacidade geral de combinação de seus genitores (Cruz et al., 2014). Para a fonte de variação CEC, observou-se efeito significativo, para todas as variáveis analisadas (Tabela 2).

A razão entre CGC/CEC com estimativas de maior magnitude para CGC indica predominância de efeitos gênicos aditivos, no controle de tal característica, por outro lado, se valores de maior magnitude forem observados para CEC, há predominância de efeitos gênicos não aditivos, no controle da característica (GUO et al., 2015).

Observou-se influência predominantemente de efeitos gênicos aditivos, para todas as características avaliadas, com exceção a variável produtividade de grãos, que apresentou estimativa de maior magnitude para CEC, indicando maior influência de efeitos gênicos não aditivos, no controle dessa característica. Rocha et al. (2019), demonstraram importância de efeitos gênicos aditivos no controle da característica produtividade de grãos avaliando populações F_2 obtidas através de cruzamentos em esquema dialélico. A discordância entre os resultados, pode ser explicada, por uma geração de autofecundação, visto que este estudo priorizou avaliar na geração F_1 , o que indicou maior complementariedade entre os genitores, evidenciando o efeito de dominância para produtividade de grãos. Segundo Ramalho et al. (2012), os valores observados para o tipo de interação de dominância na geração F_2 são sempre diferentes da média da geração F_1 , em virtude do surgimento de homozigotos recessivos, revelando fenótipos inferiores aos observados, na geração anterior.

Tabela 2 - Quadrados médios das análises de variância dialélica parcial para dias para florescimento (DPF), altura de plantas no florescimento (APF), dias para maturação (DPM), altura de plantas na maturação (APM), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila “a e b” (TCab), massa de cem sementes (MCS) e produtividade de grãos em g planta⁻¹ (PG), avaliados na geração F₁, oriundos de cruzamentos envolvendo dez cultivares de soja em esquema dialelo parcial. Rio Verde – GO, 2020.

FV	GL	Quadrados Médios								
		DPF	APF	DPM	APM	NNP	NVP	TCab	MCS	PG
Tratamentos	34	26,3**	100,3**	87,6**	655,4**	17,3**	706,6**	24,0**	8,6**	353,8**
Grupos	1	87,4**	38,0 ^{ns}	206,1**	0,1 ^{ns}	17,1*	5277,8**	9,3 ^{ns}	26,7**	127,4*
CGC ¹ I	4	24,3**	244,9**	255,1**	2457,5**	28,9**	695,9**	35,6*	3,8 ^{ns}	142,4**
CGC ² II	4	2,23 ^{ns}	384,6**	218,8**	426,3**	60,3**	503,7**	25,0 ^{ns}	18,3**	359,1**
CEC ³	25	9,2*	34,12**	35,1*	430,0**	8,5**	558,0**	22,6**	7,1**	395,9**
Resíduo	105	5,4	11,4	1,7	65,8	3,2	140,3	10,4	1,9	25,8
Média		34,8	22,7	109,6	66,4	15,1	68,9	30,0	16,4	28,0
CV (%)		6,7	14,9	4,1	12,2	11,9	17,2	10,7	8,3	18,2

^{ns}, ** e *, valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

¹CGC I: Capacidade geral de combinação grupo I; ²CGC II: Capacidade geral de combinação grupo II; ³CEC: Capacidade específica de combinação.

Em relação a capacidade geral de combinação observada para dias de florescimento, as cultivares pertencentes ao grupo I, que apresentaram menores estimativas foram NS 4823 RR (-1,7) e CG 7262 RR (-2,0). Já para o grupo II, as cultivares BMX Desafio RR e FMT Anta 82 RR apresentaram estimativas negativas de maior magnitude de CGC, com valores de -0,3 e -0,5, respectivamente (Tabela 3). Em programas de melhoramento genético de soja cujo objetivo é desenvolver genótipos mais precoces, a escolha de genitores que apresentem estimativas negativas de CGC para dias para florescimento é apreciável, devido a correlação positiva existente, entre dias para florescimento e dias para maturação (NOGUEIRA et al., 2012).

Os cruzamentos que apresentaram menores estimativas de CEC para dias para florescimento foram NA 5909 RG x CG 7370 RR (-1,2), SYN 1163 RR x BMX Desafio RR (-1,6), SYN 1163 RR x TMG 7262 RR (-1,0), PRE 6336 RR x BMX Desafio RR (-1,2), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (-1,4), CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (-2,5) e CG 7262 RR x CG 7370 RR (-1,9) (Tabela 3). O cruzamento CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR foi o destaque com menor valor de CEC, e possui em sua combinação o genitor CG 7262 RR, que apresentou CGC negativa de maior magnitude, em relação aos demais genitores, para a redução de dias para floração.

Os genitores CG 7262 RR e NS 4823 RR apresentaram menores valores médios para dias para florescimento, sendo as médias de 28,5 e 28,7, respectivamente. Em ambos os casos o período vegetativo foi menor que o esperado para cultivares adaptadas a região de Rio Verde, que compreende a faixa de 35 a 45 dias. Essa redução do período vegetativo pode ser associada a época de semeadura, sendo que a cultivar CG 7262 RR não possui recomendação para semeadura no mês de dezembro, no qual foi instalado o experimento devido a exigência fotoperiódica e térmica da cultivar. E no caso da cultivar NS 4823 RR esse resultado é esperado, pois a cultivar não é recomendada para semeadura na região.

A altura de plantas no florescimento e maturação é uma característica que determina ou não a adaptação em um determinado ambiente, visto que, plantas de porte baixo podem ter redução de produtividade, já plantas muito altas podem dificultar o manejo da cultura, bem como, podem apresentar maior susceptibilidade ao acamamento de plantas (Sediyama, 2015), nesse aspecto, genitores precoces com estimativas negativas devem ser evitados. No caso da variável altura de plantas no florescimento é apreciável selecionar genitores com base em estimativas de capacidade de combinação positivas, ou seja, genitores que transfiram alelos para suas proles, que expressem uma menor sensibilidade a época de semeadura, que pode causar redução no porte, consequentemente na produtividade de grãos.

Tabela 3 – Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$), para as variáveis: dias para florescimento (DPF) e altura de plantas no florescimento (APF), referentes a vinte e cinco populações F_1 de soja e seus respectivos genitores.

Tratamentos	DPF			APF		
	CGC	CEC	Médias	CGC	CEC	Médias
Grupo I						
NA 5909 RG	1,4	-	36,1 d	2,4	-	24,3 c
NS 4823 RR	-1,7	-	28,7 a	-2,6	-	15,0 d
SYN 1163 RR	1,4	-	36,9 d	1,7	-	26,1 c
PRE 6336 RR	1,0	-	36,1 d	0,9	-	23,8 c
CG 7262 RR	-2,0	-	28,5 a	-2,4	-	19,1 d
Grupo II						
BMX Desafio RR	-0,3	-	34,4 c	-2,5	-	20,8 d
FMT Anta 82 RR	-0,5	-	34,5 c	-2,6	-	17,6 d
TMG 7262 RR	-0,1	-	35,9 d	-0,8	-	20,3 d
BRSGO 6959 RR	0,9	-	38,3 d	4,3	-	33,9 a
CG 7370RR	-0,1	-	36,4 d	1,6	-	24,4 c
Geração F_1						
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	-	1,3	37,2 d	-	-1,4	21,1 d
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	-	0,9	36,6 d	-	-1,2	20,5 d
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	-	-0,3	35,8 d	-	-0,3	23,9 c
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	-	-0,6	36,4 d	-	5,1	34,4 a
NA 5909 RG x CG 7370 RR	-	-1,2	34,9 c	-	3,0	29,6 b
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	-	0,7	33,5 c	-	0,2	17,8 d
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	-	-0,1	32,5 b	-	-1,4	16,1 d
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	-	0,3	33,3 c	-	1,7	21,0 d
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	-	0,9	34,9 c	-	1,3	25,7 c
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-	0,9	33,9 c	-	1,5	23,2 c
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-	-1,6	34,0 c	-	-2,3	19,6 d
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	-	-0,2	35,5 d	-	3,0	24,7 c
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	-	-1,0	35,0 c	-	1,4	25,0 c
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	-	0,4	37,4 d	-	-4,9	23,8 c
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-	0,9	37,0 d	-	1,1	27,1 c
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-	-1,2	34,4 c	-	-3,2	17,9 d
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	-	-1,4	34,0 c	-	2,4	23,4 c
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-	0,1	35,8 d	-	0,1	22,8 c
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	-	1,0	37,7 d	-	-1,6	26,2 c
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	-	0,4	36,1 d	-	1,9	27,1 c
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	-	3,1	35,6 d	-	2,2	20,0 d
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	-	2,2	34,5 c	-	-0,5	17,2 d
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	-	0,9	33,6 c	-	0,5	20,0 d
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	-	-2,5	31,2 b	-	-3,7	20,8 d
CG 7262 RR x CG 7370 RR	-	-1,9	30,8 b	-	-2,9	19,0 d

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$).

Para a variável altura de plantas no florescimento, as cultivares que apresentaram estimativas positivas de maior magnitude para CGC foram NA 5909 RG (2,4), SYN 1163 RR (1,7), PRE 6336 RR (0,9), BRSGO 6959 RR (4,3) e CG 7370 RR (1,6), sendo que a cultivar BRSGO 6959 RR destacou-se por apresentar estimativa de maior valor positivo (Tabela 3).

As combinações que apresentaram estimativas de CEC positivas de maiores magnitudes, para altura de plantas no florescimento foram: NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR (5,1), NA 5909 RG x CG 7370 RR (3,0), NS 4823 RR x TMG 7262 RR (1,7), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (1,3), NS 4823 RR x CG 7370 RR (1,5), SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR (3,0) e CG 7262 RR x BMX Desafio RR (2,2) (Tabela 3). A combinação que apresentou maior estimativa de CEC foi NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR, que também envolve os dois genitores com maiores estimativas de CGC, e as demais combinações com exceção CG 7262 RR x BMX Desafio RR possuem pelo menos um genitor, com boa estimativa de CGC em sua genealogia. Estas estimativas de CEC são relevantes ao melhoramento, visto que evidenciou complementariedade entre os genitores, possibilitando novos ganhos na seleção de novos genótipos.

Observou-se que, a cultivar BRSGO 6959 RR e o cruzamento NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR apresentaram as maiores médias de altura de plantas no florescimento, diferindo dos demais tratamentos com valores de 33,9 e 34,4, respectivamente (Tabela 3), sendo valores considerados bons, para genótipos de ciclo precoce, visto que apresentam bom desenvolvimento vegetativo, proporcionando o bom fechamento entre a linha de semeadura, reduzindo a insolação direta e impossibilitando a emergência de plantas daninhas. Chamou atenção, o fato do cruzamento NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR apresentar os dois genitores com maiores estimativas de CGC, NA 5909 RG (2,4) e BRSGO 6959 RR (4,3) apresentar maior estimativa de CEC (5,1), associando-se com a maior média do experimento (34,4), além de superar seus parentais, evidenciando o acontecimento de segregação transgressiva para a característica.

Quanto ao controle genético da característica dias para maturação, verificou-se resultado similar ao encontrado por Assunção Filho (2016), constando-se predominância de efeitos gênicos aditivos, no controle da expressão da característica. Da mesma forma que dias para florescimento, quando o objetivo é a redução do ciclo, parentais com estimativas negativas de CGC devem ser preferencialmente escolhidos. As cultivares que se destacaram por apresentarem estimativas negativas de maior magnitude, em relação a variável dias para maturação foram: NS 4823 RR (-4,0) e BRSGO 6959 RR (-2,7) (Tabela 4).

Tabela 4 – Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$), para as variáveis: dias para maturação (DPM) e altura de plantas na maturação (APM), referentes a vinte e cinco populações F_1 de soja e seus respectivos genitores.

Tratamentos	DPM			APM		
	CGC	CEC	Médias	CGC	CEC	Médias
Grupo I						
NA 5909 RG	-0,4	-	108,4 b	-1,4	-	62,0 c
NS 4823 RR	-4,0	-	97,2 a	-5,1	-	43,1 d
SYN 1163 RR	1,7	-	111,6 c	12,9	-	89,3 a
PRE 6336 RR	1,0	-	110,6 c	-4,4	-	53,9 d
CG 7262 RR	1,7	-	109,1 c	-2,0	-	56,0 d
Grupo II						
BMX Desafio RR	3,5	-	116,0 c	-2,0	-	60,0 c
FMT Anta 82 RR	-0,4	-	111,4 c	-0,2	-	62,8 c
TMG 7262 RR	-0,1	-	112,2 c	-3,5	-	53,7 d
BRSGO 6959 RR	-2,7	-	106,8 b	1,1	-	48,6 d
CG 7370RR	-0,3	-	110,8 c	4,6	-	79,5 b
Geração F_1						
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	-	1,0	113,6 c	-	-2,5	60,5 c
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	-	-0,7	108,0 b	-	-5,6	59,2 c
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	-	-2,3	106,8 b	-	0,9	62,4 c
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	-	-2,1	104,4 b	-	11,3	77,3 b
NA 5909 RG x CG 7370 RR	-	0,8	109,6 c	-	-1,0	68,5 c
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	-	4,3	113,4 c	-	2,8	62,1 c
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	-	-0,4	104,8 b	-	-7,3	53,8 d
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	-	1,7	107,2 b	-	3,8	61,7 c
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	-	-4,0	99,0 a	-	28,7	91,0 a
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-	3,3	108,6 b	-	-1,7	64,2 c
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-	-0,6	114,2 c	-	-0,1	77,2 b
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	-	-3,2	107,6 b	-	2,2	81,3 b
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	-	-3,3	107,9 b	-	-1,1	74,7 b
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	-	5,6	114,2 c	-	3,5	83,9 a
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-	0,2	111,2 c	-	1,3	85,1 a
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-	-0,5	113,5 c	-	-4,8	55,1 d
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	-	1,7	111,8 c	-	7,9	69,6 c
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-	-0,7	109,8 c	-	2,7	61,2 c
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	-	1,5	109,4 c	-	2,5	65,4 c
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	-	-4,3	105,9 b	-	-1,2	65,3 c
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	-	1,0	115,8 c	-	9,3	71,6 b
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	-	1,3	112,2 c	-	9,4	73,6 b
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	-	3,1	114,3 c	-	5,2	66,1 c
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	-	-1,0	106,7 b	-	-6,0	59,4 c
CG 7262 RR x CG 7370 RR	-	0,5	111,5 c	-	-5,4	63,5 c

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$).

