

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA

BRUNA DE JESUS SILVA

**ANÁLISE DIALÉLICA EM SOJA NAS GERAÇÕES F1 E F2 VISANDO
CARACTERES AGRONÔMICOS E PRODUÇÃO DE GRÃOS**

Uberlândia - MG

2024

BRUNA DE JESUS SILVA

**ANÁLISE DIALÉLICA EM SOJA NAS GERAÇÕES F1 E F2 VISANDO CARACTERES
AGRONÔMICOS E PRODUÇÃO DE GRÃOS**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título mestre em agronomia.
Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Oliveira Nogueira.

Uberlândia – MG

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 Silva, Bruna de Jesus, 1996-
2024 Análise dialélica em soja nas gerações f1 e f2 visando
caracteres agronômicos e produção de grãos [recurso
eletrônico] / Bruna de Jesus Silva. - 2024.

Orientadora: Ana Paula Oliveira Nogueira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.305>
Inclui bibliografia.

1. Agronomia. I. Nogueira, Ana Paula Oliveira, 1981-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-
graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP
38400-902

Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 003/2024, PPGAGRO				
Data:	Vinte e oito de fevereiro de dois mil e vinte e quatro	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:27
Matrícula do Discente:	12212AGR014				
Nome do Discente:	Bruna de Jesus Silva				
Título do Trabalho:	ANÁLISE DIALÉLICA EM SOJA NAS GERAÇÕES F1 E F2 VISANDO CARACTERES AGRONÔMICOS E PRODUÇÃO DE GRÃOS				
Área de concentração:	Produção vegetal				
Linha de pesquisa:	Melhoramento de Plantas				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Doutor: Marcos Vieira de Faria - UFU. Professores Doutores: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki - UFU; Abadia dos Reis Nascimento - UFG; Ana Paula Oliveira Nogueira - UFU orientador do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Ana Paula Oliveira Nogueira, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Oliveira Nogueira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/02/2024, às 17:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Marcos Vieira de Faria, Técnico(a)** de



Laboratório, em 28/02/2024, às 17:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Osvaldo Toshiyuki Hamawaki, Usuário Externo**, em 28/02/2024, às 17:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Abadia dos Reis Nascimento, Usuário Externo**, em 21/05/2024, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5215013** e o código CRC **B824E19D**.

Referência: Processo nº 23117.014577/2024-72

SEI nº 5215013

Dedico este trabalho a Deus, a minha
família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão ao Deus Pai pela força inabalável que me foi concedida ao longo da minha vida. Sou e serei eternamente grata pela orientação e proteção contínua que me transformaram na pessoa que sou hoje. Sem o cuidado vigilante de Deus, minha jornada teria sido incompleta.

Jonathan, quero expressar minha gratidão por seu apoio e orientação inabaláveis nos últimos dois anos. Sua paciência em ouvir minhas reclamações, seus conselhos sábios em me ajudar a realizar meu potencial e suas opiniões em minha capacidade de superar quaisquer obstáculos foram inestimáveis. Quero também expressar os meus sinceros agradecimentos à minha Mãe Edivania, aos meus irmãos Felipe e Thiago, e aos meus sogros Sanzio e Neide pela assistência e pelo seu apoio inabalável neste trabalho e em todos outros aspectos da minha vida. Sem vocês, a jornada teria sido muito mais desafiadora.

Expresso minha gratidão aos colegas Josef, Matheus Braga e Michelle do Programa de Melhoramento Genético da Soja-UFU, pela inestimável assistência nos experimentos e diversas outras tarefas. Gostaria também de agradecer aos colegas, funcionários e amigos do programa de melhoramento genético da soja pelo generoso apoio.

Aos meus amigos Rafaela, Maurício, Rafael, Pedro, Michele e todos aqueles que me aconselharam e apoiaram durante esse processo árduo.

Dra. Ana Paula, o quanto importante foi todos os momentos compartilhados com a senhora, levarei sempre em minha bagagem o que vivi sendo sua orientada, agradeço de coração aos conselhos e aos apoios, foi inestimável ter sua ajuda durante esta jornada.

Agradeço o inestimável apoio financeiro fornecido pela FAPEMIG, que desempenhou um papel crucial para garantir a realização bem-sucedida deste trabalho.

“A experiência é o nome que damos aos
nossos erros”.

Oscar Wilde.

RESUMO

Nos últimos anos, houve um aumento significativo na produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Brasil, atribuído aos avanços no melhoramento genético que impulsionaram enormemente a produção de grãos. A seleção criteriosa dos genitores da soja é crucial na criação de populações com alto potencial genético e variabilidade. A análise dialélica é uma ferramenta valiosa na seleção de pais e na compreensão dos efeitos genéticos envolvidos na herança de características. Pensando nisso, o objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade combinatória de quatro genitores de soja e suas combinações híbridas nas gerações F1 e F2 por meio de cruzamentos dialélidos parciais, com o objetivo de identificar genitores e combinações promissoras para o melhoramento da soja. A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Capim Branco e na Fazenda Experimental Glória, ambas localizadas na Universidade Federal de Uberlândia-MG. As populações segregantes foram geradas em 2022. As cultivares específicas utilizadas foram TMG 7363 RR, TMG 7161 RR, NA 7337 RR e BRS 511, tais possuem características desejáveis, como alto potencial de produção, adaptabilidade e resistência a fatores bióticos e abióticos. Ao cruzar essas cultivares em seis combinações diferentes foram geradas populações F1 e F2. Diversas características foram avaliadas incluindo altura do hipocótilo e epicótilo, número de nós altura da planta na floração, número de dias para floração e maturidade, número de vagens com 1 2 e 3 grãos, número total de vagens, número total de grãos e produção de grãos por planta. Os dados obtidos nessas avaliações foram analisados por meio do software GENES, que envolveu análise de variância, análise de agrumento e testes dialélidos. A partir da análise dialélica determinou-se que a cultivar TMG 7161 RR apresentou desempenho excepcional como genitor em termos de aumento do número de vagens de três grãos, número total de vagens e número de sementes por vagem na geração F1. Além disso, contribuiu para a redução do ciclo na geração F2. Entre os vários cultivares examinados, o NA 7337 exibiu qualidades excepcionais como progenitor em termos de contagem total de vagens na geração F2. Pares notáveis que mostram potencial incluem NA 7337 RR X BRS 511, BRS 511 X TMG 7363 RR e 7161 RR X TMG 7363 RR.

Palavras-chave: *Glycine max*; capacidade geral e específica de combinação; genitores.

ABSTRACT

In recent years, there has been a significant increase in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) productivity in Brazil, attributed to advances in genetic improvement that have enormously boosted grain production. The careful selection of soybean parents is crucial in creating populations with high genetic potential and variability. Diallel analysis is a valuable tool in selecting parents and understanding the genetic effects involved in the inheritance of traits. With this in mind, the objective of this study was to evaluate the combinatorial capacity of four soybean parents and their hybrid combinations in the F1 and F2 generations through partial diallel crosses, with the aim of identifying promising parents and combinations for soybean improvement. The research was carried