As combinações que apresentaram estimativas negativas de maiores magnitudes de CEC para dias para maturação foram: NA 5909 RG x TMG 7262 RR (-2,3), NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR (-2,1), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (-4,0), SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR (-3,2), SYN 1163 RR x TMG 7262 RR (-3,3), PRE 6336 RR x CG 7370 RR (-4,3), e CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (-1,0) (Tabela 4). Vale destacar que todas as combinações com boa estimativa de CEC possuem em sua genealogia, pelo menos um genitor, com boa estimativa de CGC para redução de ciclo, relacionado ao efeito gênico aditivo, aumentando a probabilidade de extração de linhagens, com menor ciclo nestas populações, visto que a variância aditiva é transmitida através das gerações.

A cultivar NS 4823 RR e a combinação NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR apresentaram menores médias para dias para maturação, com valores de 97,2 e 99,0 dias, respectivamente. A combinação que envolve NS 4823 RR e BRSGO 6959, apresenta menor média de dias para maturação quando comparada, com a média dos parentais (102 dias), e também envolve dois genitores, com boas estimativas de CGC para redução de ciclo.

Com relação a variável altura de plantas, na maturação, as cultivares BRSGO 6959 RR, CG 7370 RR e SYN 1163 RR destacaram-se por apresentarem estimativas positivas de CGC de 1,1 e 4,6 e 12,9, respectivamente (Tabela 4). Estes genitores possuem constituição alélica, contribuindo, para o aumento de altura das plantas na maturação, sendo alternativas interessantes, quando o objetivo é trabalhar com genitores de ciclo curto e que contribuam para aumentar a altura das plantas, em novas populações híbridas.

Além de boas estimativas de CGC para os genitores, detectou-se complementariedade gênica entre estes, sendo fato comprovado, pela estimativa de CEC das combinações: NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR (11,3), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (28,7), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (7,9), CG 7262 RR x BMX Desafio RR (9,3), CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR (9,4) e CG 7262 RR x TMG 7262 RR (5,2). Dentre os parentais envolvidos nestas combinações apenas o genitor BRSGO 6959 RR apresenta boa estimativa de CGC. Portanto, as estimativas de CEC são frutos da complementariedade gênica entre os parentais devido a efeitos gênicos não aditivos, e presença de genes maiores com efeito de dominância proporcionando maior efeito heterótico para as populações.

As maiores médias observadas para altura de plantas na maturação foram do genitor SYN 1163 RR e da combinação híbrida NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR, com valores de 89,3 e 91,1, respectivamente. O cruzamento NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR superou seus parentais, que apresentaram médias de 43,1 e 48,6, respectivamente. Este fato evidencia a presença de segregação transgressiva, para a característica, importante no melhoramento de plantas quando

se busca ganho genético com novos cruzamentos. Segundo Ramalho et. al., (2012), a segregação transgressiva é observada, quando ocorre a existência de diferentes alelos nos parentais, o que proporciona as progênes desempenho fora do limite dos genitores, que pode ser transmitido a gerações posteriores devido a variância aditiva.

Com relação a característica número de nós por planta observou-se estimativas de CGC positivas, e de maior magnitude para as cultivares CG 7262 RR (1,2), BMX Desafio RR (0,7), FMT Anta 82 RR (0,5) e CG 7370 RR (1,2) (Tabela 5), contribuindo para o aumento do número de nós por planta quando utilizadas em cruzamentos.

As combinações que apresentaram estimativas positivas de CEC de maiores magnitudes, para a variável número de nós, por plantas foram: NS 4823 RR x TMG 7262 RR (1,7), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (1,6), SYN 1163 RR x BMX Desafio RR (1,9), SYN 1163 RR x CG 7370 RR (1,4), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (2,1), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (1,6), CG 7262 RR x TMG 7262 RR (1,1) e CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (0,9) (Tabela 5).

Ainda com relação a variável número de nós, por planta as médias variaram de 10,4 a 17,8 (Tabela 5), para BRSGO 6959 RR e PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR, respectivamente. Sendo que a cultivar BRSGO 6959 RR destacou-se negativamente, apresentando a menor média para a variável número de nós, por planta e também para a variável altura de plantas na maturação.

O teste Scott-Knott realizou a divisão dos tratamentos em quatro grupos, sendo que, no primeiro grupo os tratamentos que apresentaram as maiores médias foram os cruzamentos: PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (17,8), CG 7262 RR x CG 7370 RR (17,6), CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR (17,6), SYN 1163 RR x CG 7370 RR (17,6) e SYN 1163 RR x BMX Desafio RR (17,6), além do genitor CG 7370 RR (17,6) (Tabela 5). Vale chamar atenção para o genitor CG 7370 RR, que além de estar entre os tratamentos que apresentaram maiores valores médios para número de nós por planta, também contribuiu de forma significativa, para os cruzamentos que estiveram envolvidos.

Além disso, os genitores CG 7262 RR e FMT Anta 82 RR participaram de três combinações, das cinco realizadas, com maiores médias. Embora ambos os genitores apresentaram estimativas positivas de CGC, apenas o genitor CG 7262 RR obteve estimativa de maior magnitude e em ambos os cruzamentos envolvendo esse genitor, as estimativas de CEC foram de menor magnitude, portanto, a recomendação é feita com base apenas na CGC de seus parentais, indicando neste caso, a expressão apenas de efeitos aditivos, no controle do carácter.

Tabela 5 – Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$), para as variáveis: número de nós por planta (NNP), e número de vagens por planta (NVP), referentes a vinte e cinco populações F₁ de soja e seus respectivos genitores.

Tratamentos	NNP			NVP		
	CGC	CEC	Médias	CGC	CEC	Médias
Grupo I						
NA 5909 RG	-0,9	-	12,60 d	3,0	-	68,6 a
NS 4823 RR	-0,4	-	11,8 d	-4,4	-	75,1 a
SYN 1163 RR	-0,1	-	13,2 d	1,6	-	73,5 a
PRE 6336 RR	0,2	-	13,4 d	-4,0	-	85,0 a
CG 7262 RR	1,2	-	15,8 b	3,8	-	73,6 a
Grupo II						
BMX Desafio RR	0,7	-	16,0 b	2,5	-	81,6 a
FMT Anta 82 RR	0,5	-	16,0 b	2,7	-	68,6 a
TMG 7262 RR	-0,7	-	12,6 d	-5,1	-	58,8 b
BRSGO 6959 RR	-1,6	-	10,4 d	-1,7	-	60,9 b
CG 7370RR	1,2	-	17,6 a	1,6	-	72,5 a
Geração F₁						
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	-	0,6	15,4 b	-	-5,8	72,8 a
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	-	0,4	15,0 b	-	0,5	72,8 a
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	-	-0,4	13,0 d	-	6,7	74,2 a
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	-	0,1	12,6 d	-	14,8	45,2 c
NA 5909 RG x CG 7370 RR	-	-0,8	14,6 c	-	0,1	78,4 a
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	-	0,7	16,0 b	-	14,7	74,7 a
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	-	-0,7	14,4 c	-	1,4	79,4 a
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	-	1,7	15,6 b	-	-0,6	46,1 c
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	-	1,6	14,6 c	-	-1,9	78,5 a
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-	0,5	16,4 b	-	6,4	54,7 b
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-	1,9	17,6 a	-	-0,2	83,2 a
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	-	-1,5	14,0 c	-	-0,5	63,9 a
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	-	0,7	15,0 b	-	8,7	72,6 a
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	-	-0,2	13,2 d	-	-23,7	77,3 a
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-	1,4	17,6 a	-	6,2	63,3 a
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-	-0,7	15,2 b	-	7,3	56,5 b
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	-	2,1	17,8 a	-	11,8	39,8 c
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-	0,1	14,6 c	-	-13,7	66,6 a
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	-	1,6	15,2 b	-	15,3	46,3 c
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	-	-0,3	16,2 b	-	-11,9	68,1 a
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	-	-0,6	16,4 b	-	8,0	72,1 a
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	-	0,8	17,6 a	-	-11,6	83,8 a
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	-	1,1	16,6 b	-	4,9	66,0 a
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	-	0,9	15,5 b	-	6,2	70,5 a
CG 7262 RR x CG 7370 RR	-	0,1	17,6 a	-	-11,1	87,6 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$).

A seleção de genitores, que contribuam para o aumento do número de nós e número de vagens, por planta pode proporcionar o desenvolvimento de populações segregantes, com maior potencial, para a extração de linhagens superiores, quanto a produtividade de grãos. Nogueira et al. (2012), verificaram a existência de correlação positiva, entre as variáveis número de nós e vagens por planta, e produtividade de grãos.

Além disso, no melhoramento de plantas, a seleção baseada em correlações existentes entre as características pode ser aplicada visando ganhos de seleção. Segundo Almeida et al. (2010), o número de vagens por planta é a variável, que apresenta maior contribuição, para o aumento da produtividade de grãos. Desta forma, a seleção de genitores, que contribuíram para o aumento de vagens, por planta e a seleção de progênes de forma indireta podem ser estratégias adotadas visando aumentar os ganhos, por ciclo de seleção.

Para a variável número de vagens por planta, os genitores que apresentaram estimativas positivas de CGC, que foram: NA 5909 RG (3,0), SYN 1163 RR (1,6), CG 7262 RR (3,8), BMX Desafio RR (2,5), FMT Anta 82 RR (2,7) e CG 7370 RR (1,6) (Tabela 5).

Com relação a variável número de vagens, por planta os cruzamentos que apresentaram maiores valores de CEC foram: NA 5909 RG x TMG 7262 RR (6,7), NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR (14,8), NS 4823 RR x BMX Desafio RR (14,7), NS 4823 RR x CG 7370 RR (6,4), SYN 1163 RR x TMG 7262 RR (8,7), SYN 1163 x CG 7370 RR (6,2), PRE 6336 RR x BMX Desafio RR (7,3), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (11,8), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (15,3), CG 7262 RR x BMX Desafio RR (8,0), CG 7262 RR x TMG 7262 RR (4,9) e CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (6,2) (Tabela 5).

Com exceção do cruzamento PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR, todos os demais cruzamentos possuem em sua genealogia pelo menos um genitor com boa estimativa de CGC. Em casos em que os genitores não apresentem boa estimativa de CGC, o potencial da população pode ser predito com base apenas na CEC, indicando superioridade aos parentais, com base apenas na CGC destes, inferindo sobre a existência de complementariedade, gênica entre os parentais.

Ainda com relação a variável número de vagens por planta, o teste Scott-Knott realizou agrupamento em três grupos, sendo que no grupo com as maiores médias estão agrupados os dezessete genótipos que apresentaram as maiores médias de número de vagens por planta, com valores variando de 63,3 a 87,6 (Tabela 5) para os cruzamentos: SYN 1163 RR x CG 7370 RR e CG 7262 RR x CG 7370 RR, respectivamente.

Com relação a variável teor de clorofila “a e b”, dentre os genitores do grupo I, a cultivar NS 4823 RR destacou-se por apresentar CGC positiva e de elevada magnitude (1,3). Para o

grupo II, não se verificou efeito significativo para a fonte de variação CGC, sendo que dentre os genitores o que apresentou maior estimativa foi CG 7370 RR (0,9) (Tabela 6).

Tabela 6 – Estimativas de: capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$), para as variáveis: teor de clorofila “a e b” (TCab), e massa de cem sementes (MCS), referentes a vinte e cinco populações F₁ de soja e seus respectivos genitores.

Tratamentos	TCab			MCS		
	CGC	CEC	Médias	CGC	CEC	Médias
Grupo I						
NA 5909 RG	0,1	-	27,2 b	0,1	-	15,2 b
NS 4823 RR	1,3	-	33,0 a	0,2	-	14,4 b
SYN 1163 RR	-0,3	-	31,1 a	0,4	-	15,8 b
PRE 6336 RR	0,1	-	30,1 a	-0,2	-	15,3 b
CG 7262 RR	-1,2	-	28,7 b	-0,4	-	14,6 b
Grupo II						
BMX Desafio RR	-1,1	-	30,1 a	0,5	-	17,0 a
FMT Anta 82 RR	0,4	-	31,4 a	-0,6	-	15,4 b
TMG 7262 RR	-0,3	-	30,7 a	0,8	-	17,6 a
BRSGO 6959 RR	0,1	-	36,5 a	-0,7	-	15,0 b
CG 7370RR	0,9	-	32,3 a	0,1	-	17,6 a
Geração F₁						
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	-	-1,8	27,6 b	-	1,5	18,4 a
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	-	2,6	31,4 a	-	-0,3	15,6 b
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	-	1,3	29,8 a	-	-0,8	16,4 b
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	-	-0,1	26,0 b	-	-0,1	15,6 b
NA 5909 RG x CG 7370 RR	-	-2,3	32,8 a	-	0,9	17,4 a
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	-	-0,1	30,1 a	-	1,7	18,8 a
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	-	-0,3	32,8 a	-	-0,1	16,0 b
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	-	-0,4	30,6 a	-	0,4	17,8 a
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	-	5,0	29,0 b	-	0,3	16,2 b
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-	0,1	32,4 a	-	0,9	17,6 a
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-	-1,1	25,7 b	-	-0,7	16,6 a
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	-	1,3	28,6 b	-	-1,0	15,2 b
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	-	0,3	29,7 a	-	1,1	18,6 a
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	-	-3,9	30,0 a	-	1,3	17,4 a
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-	2,1	31,9 a	-	0,6	17,4 a
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-	1,0	29,9 a	-	-0,3	16,4 b
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	-	2,3	30,0 a	-	0,3	16,0 b
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-	0,7	29,8 a	-	-0,2	16,8 a
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	-	-1,3	27,8 b	-	1,3	16,8 a
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	-	1,3	26,3 b	-	-1,1	15,2 b
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	-	-2,0	30,3 a	-	0,1	16,6 a
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	-	-0,6	28,6 b	-	2,3	17,8 a
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	-	1,2	28,3 b	-	1,6	18,4 a
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	-	1,0	30,4 a	-	1,3	14,0 b
CG 7262 RR x CG 7370 RR	-	2,2	30,5 a	-	1,9	14,2 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$).

Quanto a CEC, as combinações que apresentaram estimativas de maiores magnitudes foram: NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR (2,6), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (5,0), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (2,3) e CG 7262 RR x CG 7370 RR (2,2) (Tabela 6). Observou-se que, com exceção ao genitor CG 7262 RR, todos os demais envolvidos nesses cruzamentos apresentaram estimativas de CGC positiva. Verificou-se através da estimativa de CEC, que os genitores se complementaram, mesmo estes não diferindo em concentração alélica, com efeito aditivo, o que pode sugerir a presença de efeitos gênicos não aditivos também controlando a expressão da característica teor de clorofila “a e b” em soja.

Observou-se que, as combinações que apresentaram as maiores médias do teor de clorofila “a e b” na maioria dos casos também apresentaram as maiores médias de massa de cem sementes, podendo contribuir, para o aumento da produtividade de grãos de forma direta. O teor de clorofila envolvido com a captação de energia solar, responsável por gerar energia para o desenvolvimento das plantas, chama atenção de pesquisadores na área de melhoramento vegetal, visto que, quanto maior a concentração de clorofila, maior a produção de foto assimilados, contribuindo para a produtividade de grãos (Ahammed et al., 2018).

As médias para a variável teor de clorofila “a e b” variaram de 25,7 a 36,5 (Tabela 6) para as combinações CG 7262 RR x BMX Desafio RR e NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR, respectivamente.

Para a variável massa de cem sementes não se verificou efeito significativo para CGC grupo I. Já para os genitores do grupo II as cultivares BMX Desafio RR e TMG 7262 RR foram os parentais que mais contribuíram para aumento da massa de cem sementes, em suas proles, com valores de 0,5 e 0,8, respectivamente (Tabela 6).

As combinações híbridas com maiores estimativas positivas de CEC para a variável massa de cem sementes foram: NA 5909 RG x BMX Desafio RR (1,5), NS 4823 RR x BMX Desafio RR (1,7), SYN 1163 RR x TMG 7262 RR (1,1), SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR (1,3), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (1,3), CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR (2,3) e CG 7262 RR x TMG 7262 RR (1,6) (Tabela 6). As médias variaram de 16,6 a 18,8 gramas, para SYN 1163 RR x BMX Desafio RR e NS 4823 RR x BMX Desafio RR, respectivamente (Tabela 6). Chama-se a atenção para o genitor NS 4823 RR, que apresenta média de 14,4 gramas, e baixa estimativa de CGC, mas verificou-se complementariedade, com outros genitores, para massa de cem sementes das combinações, em que esteve envolvido, sendo a combinação NS 4823 RR x BMX Desafio RR, NS 4823 RR x TMG 7262 RR e NS 4823 RR x CG 7370 RR os destaques, superando a média dos parentais.

Dentre os genitores que mais contribuíram para a variável produtividade de grãos destacaram-se as cultivares: SYN 1163 RR e CG 7370 RR (Tabela 7), com estimativas positivas de CGC de 2,9 e 4,8, respectivamente.

Tabela 7 – Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e médias com teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$), para a variável produtividade de grãos g planta⁻¹ (PG), referentes a vinte e cinco populações F₁ de soja e seus respectivos genitores.

Tratamentos	CGC	CEC	Médias
Grupo I			
NA 5909 RG	-1,1	-	28,8 d
NS 4823 RR	0,2	-	14,3 e
SYN 1163 RR	2,9	-	23,1 d
PRE 6336 RR	-0,2	-	18,9 e
CG 7262 RR	-1,8	-	18,7 e
Grupo II			
BMX Desafio RR	-1,0	-	23,7 d
FMT Anta 82 RR	-0,5	-	24,9 d
TMG 7262 RR	-0,7	-	22,0 e
BRSGO 6959 RR	-2,6	-	19,0 e
CG 7370RR	4,8	-	30,2 d
Geração F₁			
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	-	2,2	28,0 d
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	-	-4,7	21,6 e
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	-	-2,6	23,6 d
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	-	3,0	27,2 d
NA 5909 RG x CG 7370 RR	-	-7,2	24,5 d
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	-	0,3	27,5 d
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	-	-6,6	21,1 e
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	-	2,4	29,9 d
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	-	12,7	38,2 c
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-	16,1	49,1 a
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-	7,7	37,5 c
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	-	-4,7	25,6 d
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	-	-4,0	26,2 d
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	-	2,8	31,0 d
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-	16,2	51,9 a
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-	-2,0	24,8 d
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	-	15,9	43,2 b
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-	8,5	35,6 c
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	-	-1,1	24,0 d
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	-	-7,2	25,4 d
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	-	-0,5	24,7 d
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	-	7,5	33,2 c
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	-	8,0	33,5 c
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	-	-6,8	16,8 e
CG 7262 RR x CG 7370 RR	-	0,1	31,1 d

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$).

A produtividade de grãos é uma característica muito influenciada, pelo efeito ambiental devido ao seu caráter quantitativo, desta forma, genitores que contribuam com frequência alélica, para aumentar simultaneamente vários caracteres devem ser utilizados, em programas de melhoramento visando maiores produtividades. As cultivares com boa estimativa de CGC, para a variável produtividade de grãos, também contribuíram para: aumentar a massa de cem sementes, o número de vagens por planta e a altura de plantas na floração e maturação.

Ainda com relação a variável produtividade de grãos destacaram-se os cruzamentos: NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (12,7), NS 4823 RR x CG 7370 RR (16,1), SYN 1163 RR x CG 7370 RR (2,8) e PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (15,9) com estimativas de maiores magnitudes de CEC (Tabela 7). Com exceção ao cruzamento PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR, os demais apresentaram pelo menos um genitor com boa CGC, com destaque para o cruzamento SYN 1163 RR x CG 7370 RR, que possui em sua constituição genética, os dois genitores, que apresentaram maiores estimativas de CGC, sendo assim, estas combinações podem ser indicadas, quando o objetivo é obter populações segregantes com maior potencial para extração de linhagens, com maior produtividade de grãos. Segundo Abreu et al. (2004), cruzamentos com estimativa de CEC de elevada magnitude podem liberar maior variabilidade, após gerações de autofecundação, essencial ao melhoramento de plantas.

Além de apresentarem boas estimativas de capacidade de combinação, os cruzamentos NS 4823 RR x CG 7370 RR e SYN 1163 RR x CG 7370 RR se mostraram superiores aos demais e respectivos aos genitores, com médias 49,1 e 51,9, respectivamente, diferindo dos demais tratamentos. A superioridade evidenciada é um indício de divergência genética para *locus*, com algum tipo de dominância, através do qual provocou complementariedade, repercutindo sobre os efeitos gênicos não aditivos verificados para a produtividade de grãos na geração avaliada.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que, os efeitos gênicos aditivos foram os mais importantes para influenciar todas as variáveis analisadas, com exceção da variável produtividade de grãos, que neste trabalho se evidenciou efeitos gênicos não aditivos, no controle da expressão da característica.

As combinações: NS 4823 RR x CG 7370 RR e SYN 1163 RR x CG 7370 RR apresentam as maiores médias, para as variáveis teor de clorofila “a e b” e produtividade de grãos, além de apresentarem boas estimativas de capacidade específica de combinação.

De modo geral, os genitores SYN 1163 RR e CG 7370 RR se apresentam como mais promissores, para serem utilizados em novos blocos de cruzamento, visto que, contribuíram simultaneamente, para melhorias nas variáveis: massa de cem sementes, número de vagens por planta, altura de plantas na floração e maturação, além da produtividade de grãos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. B.; LEAL, N. R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 03, pag. 547-552, 2004.

AHAMMED, G. J.; XU, W.; LIU, A.; CHEN, S. COMT1 silencing aggravates heat stress-induced reduction in photosynthesis by decreasing chlorophyll content, photosystem II activity, and electron transport efficiency in tomato. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, pag. 1-10, 2018.
DOI: 10.3389/fpls.2018.00998

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições de várzea irrigada, Sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, pag. 95-99, 2010.

ASSUNÇÃO FILHO, J. R. **Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de grãos e tolerância a ferrugem**. 2016. 91f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.
BI, Y.; LI, W.; XIAO, J.; LIN, H.; LIU, M.; LIU, M.; LUAN, X.; ZHANG, B.; XIE, X.;

GUO, D.; LAI, Y. Heterosis and combining ability estimates in isoflavone content using diferente parental soybean accessions: Wild soybean, a valuable germoplasma for soybean breeding. **PLoS ONE**. V. 10, n.1, pag. 1-13, 2015.
DOI: 10.1371/journal.pone.0114827.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. Ed. Ver. e ampl. Viçosa: UFV, 668p., 2014.

CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

DARONCH, D. J.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRRI, F. S.; NASCIMENTO, M. O. Capacidade combinatória de cultivares de soja em F2, sob condições de Cerrado Tocantinense. **Bioscience Journal**. v. 30, n. 2, pag. 688-695, 2014.

FAROOQ, M.; KHAN, A. S.; SALEEM, B.; IJAZ, F.; SHAHZAD, M. T. Diallel analysis to study gene action for some polygenic traits in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Modern Agriculture**, v. 3, n. 2, p. 34-38, 2014.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 11p., 1977.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, North Carolina, v. 22, p. 439-452, 1966.

GERALDI, I.O.; MIRANDA-FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p.419-430, 1988.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel-crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, V. 9: p. 463-493, 1956.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Austin, v. 39, p. 789-809, 1954.

YOKOYAMA, A. H.; RIBEIRO, R. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C. Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**. V. 41, n. 4, p. 953-962, 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18153>

MENEZES, C.B de.; SANTOS, C.V dos.; SALDANHA, D.C.; JÚLIO, P.M.; SILVA, K.J da.; SILVA, C.H.T e.; RODRIGUES, J.A.S. Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p. 509-523, 2017.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, 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. 26, n. 6. pag. 877-888, 2012. PEREIRA, F. A. C.; VELLO, N. A.; ROCHA, G. A. F.; DIDONE, C. A. Rust effect estimation in soybean crosses for tolerance to Asian rust. **Ciência Rural**, v. 48, n. 3, 9p., 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170496>.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba, 15ª edição, 451p., 2009.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Editora UFLA, Lavras, 305 p., 2012.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na Agropecuária**. Editora UFLA, Lavras, 556 p., 2012.

ROCHA, F.; STINGHEN, J. C.; MURIELLI, S. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Análise dialélica como ferramenta na seleção de genitores de feijão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 74-81, 2014.

ROCHA, G. A. F.; PEREIRA, F. A. C.; VELLO, N. A. Potential of soybean crosses in early inbreeding generations for grain yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 267-275, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n3a40>

ROCHA, M. R.; HAMAWAKI, O. T.; NOGUEIRA, A. P. O.; JUNIOR, C. S. M.; HAMAWAKI, C. D. L.; HAMAWAKI, R. L. Combinatorial analysis of agronomic characters in soybean. **Ciencia e Agrotecnologia**. vol. 43, pag. 1-7, 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054201943028018>

SEDIYAMA, T. **Melhoramento genético da soja**. Editora Mecenass, Londrina, 352 p., 2015.

UMAR, F. A.; MOHAMMED, M. S.; OYEKUNLE, M.; USMAN, I. S.; ISHAQ, M. N.; DACHI, S. N. Estimates of combining ability for resistance to pod shattering in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**. v. 9, n. 12, pag. 217-223, 2017.
DOI: 10.5897/JPBCS2017.0684.

CAPÍTULO II

PERFORMANCE COMBINATÓRIA DE GENITORES E POPULAÇÕES F₂ DE SOJA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS

RESUMO

O melhoramento de plantas tem início na programação de quais genitores serão utilizados e como serão inter cruzados, para gerar populações segregantes, com variabilidade genética e potencial, para extração de genótipos promissores. Na etapa da escolha de genitores e técnicas biométricas, que auxiliem a tomada de decisão do pesquisador são ferramentas úteis. Portanto, objetivou-se avaliar o potencial de genitores, em populações híbridas, através do uso de análise dialélica. Na safra 2019/2020 foram implantados dois experimentos no município de Rio Verde, Goiás, em condições de campo, compostos por dez genitores de soja, e vinte e cinco populações F₂. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em duas épocas de semeadura. Foram avaliadas as características: dias para floração, maturação, altura de plantas, na floração e maturação, número de nós por planta, número de vagens por planta, teor de clorofila “a e b”, massa de cem sementes e produtividade de grãos em g planta⁻¹. Realizou-se análise de variância individual, para verificar a homogeneidade das variâncias residuais e posteriormente realizou-se a análise de variância conjunta, seguida de análise dialélica conjunta, baseando-se no modelo 2 de Griffing (1954), adaptado a dialelos parciais. Verificou-se predominância de efeitos gênicos aditivos no controle de todas as características avaliadas. O genitor CG 7370 RR apresentou estimativas positivas para as variáveis: dias para florescimento e maturação, altura de plantas no florescimento e maturação, número de nós e de vagens, por planta e teor de clorofila “a e b”, podendo ser considerado um genitor de ampla aptidão, quando deseja-se realizar melhoramento para diversas características simultaneamente. Observou-se grande influência ambiental nas estimativas de capacidade geral e específica de combinação, para as variáveis dias para maturação, altura de plantas na maturação e produtividade de grãos, determinando a necessidade de realizar experimentos, em ambientes diferentes, para estimar os parâmetros genéticos.

Palavras-chave: *Glycine max*, populações segregantes, aditividade, desvios de dominância.

CHAPTER II

ABSTRACT

COMBINATORY PERFORMANCE OF GENITORS AND F₂ SOY POPULATIONS IN TWO SOWING TIME FOR AGRONOMIC CHARACTERS

Plant breeding starts with programming of which parents will be used, and how they will be intercrossed to generate segregating populations with genetic variability and potential for extraction of promising genotypes. When choosing parents, biometric techniques that help the researcher's decision-making are useful tools. Therefore, the objective was to evaluate the potential of parents and hybrid populations, through the use of diallelic analysis. In 2019/2020 harvest, two experiments were implemented in the city of Rio Verde, Goiás, under field conditions, composed on ten soybean parents, and twenty-five F₂ populations. The experimental design used was a randomized blocks design, with four replications, being sown in two sowing time. The characteristics evaluated were: number of days to flowering and maturity, height of plants in flowering and maturation, number of nodes per plant, number of pods per plant, chlorophyll content "a and b", one hundred seeds mass and grain productivity in g plant⁻¹. Individual variance analysis was performed to verify the homogeneity of residual variances, and then range variance analysis was performed, followed by range diallelic analysis, based on Griffing's model 2 (1956), adapted to partial diallele. There was a predominance of additive gene effects in the control of all evaluated characteristics. The CG 7370 RR parent showed positive estimates for the variables, days to flowering and maturity, plant height at flowering and maturation, number of nodes and pods per plant and chlorophyll content "a and b", which can be considered a highly skill parent, when it is desired to perform improvement for several characteristics simultaneously. A great environmental influence was observed in the estimates of general and specific combination capacity for variables days for maturation, height of plants in maturation and grain productivity, determining the need to carry out experiments in different environments to estimate these genetic parameters.

Keywords: *Glycine max*, segregating populations, additivity, dominance deviations.

1. INTRODUÇÃO

A maior relação produtividade por área de cultivo é algo primordial, para a sustentabilidade da cultura, visto que, a demanda por alimentos é crescente, e a possibilidade de abertura de novas áreas é limitada. Dentre os fatores que mais contribuíram para o aumento da produtividade de grãos, em razão da área semeada com a cultura da soja, destaca-se o trabalho incessante de melhoramento genético (Diers et al., 2018).

Para novos incrementos de produtividade é necessário que novos genótipos sejam desenvolvidos, e para isso, técnicas que orientem o pesquisador no sentido de predizer o potencial de novas populações são de extrema importância para o melhoramento de plantas.

Dentre as técnicas que visam obtenção de estimativas úteis ao pesquisador, a análise dialélica é uma versátil técnica biométrica, que elucida várias dúvidas do pesquisador, bem como, realiza a predição de genitores potenciais e populações híbridas com desempenho superior. Segundo Baldissera et al. (2014), os cruzamentos dialélicos fazem referência a um conjunto de cruzamentos, resultado das combinações de diferentes genitores e que podem através de estimativas predizer as melhores combinações de diferentes genitores.

Os cruzamentos dialélicos têm sido amplamente utilizados em pesquisas genéticas para investigar a herança de características importantes entre um grupo de genótipos, além de investigar a capacidade de combinação dos parentais e identificar parentais superiores, para o uso em programas de desenvolvimento de híbridos (Silva et al., 2020).

O primeiro relato descrito sobre análise dialélica encontrado na literatura data-se da metade do século XX, momento em que foram propostos os termos, capacidade geral e específica de combinação, por Sprague e Tatum (1942). A capacidade geral de combinação trata-se do desempenho médio de um parental em suas combinações, e é uma estimativa da concentração de genes com efeito predominantemente aditivo (Cruz et al., 2014). Já o termo capacidade específica de combinação trata-se dos casos, em que certas combinações são melhores ou piores do que seria esperado, com base no desempenho dos parentais envolvidos, é representada como o desvio do híbrido do que se espera com base apenas na capacidade geral de seus parentais, e está associada a interações de dominância e epistasia (MENEZES et al., 2017).

Novas estratégias para análise dialélica foram desenvolvidas, como é o caso das metodologias propostas por Griffing (1956), nas quais estima-se os efeitos e soma de quadrados para capacidade geral e específica de combinação, Gardner e Eberhart (1966), propuseram uma metodologia na qual são estimados os efeitos de variedade e heterose varietal, além da

metodologia proposta por Hayman (1954), responsável por gerar informações sobre a herança das características, sobre os valores genéticos do limite de seleção.

Uma das grandes limitações ao uso de cruzamentos em esquema dialélico, é o grande número de cruzamentos necessários para obter sementes F_1 suficientes para implantar experimentos e assim estimar os efeitos genéticos envolvidos na expressão da característica (Pimentel, 2014). Além disso, o uso da geração F_1 para análise dialélica pode ocorrer em viés das estimativas de capacidade geral de combinação, devido a predominância de variância genética de dominância, incorrendo em perdas de informação da capacidade específica de combinação (Venkovsky, 1978).

A solução para contornar esse problema é o uso de cruzamentos em esquema de dialelo parcial, e de gerações mais avançadas de endogamia, proporcionando condições de aumentar o número de repetições, além de trabalhar com mais de um local de teste, e assim estimar os efeitos da interação da capacidade combinatória versus o efeito ambiental.

Um dos grandes desafios do pesquisador é obter estimativas, que são fidedignas ao observado na realidade, visto que, o comportamento de determinadas características sofre influência muito forte do ambiente. Segundo Marques et al. (2011), a interação genótipos x ambientes é um dos maiores desafios dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja nas fases iniciais ou no momento de recomendação de novas cultivares.

Dada a importância de estimar parâmetros genéticos relacionados a capacidade combinatória, frente a interação genótipos x ambientes em estudos relacionados ao melhoramento, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da capacidade geral e específica de combinação, em duas épocas de semeadura, no Município de Rio Verde, Goiás.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante a safra 2019/2020 no município de Rio Verde, Goiás (17°44'35,7" S, 50°57'45,1" W e altitude de 865 m). O clima predominante do município, conforme classificação de Koppen é do tipo Aw - tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas, verão como estação chuvosa e inverno como período de seca. O município apresenta precipitação pluviométrica distribuída durante os meses de outubro a abril, com média anual de 1.621 mm, e temperatura média de 23,8°C (Lopes Sobrinho et al., 2020).

Os dados climáticos durante o período de condução dos experimentos estão apresentados na Figura 1. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 2018).

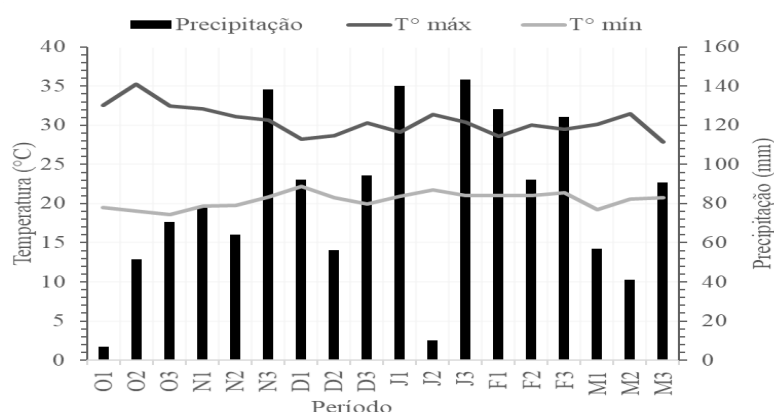


Figura 1 – Precipitação pluviométrica, temperatura máxima (T° máx) e temperatura mínima (T° mín), observados no anos de 2019/2020, em Rio Verde, Goiás. O1, O2 e O3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de outubro; N1, N2 e N3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de novembro; D1, D2 e D3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de dezembro; J1, J2 e J3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de janeiro; F1, F2 e F3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de fevereiro; M1, M2 e M3: primeiro, segundo e terceiro decêndio do mês de março.

Foram utilizadas dez cultivares de soja (Tabela 8), oriundos do Banco Ativo de Germoplasma da empresa Caraíba Genética. Com intuito de identificar o sucesso da hibridação, realizou-se a divisão dos genitores em dois grupos, e o critério para seleção foi o marcador morfológico cor da flor, em que o genitor feminino (grupo 1) sempre possuiu o alelo recessivo, apresentando cor de flor branca. As cultivares foram intercruzadas em esquema dialelo parcial 5x5, sem o uso de combinações recíprocas, totalizando 25 combinações híbridas.

Os genitores foram semeados em casa de vegetação em vasos plásticos de 12 dm³, respeitando intervalos de cinco dias a cada época, com intuito de garantir sincronismo entre os genitores doadores e receptores de pólen. Foram realizadas vinte hibridações por combinação, e as sementes F₁ obtidas foram semeadas, em casa de vegetação, com o intuito de avançar uma geração para multiplicar a quantidade de semente obtida.

Tabela 8 - Descrição dos genitores de soja utilizados em cruzamentos em esquema de dialelo parcial (5x5).

Cultivar	Cor da flor	GMR*	Grupo
NA 5909 RG	roxa	6.9	I
NS 4823 RR	roxa	4.8	I
SYN 1163 RR	roxa	6.3	I
PRE 6336 RR	roxa	6.4	I
CG 7262 RR	roxa	7.2	I
BMX Desafio RR	Branca	7.4	II
FMT Anta 82 RR	Branca	7.4	II
TMG 7262 RR	Branca	6.2	II
BRSGO 6959 RR	Branca	6.9	II
CG 7370 RR	Branca	7.3	II

*GMR: Grupo de maturidade relativa.

Com as sementes F₂ oriundas de autofecundação foram implantados dois experimentos em condições de campo. Os experimentos foram constituídos por 35 tratamentos, sendo 25 populações F₂ e os dez genitores envolvidos nos cruzamentos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída, por duas linhas, com três metros de comprimento, espaçadas a 0,45 m.

Para estimar os efeitos de capacidade combinatória frente a interação genótipo x ambiente implantou-se dois experimentos. O primeiro experimento foi semeado no dia 23 de outubro de 2019 e o segundo experimento em 22 de novembro de 2019. Para a semeadura dos experimentos utilizou-se semeadora de parcelas experimentais. Para o manejo fitossanitário adotou-se aplicações de fungicida de forma preventiva, e inseticidas de acordo com a recomendação, para a cultura da soja, sendo realizadas amostragens sequenciais durante a condução dos experimentos. A densidade populacional nos experimentos foi padronizada a 15 plantas m⁻¹, totalizando 333 mil plantas ha⁻¹.

As características avaliadas foram: dias para florescimento (DPF), período compreendido entre a emergência das plântulas e a data que a planta atingiu estágio R1; altura de plantas no florescimento (APF), distância em centímetros entre o colo e o ápice da planta durante o estágio R1; dias para maturação (DPM), período compreendido entre a data de emergência das plântulas e a data que a planta atingiu estágio R8; altura de plantas na maturação (APM), distância em centímetros entre o colo e o ápice da planta durante o estágio R8; número

de nós por planta (NNP), nós com vagens na haste principal avaliado após a colheita; número de vagens por planta (NVP), total de vagens da planta avaliados após a colheita; massa de cem sementes (MCS); produtividade de grãos em g planta⁻¹ (PG), avaliados após debulha das vagens com correção para 13% de umidade, e teor de clorofila “a e b” (TCab), avaliado com ClorofiLOG Falker 1030, aos 30 dias após a emergência das plântulas, no terceiro trifólio contados a partir do ápice para a base das plantas, sempre avaliando no folíolo central, uma avaliação por planta, segundo metodologia descrita, por Yokoyama et al. (2018).

Para evitar-se o efeito de indução visual e garantir que todas as avaliações fossem realizadas nas mesmas plantas foram pré-marcadas as plantas número 8, 16, 24, 32 e 40 de cada linha, totalizando dez plantas por parcela. Esta sequência de plantas de cada linha foi estabelecida antes da semeadura, com intuito de evitar erros tendenciosos, no momento das avaliações. Os dados utilizados para as análises são referentes a média obtida entre as dez plantas avaliadas em cada parcela.

Os dados foram submetidos a análise de variância individual, prosseguiu-se com o teste de homogeneidade de variâncias residuais, por meio da razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos experimentos individuais, tratando como homogêneas quando esta razão for inferior a 7, conforme Pimentel-Gomes (2009). Em sequência aplicou-se a análise de variância conjunta adotando-se o modelo estatístico representado na Equação 1:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k(A_j) + G_i + A_j + G_iA_j + \epsilon_{ijk} \quad (1)$$

Em que: $B_k(A_j)$ trata-se do efeito aleatório do bloco k no ambiente j, G_i é o efeito fixo do i-ésimo tratamento, A_j o efeito aleatório do j-ésimo ambiente; G_iA_j efeito aleatório da interação entre o genótipo i com o ambiente j e ϵ_{ijk} é referente ao efeito aleatório observado na parcela ijk.

As análises dialélicas de forma univariadas foram realizadas seguindo o modelo 2 de Griffing (1956), adaptado para dialelos parciais por Geraldi e Miranda Filho (1988). Considerou-se o efeito de tratamento como fixo, realizando a decomposição da soma de quadrados de tratamentos, em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), de acordo com o modelo estatístico (Equação 2).

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2} + (d_1 + d_2) + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon \quad (2)$$

Em que: Y_{ij} é a média envolvendo o i-ésimo genitor do grupo I e o j-ésimo genitor do grupo II; μ é a média geral do dialelo; d_1 e d_2 são os contrastes envolvendo a média do grupo I e II e a média geral; g_i é o efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo I; g_j

é o efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do grupo II; S_{ij} é o efeito da capacidade específica de combinação; e ϵ é o erro médio aleatório.

Posteriormente aplicou-se análise dialélica conjunta empregando-se a metodologia de Griffing (1956), adaptada a dialelos parciais, com o intuito de verificar a interação dos componentes de capacidade combinatória e o efeito ambiental. Adotou-se o modelo estatístico, descrito na (Equação 3):

$$Y_{ij} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + A_k + GA_{ik} + GA_{jk} + SA_{ijk} + \epsilon_{ij} \quad (3)$$

Sendo que: Y_{ij} refere-se a média envolvendo o i-ésimo genitor do grupo 1 e o j-ésimo genitor do grupo 2; μ é a média geral do dialelo; A_k : efeito do ambiente k; GA_{ik} e GA_{jk} : efeitos da interação entre a capacidade geral de combinação associados ao i e j-ésimo genitor, dos grupos I e II, respectivamente, com os ambientes; SA_{ijk} : efeito da interação entre a capacidade específica de combinação entre os genitores i e j com os ambientes e ϵ_{ij} é o erro médio aleatório.

Quando se constatou efeito significativo para a interação da capacidade combinatória x ambiente, foi apresentado as estimativas em cada ambiente, e a média do parâmetro, por outro lado, quando não se detectou efeito significativo para interação capacidade combinatória x ambiente, os valores apresentados foram obtidos da média dos ambientes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância conjunta revelou efeito significativo para a fonte de variação tratamentos ($p < 0,01$) para todas as variáveis analisadas (Tabela 9), evidenciando a existência de variabilidade genética, entre os genitores e populações híbridas, fato esperado visto que os genitores envolvidos nos cruzamentos foram oriundos de programas de melhoramento de empresas distintas, além de este estudo ter sido realizado na geração F2, sendo verificada máxima variabilidade genética. O coeficiente de variação (CV%) variou de 2,0 a 25,0%, para DPM e RG, respectivamente. A coerência dos dados é fruto da precisão experimental, sendo que, quanto menor o coeficiente de variação, maior é a precisão experimental (Pimentel-Gomes, 2009).

Para a fonte de variação CGC I observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para todas as variáveis, com exceção das variáveis massa de cem sementes e produtividade de grãos (Tabela 9). Já para CGC II, as variáveis altura de plantas no florescimento, teor de clorofila “a e b”,

massa de cem sementes e produtividade de grãos não apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$). A significância das variâncias relacionadas a capacidade geral de combinação, é um forte indício de haver diferenças na concentração alélica com efeitos aditivos entre os genitores, favoráveis, que contribuem para as características analisadas.

A capacidade geral de combinação está relacionada aos genes com efeito predominantemente aditivos e portanto, para as características, que apresentem este tipo de interação, as estratégias de melhoramento para seleção precoce de indivíduos superiores podem ser adotadas com sucesso. Segundo Ramalho (2012), a variância aditiva é a porção genética, que é transferida através de gerações de autofecundação. O entendimento do efeito gênico envolvido é útil na escolha da melhor estratégia de melhoramento, sendo que, efeitos aditivos de maior magnitude podem revelar maiores ganhos genéticos (Bhering et al., 2017).

Tabela 9 – Resumo das análises de variância conjunta para dias para florescimento (DPF), altura de plantas no florescimento (APF), dias para maturação (DPM), altura de plantas na maturação (APM), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila “a e b” (TCab), massa de cem sementes (MCS) e produtividade de grãos em g planta⁻¹ (PG), referentes a dez genitores de soja e 25 combinações híbridas, provenientes de cruzamento em esquema dialelo parcial.

FV	GL	Quadrados Médios								
		DPF	APF	DPM	APM	NNP	NVP	TCab	MCS	PG
Tratamento (T)	34	39,6**	91,2**	137,6**	512,4**	13,8**	351,9**	16,7**	5,4**	57,5 ^{ns}
Grupos (G)	1	1,3 ^{ns}	14,1 ^{ns}	704,3**	495,4**	11,5**	728,2**	8,6 ^{ns}	4,2*	39,5 ^{ns}
CGC ¹ I	4	197,0**	370,7**	454,8*	16,9**	69,1**	579,6*	76,1**	3,8 ^{ns}	12,6 ^{ns}
CGC ² II	4	68,2**	263,8 ^{ns}	280,2*	1918,4**	22,1**	1199,0*	23,8 ^{ns}	22,8 ^{ns}	103,0 ^{ns}
CEC ³	25	11,4**	22,5**	41,3*	140,2**	3,7 ^{ns}	164,8*	6,4 ^{ns}	2,9**	58,1 ^{ns}
Ambientes (A)	1	0,1 ^{ns}	0, ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,5 ^{ns}
T x A	34	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	22,0**	44,8**	2,2 ^{ns}	73,8 ^{ns}	6,0 ^{ns}	1,3 ^{ns}	55,4**
G x A	1	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	81,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	63,2 ^{ns}	27,4*	0,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}
CGC I x A	4	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	44,8**	85,2**	3,5 ^{ns}	55,8 ^{ns}	3,1 ^{ns}	0,8 ^{ns}	65,7**
CGC II x A	4	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	28,5**	48,5 ^{ns}	1,3 ^{ns}	136,9 ^{ns}	5,12 ^{ns}	5,9**	58,5**
CEC x A	25	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	18,1**	36,3*	2,2 ^{ns}	67,0 ^{ns}	5,7 ^{ns}	0,7 ^{ns}	55,4**
Resíduo	204	1,5	3,8	4,2	21,7	1,5	62,0	5,1	0,9	10,4
Média		35,8	17,7	101,1	56,2	13,8	43,9	35,3	15,4	16,9
CV%		3,4	11,0	2,0	7,9	8,7	18,0	6,4	6,1	25,0

^{ns}, ** e *, valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

¹CGC I: Capacidade geral de combinação grupo I; ²CGC II: Capacidade geral de combinação grupo II; ³CEC: Capacidade específica de combinação.

Para a fonte de variação CEC, relacionada a capacidade específica de combinação verificou-se efeitos significativos ($p < 0,05$), para todas as variáveis analisadas, com exceção as variáveis número de nós por planta, teor de clorofila “a e b” e produtividade de grãos. Quando as variâncias relacionadas a CEC são significativas, é uma evidência da existência de genes com efeitos gênicos não aditivos, na contribuição para expressão de determinada característica. Efeitos significativos para as fontes de variação CGC e CEC indicam que os genitores evidenciam discrepância em suas variâncias genéticas aditivas e também em efeitos gênicos não aditivos (Daronch et al., 2014).

No presente trabalho verificou-se predominância de influência de genes com efeitos aditivos, no controle da expressão de todas as variáveis, visto a maior razão de CGC/CEC encontradas, sendo que, quanto maior este valor, maior a proporção explicada pela variância aditiva. Corroborando com outros trabalhos com soja, que apresentaram predominância de efeitos gênicos aditivos na expressão de características quantitativas (Daronch et al., 2014; Rocha et al., 2018; Teodoro et al., 2019). Segundo Menezes et al. (2017), é fundamental investigar na fração genética, as proporções que podem ser atribuídas a efeitos gênicos aditivos, dominantes e epistáticos, para determinar a natureza e magnitude dos efeitos gênicos, que controlam características quantitativas.

Não foi verificado efeito significativo para a fonte de variação ambientes para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 9), ou seja, a média dos ambientes não se diferiram estatisticamente. Em relação a interação T x A, verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) para as variáveis, dias para maturação, altura de plantas na maturação e produtividade de grãos, para as demais variáveis não se verificou efeito significativo. Este fato pode ser explicado, por dois fatores, o primeiro relaciona-se a homogeneidade das condições ambientais, nas duas épocas de semeadura, o segundo fator está relacionado aos genótipos escolhidos, para serem utilizados para compor o bloco de cruzamentos, todos os envolvidos são genótipos de ciclo precoce, e que possuem uma boa adaptação, para as condições de época de semeadura tardia, transferindo esta característica para suas proles.

A interação CGC x A foi significativa ($p < 0,01$) para as variáveis, dias para maturação, altura de plantas na maturação e produtividade de grãos dentro do grupo I de genitores, e para dias de: maturação, massa de cem sementes e produtividade de grãos para os genitores do grupo II, as estimativas de CGC para as demais características não foram influenciadas pelo efeito ambiental. Com base neste resultado, novos estudos para estimar: o parâmetro genético capacidade geral de combinação, em variáveis que apresentam pouca influência ambiental,

podem ser realizados em apenas uma época de semeadura, visando otimizar os recursos disponíveis no programa de melhoramento.

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para fonte de variação CEC x A para as variáveis, dias para maturação, altura de plantas na maturação e produtividade de grãos. Este resultado demonstra que efeitos gênicos não aditivos podem ser influenciados pelo ambiente, em se tratando de ciclo, altura de plantas na maturação e produtividade de grãos. De toda forma, pouca influência é esperada pelas estimativas de CEC para as três variáveis, visto o percentual de influência da capacidade específica de combinação, para expressão das características.

Considerando a variável dias para florescimento, o interesse da maioria dos pesquisadores e obtentores é que ocorra redução no período vegetativo e ciclo total, sem que comprometa a produtividade dos genótipos. Segundo Verneti & Verneti Júnior (2009), genes com efeito aditivo são os principais responsáveis pela determinação do tempo para florescimento. Com base nesta informação, a seleção precoce de plantas visando menor período vegetativo pode ser aplicada em gerações iniciais do programa de melhoramento. Com relação a capacidade combinatória, os genitores: NS 4823 RR (-2,9), BMX Desafio RR (-0,8) e FMT Anta 82 RR (-1,2) são os mais indicados para gerar populações com menor período vegetativo, apresentado valores de CGC negativos, em ambos os ambientes (Tabela 10). O genitor NS 6823 RR destacou-se por apresentar o valor mais negativo para estimativa de CGC (-2,9).

Tabela 10 – Estimativas médias de capacidade geral de combinação (CGC) em duas épocas de semeadura, para as variáveis, dias para florescimento (DPF), altura de plantas no florescimento (APF), altura de plantas na maturação (APM), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila a e b (TCab) e massa de cem sementes (MCS), referentes a genitores de soja no Município de Rio Verde, GO.

Tratamentos	Genitores grupo I						
	DPF	APF	APM	NNP	NVP	Tcab	MCS
NA 5909 RG	0,3	0,6	-	-0,8	-1,0	0,3	-0,3
NS 4823 RR	-2,9	-3,7	-	-0,9	-3,7	1,6	0,1
SYN 1163 RR	1,1	2,5	-	-0,1	-0,3	-1,0	0,2
PRE 6336 RR	1,1	0,7	-	0,3	0,7	-0,1	0,2
CG 7262 RR	0,4	-0,1	-	1,5	4,2	-0,8	-0,2
	Genitores grupo II						
	DPF	APF	APM	NNP	NVP	Tcab	MCS
BMX Desafio RR	-0,8	-1,4	-3,1	-0,1	-3,1	0,6	-
FMT Anta 82 RR	-1,2	-2,4	3,2	0,3	3,9	-0,8	-
TMG 7262 RR	1,0	0,2	-3,0	-0,4	-5,5	0,2	-
BRSGO 6959 RR	0,5	2,0	-4,6	-0,6	2,8	-0,3	-
CG 7370RR	0,6	1,7	7,5	0,8	1,9	0,4	-

As estimativas de CGC para a variável altura de plantas, no florescimento de maiores magnitudes foram observadas para os genitores do grupo I: NA 5909 RG (0,6), SYN 1163 RR (2,5) e PRE 6336 RR (0,7) e para BRSGO 6959 RR (2,0) e CG 7370 RR (1,7) dentro do grupo II. De fato, os genitores que apresentaram estimativas positivas para dias para florescimento, também contribuíram, para o aumento da altura de plantas no florescimento, fato esperado devido a relação, que existe entre as duas características.

Para a variável altura de plantas na maturação verificou-se significância para interação CGC x A, dentre os genitores do grupo I, portanto sofreram influência ambiental, em sua contribuição genética, e serão discutidos mais à frente neste texto. Dentre os genitores do grupo II, FMT Anta 82 RR (3,2) e CG 7370 RR (7,5) apresentaram estimativas positivas de maior magnitude (Tabela 10). Caso o intuito seja aumentar o tamanho estrutural das plantas na população o uso destes genitores em combinações híbridas é apreciável, por outro lado, se a altura de plantas é um problema, principalmente visando tolerância a acamamento de plantas, deve-se optar por genitores, que contribuam para a redução da altura de plantas, e, portanto, BMX Desafio RR (-3,1), TMG 7262 RR (-3,0) e BRSGO 6959 RR (-4,6) sendo os mais indicados para compor novos blocos de cruzamentos.

Com relação a variável número de nós por planta, dentre os genitores do grupo I, apenas o genitor CG 7262 RR (1,5) apresentou estimativa positiva de maior magnitude. Já dentre os genitores do grupo II, o genitor que apresentou estimativa positiva de maior magnitude foi CG 7370 RR com estimativa de 1,5 (Tabela 10). Todos os demais genitores não são apropriados para aumentar o número de nós por plantas, possuindo estimativas negativas, com exceção a PRE 6336 RR (0,3) e FMT Anta 82 RR (0,3), que apresentaram estimativas positivas de baixa magnitude, em ambos os casos, podendo ser considerados como genitores neutros, neste aspecto, não contribuindo negativamente e fornecendo contribuição de pouca relevância, para aumentar o número de nós por plantas.

Para a variável número de vagens por planta estimativas positivas foram observadas para os genitores do grupo I, sendo que, PRE 6336 RR (0,7) e CG 7262 RR (4,2) apresentaram maiores estimativas positivas (Tabela 10, sendo que o genitor CG 7262 RR apresentou boa contribuição também, para aumentar o número de nós por planta. Dentre os genitores do grupo II, os genitores, CG 7370 RR (1,9), BRSGO 6959 RR (2,8) e FMT Anta 82 RR (3,9), apresentaram estimativas positivas de CGC. Atenção especial deve se dar as estimativas para esta variável, conforme relatado na literatura, o número de vagens por planta é a variável, que apresenta maior contribuição, para a produtividade de grãos (Peluzio et al., 2005).

O genitor BRSGO 6959 RR embora ter apresentado estimativas negativas de CGC para altura de plantas na maturação (-4,6) e número de nós por planta (-0,6), destacou-se com estimativa positiva para número de vagens por planta (2,8), este fato está associado a formação de vagens em ráculos florais, característica associada a plantas com tipo de crescimento determinado.

Com relação a variável teor de clorofila “a e b”, dentro do grupo I, o genitor que apresentou estimativa positiva de CGC de maior magnitude foi NS 4823 RR (1,6) apresentando maior contribuição relativa para ter ganhos nas novas populações, com relação a genes com efeito aditivos associados a CGC (Tabela 10), podendo ser indicado para cruzamentos com esse intuito. Já no grupo II, BMX Desafio RR (0,6) é o genitor com maior potencial para contribuir com suas proles para esta característica. O genitor CG 7370 RR, apresentou estimativa positiva de CGC, embora esta estimativa seja de baixa magnitude (0,4) merece destaque, apresentado estimativas positivas, para caracteres adaptativos, altura de plantas no florescimento (1,7) e altura de plantas na maturação (7,5) e caracteres relacionados aos componentes de rendimento, número de nós por planta (0,8) e número de vagens por planta (1,9), portanto se o intuito é melhorar estes caracteres simultaneamente, com base neste estudo, este genitor é indicado para compor novos blocos de cruzamentos.

O genitor BMX Desafio RR apresenta comportamento ao contrário de CG 7370 RR, apresentando estimativas negativas, para: dias para florescimento (0,8), altura de plantas no florescimento (-1,4), altura de plantas na maturação (-3,0), número de nós por planta (-0,1) e número de vagem por planta (-3,1).

As estimativas de CGC para a variável dias para maturação sofreram influência ambiental, reduzindo estimativas, em função da época de semeadura. Quando ocorre a interação genótipo x ambientes, existe a necessidade de realizar experimentos, em distintos ambientes para reduzir o efeito ambiental, e consequentemente ser mais assertivo no momento das indicações.

Os genitores NA 5909 RG (-1,0), e NS 4823 RR (-3,8) e PRE 6336 RR (-0,6) apresentaram estimativas negativas de CGC no experimento de primeira época (RDE-1) (Tabela 11), e também apresentaram estimativas negativas no experimento de segunda época (RDE-2), sendo, -0,3, -1,1 e -1,9, para PRE 6336 RR, NA 5909 RR e NS 4823 RR, respectivamente.

Tabela 11 – Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) em duas épocas de semeadura, para as variáveis, dias para maturação (DPM) e altura de plantas na maturação (APM), referentes genitores de soja no Município de Rio Verde, GO.

Tratamentos	DPM		
	Genitores grupo I		
	1º época	2º época	CGC média
NA 5909 RG	-1,0	-1,1	-1,0
NS 4823 RR	-3,8	-1,9	-2,9
SYN 1163 RR	0,2	0,6	0,4
PRE 6336 RR	-0,6	-0,3	-0,4
CG 7262 RR	5,2	2,7	4,0
	Genitores grupo II		
	1º época	2º época	CGC média
	1º época	2º época	CGC média
BMX Desafio RR	2,5	0,8	1,6
FMT Anta 82 RR	1,2	1,1	1,1
TMG 7262 RR	-2,0	-2,2	-2,1
BRSGO 6959 RR	-2,3	-2,2	-2,2
CG 7370RR	0,7	2,5	1,6
	APM		
	Genitores grupo I		
	1º época	2º época	CGC média
NA 5909 RG	-3,4	-2,7	-3,1
NS 4823 RR	-7,1	-3,8	-5,5
SYN 1163 RR	5,5	3,7	4,6
PRE 6336 RR	-0,3	-0,6	-0,4
CG 7262 RR	5,4	3,4	4,4
	Genitores grupo II		
	1º época	2º época	CGC média
	1º época	2º época	CGC média
BMX Desafio RR	-	-	-
FMT Anta 82 RR	-	-	-
TMG 7262 RR	-	-	-
BRSGO 6959 RR	-	-	-
CG 7370RR	-	-	-

Na média geral do grupo I, o genitor NS 4823 RR apresentou a estimativa mais negativa de CGC, para a variável dias para maturação (-2,9), contribuindo com suas proles com alelos que codificam para expressar a característica redução de ciclo, nos dois ambientes testados.

No grupo II, os genitores que apresentaram menores estimativas de CGC para dias para maturação foram TMG 7262 RR e BRSGO 6959 RR, com estimativas médias de -2,1 e -2,2, respectivamente. Genitores que apresentem estimativas de CGC negativas são preferidos para compor novos blocos de cruzamentos quando o objetivo principal é a redução de valores para alguma característica.

Para a variável altura de plantas na maturação, apenas o grupo I de genitores sofreu influência ambiental, consequentemente, não apresentando comportamento de contribuição genética similar nos dois ambientes. Os genitores NA 5909 RG e NS 4823 RR apresentaram estimativas médias negativas de maior magnitude -3,1 e -5,5, portanto, os genitores com maiores contribuições quando objetivo é redução da altura de plantas nas populações (Tabela 11). Segundo Rincker et al. (2014), a altura de plantas é uma característica que merece atenção em programas de melhoramento, visto que está diretamente relacionada com resistência de plantas ao acamamento.

Outro ponto importante, quanto à altura de plantas, é que estas não podem ser muito altas, visto que impedem penetração de raios solares, e como consequência ocorre a formação de um microclima adequado para o desenvolvimento de patógenos causadores de doenças em soja. Por outro lado, plantas muito baixas também podem ter a sua produção individual comprometida, afetando os componentes da produção e consequentemente reduzindo a produtividade.

Por outro lado, quando se almeja populações com maior estatura, e que possuam maior amplitude de adaptação geográfica, os genitores que apresentaram maiores estimativas positivas de CGC foram CG 7262 RR e SYN 1163 RR, com estimativas de 4,4 e 4,6, respectivamente.

Com relação a variável massa de cem sementes, detectou-se efeito significativo, apenas para o grupo II de genitores para a fonte de variação interação CGC II x A, sendo que os genótipos não apresentaram comportamento coincidente frente as variações ambientais, ocorrendo interação do tipo complexa, ocorrendo alternância no ranking dos genitores, nos dois ambientes estudados. Resultados que comprovem a associação direta da massa de grãos com produtividade foram obtidos por Zuffo et al. (2020), reforçando a importância de obter-se ganhos em novas populações híbridas para alcançar maiores produtividades de grãos.

Ainda com relação a variável massa de cem sementes na primeira época de semeadura destacaram-se os genitores: BMX Desafio RR, TMG 7262 RR e CG 7370 RR, com estimativas positivas de CGC, com valores de 0,3, 0,4 e 0,9, respectivamente (Tabela 12). Já para a segunda época de semeadura os genitores BMX Desafio RR, CG 7370 RR e TMG 7262 RR apresentaram estimativas positivas de CGC, com valores de 0,3, 0,3 e 0,4, respectivamente.

A magnitude dos efeitos de CGC foi influenciada pelo efeito ambiental, sendo que na média geral o genitor CG 7370 RR, apresentou o maior valor (0,6), seguido de TMG 7262 RR (0,4). Observou-se essa mesma ordem de classificação, na primeira época de semeadura, sendo que o mesmo não aconteceu para segunda época, em que o genitor CG 7370 RR (0,3)

apresentou a menor estimativa positiva de CGC, com menor contribuição para aumento de massa de cem sementes.

Tabela 12 – Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) em duas épocas de semeadura, para as variáveis massa de cem sementes (MCS) e produtividade de grãos em g planta⁻¹ (PG), referentes genitores de soja no Município de Rio Verde, GO.

Tratamentos	MCS		
	1º época	2º época	CGC média
Genitores grupo I			
NA 5909 RG	-	-	-
NS 4823 RR	-	-	-
SYN 1163 RR	-	-	-
PRE 6336 RR	-	-	-
CG 7262 RR	-	-	-
Genitores grupo II			
BMX Desafio RR	0,3	0,3	0,3
FMT Anta 82 RR	-0,5	-0,8	-0,6
TMG 7262 RR	0,4	0,4	0,4
BRSO 6959 RR	-1,1	-0,1	-0,6
CG 7370RR	0,9	0,3	0,6
Tratamentos	PG		
	1º época	1º época	CGC média
Genitores grupo I			
NA 5909 RG	-0,9	0,2	-0,3
NS 4823 RR	-1,5	1,4	-0,1
SYN 1163 RR	0,1	-1,1	-0,5
PRE 6336 RR	0,7	-0,1	0,4
CG 7262 RR	1,5	-0,4	0,5
Genitores grupo II			
BMX Desafio RR	-1,0	0,4	-0,3
FMT Anta 82 RR	0,9	3,1	2,0
TMG 7262 RR	-0,4	-0,8	-0,6
BRSO 6959 RR	-0,4	-1,9	-1,2
CG 7370RR	1,0	-0,9	0,1

A produtividade de grãos é a característica de maior interesse, em programas de melhoramento de soja, sendo uma busca incessante por genótipos, que respondam bem as variações ambientais, e que possuam elevado teto produtivo. Embora o entendimento das interações que ocorrem na expressão de genes que codificam para características com efeito na

produtividade ainda não está por completo, predições do potencial de genitores que contribuam com sua constituição genética é de extrema importância para o melhoramento da cultura.

Considerando a complexidade da característica, observou-se interação significativa, para fonte de variação interação CGC x A, para ambos os grupos de genitores, repercutindo em comportamento não coincidente entre as épocas de semeadura. Segundo Rigon et al. (2012), a produtividade de grãos sofre efeito de genes maiores, de pouco efeito individual, podendo estes serem influenciados, pelas condições ambientais. Para a primeira época de semeadura dentre os genitores do grupo I destacaram-se PRE 6336 RR e CG 7262 RR, com estimativas positivas de maiores magnitudes 0,7 e 1,5 (Tabela 12), respectivamente. Já para a segunda época de semeadura, destacaram-se os genitores NS 5909 RG e NS 4823 RR com estimativas 0,2 e 1,4, respectivamente.

Nota-se que, houve alternância entre os genitores que mais contribuíram para o aumento da produtividade de grãos em diferentes épocas, sendo que, na média geral, os genitores PRE 6336 RR (0,4) e CG 7262 RR (0,5) foram os que apresentam maiores estimativas, este valor evidenciado demonstrando que, quando estes genitores não contribuem positivamente, suas estimativas são pouco negativas, pouco comprometendo o potencial de suas proles.

Já para o grupo II, o genitor FMT Anta 82 RR apresentou estimativas positivas para primeira e segunda época, 0,9 e 3,1, respectivamente (Tabela 12). O mesmo não ocorre para o genitor BMX Desafio RR, que para a primeira época apresentou estimativa negativa (-1,0), sendo que, na segunda época apresentou estimativa positiva (0,4). Outro genitor que não apresentou comportamento coincidente foi a cultivar CG 7370 RR, sendo que para a primeira época de semeadura apresentou estimativa positiva (1,0), já para segunda época este genitor não contribuiu para aumento da produtividade de grãos apresentando estimativa negativa (-0,9).

Em ambos os casos em que ocorreram inversões no comportamento dos genitores, interação do tipo complexa foi verificada, demonstrando a importância de estudar os efeitos de capacidade combinatória frente a variações ambientais.

As estimativas de CEC dão indicio do desvio dos híbridos, em relação ao que é esperado, com base na CGC de seus parentais. Conforme Cruz et al. (2014), os menores valores indicam que os híbridos revelam desempenho conforme o esperado com base na CGC, e estimativas de maiores magnitudes revelam comportamento superior do que o esperado com base na CGC de seus genitores. As combinações NA 5909 RG x BMX Desafio RR (-0,7), SYN 1163 RR x CG 7370 RR (-0,8), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (-1,6) e CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR (-0,7) apresentaram as maiores médias de estimativas negativas para as duas épocas de semeadura para a variável dias para florescimento (Tabela 13), demonstrando que houve

complementariedade entre estes genitores quando inter cruzados, gerando populações com menor período vegetativo.

Os cruzamentos que envolveram o genitor FMT Anta 82 RR com boa estimativa de CGC para redução do período vegetativo, se mostram opção interessante quando objetivo é trabalhar com redução do período vegetativo em novas populações. No caso em que os genitores não foram contrastantes com a concentração alélica relacionada a CGC, ocorreu complementariedade com genes que manifestam a expressão dos caracteres com efeito de dominância, o que pode dificultar a seleção precoce para esta característica, visto que mais gerações de autofecundação podem reduzir o efeito expresso na geração F₂.

Para a variável altura de plantas na floração as combinações que apresentaram estimativas de CEC positivas de maior magnitude foram: NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR (1,2), NA 5909 RG x TMG 7262 RR (1,4), NS 4823 RR x BMX Desafio RR (1,3), NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR (0,5), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (0,9), SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR (0,8), SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR (0,7), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (1,9), PRE 6336 RR x CG 7370 RR (0,6), CG 7262 RR x BMX Desafio RR (2,5), CG 7262 RR x TMG 7262 RR (2,1), CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (1,2) e CG 7262 RR x CG 7370 RR (2,6). Das combinações que apresentaram maiores estimativas de CEC, apenas quatro combinações não possuem em sua genealogia genitores com boas estimativas de CGC.

Vale ressaltar que, as combinações que apresentaram estimativas positivas de CEC para a variável dias para maturação, também apresentaram estimativas de CEC para altura de plantas no florescimento positivas e de maiores magnitudes devido a correlação positiva, que existe entre as características, com exceção das combinações; NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (-0,1) e CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR (-0,6), que apresentaram estimativas negativas para dias para florescimento e positivas para altura de plantas no florescimento. Na cultura da soja existem correlações positivas entre as variáveis, dias para florescimento e altura de plantas, no florescimento, podendo ser utilizadas para seleção indireta visando ganhos em ambas as características (Peluzio et al., 2005).

Tabela 13 – Estimativas médias de capacidade específica de combinação (CEC), para as variáveis: dias para florescimento (DPF), altura de planta no florescimento (APF), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), teor de clorofila “a e b” (TCab) e massa de cem sementes (MCS) referentes a vinte e cinco populações F₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.

Tratamentos	DPF	APF	NNP	NVP	TCab	MCS
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	-0,7	-0,8	-0,3	-0,6	1,6	0,1
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	0,2	1,2	0,5	3,8	-0,8	0,1
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	0,1	1,4	-0,5	0,8	-1,1	0,3
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	-0,1	-0,1	0,4	-0,2	1,6	0,5
NA 5909 RG x CG 7370 RR	-0,4	0,2	0,9	6,6	1,4	0,4
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	1,7	1,3	-0,2	0,5	-0,4	0,1
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	1,2	0,5	0,4	2,7	0,4	-0,1
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	-0,4	-1,1	-0,5	1,6	-0,7	0,4
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	-0,1	0,9	0,9	-1,6	-0,1	0,6
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-0,1	-0,6	1,2	7,5	-0,3	-1,0
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-0,3	-1,4	-0,7	-3,9	-0,1	0,3
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	0,3	0,8	-0,5	-6,1	0,3	0,1
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	-0,1	-1,5	-0,1	3,5	0,1	0,5
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	0,1	0,7	0,6	1,6	-1,1	-0,1
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-0,8	-1,6	0,1	1,9	0,4	-0,1
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-0,4	-0,7	0,1	-2,0	0,1	0,2
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	-1,6	-1,2	0,6	5,2	-0,1	0,1
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	0,1	0,3	-0,1	-2,3	1,6	-0,3
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	1,3	1,9	0,2	5,1	0,7	0,8
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	0,1	0,6	-0,3	1,5	-0,3	0,4
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	2,4	2,5	0,8	7,3	-0,6	0,9
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	-0,6	0,3	-0,4	-1,5	0,2	0,5
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	1,4	2,1	1,0	2,9	-0,4	0,7
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	0,7	1,2	0,4	2,8	0,3	-0,7
CG 7262 RR x CG 7370 RR	1,9	2,6	-0,5	-3,4	0,6	0,4

Com relação a variável número de nós por planta destacaram-se com estimativas de CEC as combinações híbridas: NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR (0,5), NA 5909 RG x CG 7370 RR (0,9), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (0,9), NS 4823 RR x CG 7370 RR (1,2), SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR (0,6), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (0,6), CG 7262 RR x BMX Desafio RR (0,8) e CG 7262 RR x TMG 7262 RR (1,0).

Apenas as combinações: NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR e SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR não apresentam em sua genealogia genitores com boas estimativas de CGC, sendo que as demais são alternativas interessantes quando objetiva-se ganhos para esta característica.

Segundo Rocha et al. (2019), genitores com estimativas positivas de maiores magnitudes de capacidade geral de combinação contribuem, para a formação de populações geneticamente superiores devido a presença de genes com efeitos aditivos, fundamental para desenvolvimento de linhagens, com alto desempenho para caracteres quantitativos.

Quanto as estimativas de CEC para a variável número de vagens por planta, as combinações que apresentaram estimativas positivas de maior magnitude foram: NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR (3,8), NA 5909 RG x TMG 7262 RR (0,8), NA 5909 RG x CG 7370 RR (6,6), NS 4823 RR x BMX Desafio RR (0,5), NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR (2,7), NS 4823 RR x TMG 7262 RR (1,6), NS 4823 RR x CG 7370 RR (7,5), SYN 1163 RR x TMG 7262 RR (3,5), SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR (1,6), SYN 1163 RR x CG 7370 RR (1,9), PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR (5,2), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (5,1), PRE 6336 RR x CG 7370 RR (1,5), CG 7262 RR x BMX Desafio RR (7,3), CG 7262 RR x TMG 7262 RR (2,9) e CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (2,8) (Tabela 13), sendo que, apenas quatro destas combinações não apresentam em sua genealogia nenhum genitor com boa estimativa de CGC.

Populações segregantes que apresentaram maior número de vagens, por planta são de interesse em programas de melhoramento, pois este é o componente de produção que apresenta forte influência, sobre a produtividade de grãos, podendo ser utilizado como característica auxiliar para aplicação de seleção indireta. Segundo Almeida et al. (2010), o número de vagens por planta é a variável que apresenta maior contribuição, para a característica produtividade de grãos.

Com relação a variável teor de clorofila “a e b” as combinações que apresentaram estimativas positivas de CEC foram: NA 5909 RG x BMX Desafio RR (1,6), NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR (1,6), NA 5909 RG x CG 7370 RR (1,4), PRE 6336 RR x TMG 7262 RR (1,6), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (0,7) e CG 7262 RR x CG 7370 RR (0,6) (Tabela 13).

Com exceção a combinação PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR, todas as demais apresentam em sua genealogia pelo menos um genitor, com estimativa positiva de CGC, com destaque para as combinações NA 5909 RG x BMX Desafio RR e NA 5909 RG x CG 7370 RR, que possuem em sua genealogia os dois genitores com estimativas positivas de CGC. Diante deste resultado, observa-se a importância dos efeitos gênicos aditivos, no controle da expressão desta característica.

Para a variável massa de cem sementes, verificou-se que as populações que apresentaram estimativas positivas de CEC de maiores magnitudes foram: NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR (0,5), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (0,6), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (0,8), CG 7262 RR x BMX Desafio RR (0,9) e CG 7262 RR x TMG 7262 RR (0,7) (Tabela

13). Apenas a combinação NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR não possui em sua genealogia nenhum genitor, com estimativa positiva de CGC, e o comportamento destas populações, pode ser predito apenas por efeitos de desvios de dominância, comprometendo técnicas como seleção precoce para esta variável. É de interesse dos melhoristas combinações híbridas com estimativas de CEC mais favoráveis e que envolvam pelo menos um dos genitores, com estimativas de maiores magnitudes de CGC para o carácter (Menezes et al., 2017).

Com relação a variável dias para maturação verificou-se efeito significativo, para interação CEC x A, constatando a influência ambiental, sobre a expressão desta característica, bem como, a necessidade de realizar estudo em mais de um ambiente para predizer o real potencial das populações segregantes.

As combinações híbridas que apresentaram estimativas positivas de CEC, ou seja, que apresentam desvio positivo em relação aos genitores, corroborando para extração de linhagens com ciclo maior que de seus parentais foram: NA 5909 RG x CG 7370 RR (0,9), NS 4823 RR x CG 7370 RR (6,7), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (1,1), CG 7262 RR x TMG 7262 RR (3,3), CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (2,1) e CG 7262 RR x CG 7370 RR (0,5) (Tabela 14).

Por outro lado, na maioria das vezes, em programas de melhoramento da cultura da soja busca-se reduzir o ciclo de novas cultivares, para tanto, populações que apresentem estimativas negativas de CEC, e com pelo menos um genitor que apresente estimativa negativa de CGC são preferidas.

As combinações que apresentaram estimativas negativas de maior magnitude em ambos os ambientes foram: NA 5909 RG x BMX Desafio RR (-1,3), NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR (-1,3), NA 5909 RG x TMG 7262 RR (-0,7), SYN 1163 RR x BMX Desafio RR (-0,7), SYN 1163 RR x CG 7370 RR (-0,7), PRE 6336 RR x BMX Desafio RR (-1,0) e PRE 6336 RR x TMG 7262 RR -0,9) (Tabela 14). Apenas as combinações SYN 1163 RR x BMX Desafio RR, SYN 1163 RR x CG 7370 RR não possuem em sua genealogia genitores com estimativas negativas de CGC para a característica em questão.

Vale destacar que, na média geral de CEC, as duas combinações que apresentam maiores estimativas envolvem em sua genealogia o genitor NA 5909 RG, sendo NA 5909 RG x BMX Desafio RR e NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR, ambas com valores de -1,3.

Tabela 14 – Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) em duas épocas de semeadura, para a variável dias para maturação (DPM), referentes a vinte e cinco populações F₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.

Tratamentos	RDE-1 ¹	RDE-2 ²	Média
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	-2,4	-0,2	-1,3
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	-2,3	-0,4	-1,3
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	-0,8	-0,6	-0,7
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	0,5	-0,9	-0,2
NA 5909 RG x CG 7370 RR	0,8	0,9	0,9
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	-0,5	0,3	-0,1
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	1,0	-1,0	0,1
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	2,2	-0,2	1,0
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	2,4	-0,1	1,1
NS 4823 RR x CG 7370 RR	1,2	12,3	6,7
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-1,2	-0,2	-0,7
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	-2,8	0,3	-1,2
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	0,3	0,1	0,2
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	-0,1	0,7	0,3
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-0,1	-1,5	-0,7
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-1,4	-0,7	-1,0
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	-0,3	0,7	0,2
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-1,5	-0,3	-0,9
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	1,1	1,1	1,1
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	0,8	-1,5	-0,4
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	1,1	0,1	0,6
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	0,3	0,6	0,5
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	4,0	2,6	3,3
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	2,9	1,2	2,1
CG 7262 RR x CG 7370 RR	1,6	-0,7	0,5

¹Rio Verde primeira época, ²Rio Verde segunda época.

Com relação a variável altura de plantas na maturação, as combinações híbridas, que apresentaram estimativas positivas de maior magnitude, em ambas as épocas de semeadura foram: NA 5909 RG x TMG 7262 RR (2,4), NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR (1,3), NS 4823 RR x TMG 7262 RR (2,3), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (8,8), SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR (3,8), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (4,3), PRE 6336 RR x CG 7370 RR (2,2), CG 7262 RR x BMX Desafio RR (3,4), CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR (1,8), CG 7262 RR x TMG 7262 RR (3,2), CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR (2,9) e CG 7262 RR x CG 7370 RR (1,9) (Tabela 15).

Para a seleção de populações segregantes com alto potencial para gerar progênies de porte alto, é recomendável que a combinação híbrida apresente estimativa positiva de CEC e pelo menos um genitor com estimativa positiva de CGC, além de apresentar a média de CEC positiva e com maior magnitude. Neste caso, as combinações: SYN 1163 RR x BRSGO 6959

RR, CG 7262 RR x BMX Desafio RR, CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR, CG 7262 RR x TMG 7262 RR, CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR e CG 7262 RR x CG 7370 RR, apresentam em sua genealogia, pelo menos um genitor, com estimativa positiva de CGC. O genitor CG 7262 RR destacou-se por contribuir, em todas as combinações que esteve envolvido, fato verificado pelas estimativas positivas de CEC verificadas.

Tabela 15 – Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) em duas épocas de semeadura, para a variável altura de plantas na maturação (APM), referentes a vinte e cinco populações F₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.

Tratamentos	RDE-1 ¹	RDE-2 ²	Média
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	0,8	-0,8	0,1
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	-2,6	-1,2	-1,9
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	1,4	3,4	2,4
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	1,7	0,9	1,3
NA 5909 RG x CG 7370 RR	1,7	-0,2	0,7
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	0,4	-1,0	-0,3
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	-1,6	-0,3	-1,0
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	4,0	0,5	2,3
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	11,2	6,3	8,8
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-4,7	10,3	2,8
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-2,3	-2,2	-2,3
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	0,2	-4,1	-2,0
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	-4,7	-4,5	-4,6
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	5,2	2,4	3,8
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	-1,6	2,9	0,7
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-2,4	1,8	-0,3
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	0,3	2,0	1,1
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-0,3	-1,9	-1,1
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	3,8	4,7	4,3
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	2,0	2,4	2,2
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	4,3	2,5	3,4
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	1,6	2,0	1,8
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	2,7	3,7	3,2
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	1,9	3,8	2,9
CG 7262 RR x CG 7370 RR	2,7	1,2	1,9

¹Rio Verde primeira época, ²Rio Verde segunda época.

Por outro lado, quando o objetivo é extrair linhagens de porte baixo, principalmente pensando em gerar cultivares, com indicação para regiões de maiores latitudes, e com ênfase em regiões de menor altitude e solos férteis, sendo que em condições normais, a soja aumenta a duração da fase vegetativa, ampliando o risco de acamamento, sendo que as combinações com

estimativa de CGC negativa são preferidas. Segundo Sedyama et al. (2015), a altura de plantas é uma importante característica para se trabalhar o seu melhoramento visto que, a melhor amplitude de variação de altura fica entre 60 e 90 cm, sendo que abaixo de 60 cm ocorre comprometimento da produtividade de grãos, e acima de 90 cm pode facilitar o acamamento de plantas.

Ainda, com relação a variável altura de plantas na maturação, as combinações híbridas que apresentaram estimativas negativas de CEC foram: NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR (-1,9), NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR (-1,0), SYN 1163 RR x BMX Desafio RR (-2,3), SYN 1163 RR x TMG 7262 RR (-4,6) e PRE 6336 RR x TMG 7262 RR (-1,1) (Tabela 15), sendo que, em todas as combinações está presente pelo menos um genitor com estimativa negativa de CGC.

A produtividade de grãos é sem dúvida, o principal foco nos programas de melhoramento de soja, visto que, a demanda comercial é focada em cultivares modernas e produtivas, que atendam às necessidades da cadeia produtiva. Para o desenvolvimento de novas cultivares, com elevado teto produtivo, populações segregantes com média alta associadas a variabilidade genética são objetivos nas fases iniciais de melhoramento, sendo uma forma de prever o potencial genético destas populações segregantes é através de estimativas de capacidade específica de combinação. Segundo Daronch et al. (2014), os maiores valores de CEC são observados para combinações mais dissimilares, nas frequências de genes com dominância.

As combinações que apresentaram estimativas de CEC de maior magnitude, para produtividade de grãos foram: NA 5909 RG x BMX Desafio RR (1,5), NA 5909 RG x TMG 7262 RR (5,1), NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR (0,7), SYM 1163 RR x BRSGO 6959 RR (2,4), SYN 1163 RR x CG 7370 RR (2,5), PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR (1,9), CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR (3,3), CG 7262 RR x TMG 7262 RR (1,3) e CG 7262 RR x CG 7370 RR (0,9) (Tabela 16). Embora a produtividade de grãos seja uma característica de natureza genética complexa, que sofre forte influência ambiental, verifica-se nas médias das estimativas de CEC, que quatro das sete combinações apresentam, pelo menos um genitor com estimativa positiva de CGC, sendo indicadas para extração de progênes, com potencial para maiores rendimentos.

Observou-se que, os valores estimados de CGC dos parentais foram baixos, e que os efeitos de CEC para as combinações híbridas em alguns casos foram muito superiores ao observados nos parentais, mesmo com predominância de efeitos gênicos aditivos, no controle da característica. Quando os valores de estimativas de CEC são superiores ao observados na

CGC dos parentais, a superioridade da população é oriunda da complementação gênica do *loci*, podendo gerar uma combinação muito melhor do que o esperado em ambos os parentais (Rocha et al., 2018). Portanto, nota-se a contribuição dos genitores para formação das populações com maior potencial, para produtividade de grãos, além disso, com base na CEC evidenciou-se complementariedade gênica, entre os parentais.

Tabela 16 – Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) em duas épocas de semeadura, para a variável produtividade de grãos, em g planta⁻¹ (PG), referentes a vinte e cinco populações F₂ de soja, no Município de Rio Verde, Goiás.

Tratamentos	1º época	2º época	Média
NA 5909 RG x BMX Desafio RR	0,2	2,8	1,5
NA 5909 RG x FMT Anta 82 RR	0,1	-1,7	-0,8
NA 5909 RG x TMG 7262 RR	2,2	8,1	5,1
NA 5909 RG x BRSGO 6959 RR	0,1	-2,4	-1,2
NA 5909 RG x CG 7370 RR	2,0	-1,3	0,3
NS 4823 RR x BMX Desafio RR	1,3	-0,9	0,2
NS 4823 RR x FMT Anta 82 RR	-1,2	14,3	6,6
NS 4823 RR x TMG 7262 RR	-0,1	-1,1	-0,5
NS 4823 RR x BRSGO 6959 RR	1,1	0,4	0,7
NS 4823 RR x CG 7370 RR	-1,3	-6,3	-3,8
SYN 1163 RR x BMX Desafio RR	-0,7	-4,7	-2,7
SYN 1163 RR x FMT Anta 82 RR	-1,3	-6,2	-3,8
SYN 1163 RR x TMG 7262 RR	3,1	-2,9	0,1
SYN 1163 RR x BRSGO 6959 RR	-2,0	6,8	2,4
SYN 1163 RR x CG 7370 RR	0,3	4,8	2,5
PRE 6336 RR x BMX Desafio RR	-2,3	4,6	1,2
PRE 6336 RR x FMT Anta 82 RR	1,1	-6,8	-2,8
PRE 6336 RR x TMG 7262 RR	-2,9	-3,2	-3,1
PRE 6336 RR x BRSGO 6959 RR	2,3	1,5	1,9
PRE 6336 RR x CG 7370 RR	1,6	-0,4	0,6
CG 7262 RR x BMX Desafio RR	1,4	-3,9	-1,2
CG 7262 RR x FMT Anta 82 RR	2,6	4,0	3,3
CG 7262 RR x TMG 7262 RR	0,1	2,6	1,3
CG 7262 RR x BRSGO 6959 RR	0,2	-1,4	-0,6
CG 7262 RR x CG 7370 RR	-0,2	2,0	0,9

¹Rio Verde primeira época, ²Rio Verde segunda época.

4. CONCLUSÕES

Efeitos gênicos aditivos foram expressos, em maior magnitude para todas as variáveis analisadas na geração F₂, esta informação pode fornecer ao pesquisador a possibilidade de explorar a seleção precoce.

As estimativas de capacidade geral de combinação para as variáveis: altura de plantas na maturação, dias para maturação, massa de cem sementes e produtividade de grãos sofreram influencia ambiental, repercutindo em estimativas não coincidentes, em duas épocas de semeadura.

A cultivar CG 7370 RR pode ser considerada com um genitor de ampla aptidão, contribuindo com suas populações, com genes de efeitos aditivos, para as variáveis: dias para florescimento, maturação, altura de plantas no florescimento, maturação, número de nós e de vagens, por planta e teor de clorofila “a e b”.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDISSERA, J. N. C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 2, p. 181–189, 2014.

BHERING, L.L.; PEIXOTO, L.A.; CRUZ, C.D. Seleção de genitores. In: **Melhoramento da Soja**, 1º edição, Viçosa, UFV, 563 p., 2017.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P. C.C S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. Ed. Ver. e ampl. Viçosa: UFV, 668p., 2014.

DARONCH, D. J.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; NASCIMENTO, M. O. Capacidade combinatória de cultivares de soja em F2, sob condições de Cerrado Tocantinense. **Bioscience Journal**. v. 30, n. 2, pag. 688-695, 2014.

DIERS, B. W.; SPECHT, J.; RAINEY, K. M.; CREGAN, P.; SONG, Q.; RAMASUBRAMANIAN, V.; SHANNON, G. Genétic architecture of soybean yield and agrnomic traits. **G3-Genes Genomics**. v. 8, p. 3367-3375, 2018.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, revisão e ampliação**, Brasília, DF, 356p, 2018.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, North Carolina, v. 22, p. 439-452, 1966.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel-crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, V. 9: p. 463-493, 1956.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics, Austin**, v. 39, p. 789-809, 1954.

LOPES SOBRINHO, O. P.; SANTOS, L. N. S.; SANTOS, G. O.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de Rio Verde, Goiás, **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 19-33, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.68692>.

MARQUES, M. C.; HAMAWAKI, O. T.; SEDIYAMA, T.; BUENO, M. R.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**. v. 27, n. 1, p. 59-69, 2011.

MENEZES, C. B.; SAANTOS, C. V.; SALDANHA, D. C.; JÚLIO, M. P. M.; SILVA, K. J.; SILVA, C. H. T.; RODRIGUES, J. A. S. Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 509-523, 2017.

PELUZIO, J. M.; ALMEIDA, R. D.; FIDELIS, R. R.; JÚNIOR, D. A.; BRITO, É. L.; FRANCISCO, E. R. Correlações entre caracteres de soja, em Gurupi, Tocantins, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 779-786, 2005.

PIMENTEL, A. J. B. **Caracterização de cultivares para tolerância ao calor e metodologias para seleção de genótipos em trigo**. 2014. 61f. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**, Piracicaba, 15º edição, 451p., 2009.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na Agropecuária**, Editora UFLA, Lavras, 556 p., 2012.

ROCHA, M. R.; HAMAWAKI, O. T.; NOGUEIRA, A. P. O.; JUNIOR, C. S. M.; HAMAWAKI, C. D. L.; HAMAWAKI, R. L. Combinatorial analysis of agronomic characters in soybean. **Ciencia e Agrotecnologia**. v. 43, p. 1-7, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054201943028018>

ROCHA, G. A. F.; PEREIRA, F. A. C.; VELLO, N. A. Potential of soybean crosses in early inbreeding generations for grain yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 267-275, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n3a40>

SEDIYAMA, T. **Melhoramento genético da soja**. Londrina: Ed. Mecnas, 352 p., 2015.

SILVA, M. J.; DAMASCENO, C. M. B.; CARNEIRO, J. E. S.; PEREIRA, H. D.; CARNEIRO, P. C. S.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. Combining ability of biomass sorghum in diferente crop years and sites for bioenergy generation. **Agronomy Journal**. v. 112, p. 1549-1563, 2020.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**. p. 923-942, 1942.

TEODORO, L. P. R.; BHERING, L. L.; GOMES, B. E. L.; CAMPOS, C. N. S.; BAIO, F. H. R.; GAVA, R.; JÚNIOR, C. A. S.; TEODORO, P. E. Understanding the combining ability for physiological traits in soybean. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, p. 1-13, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226523>

VENKOVSKY, R. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill, 1978.

VERNETTI, F. J.; VERNETTI JÚNIOR, F. J. **Genética da soja: caracteres qualitativos e diversidade genética**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 221 p., 2009.

YOKOYAMA, A. H.; RIBEIRO, R. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C. Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**. V. 41, n. 4, p. 953-962, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18153>.

ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G.; RATKE, R. F.; STEINER, F.; OLIVEIRA, A. M.; FONSECA, W. L.. Path analysis in soybean subjected to nitrogen sources and application rates inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* in soils with different fertility levels. **Research, Society and Development**, V. 9, N. 7, P. 1-21, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3813>.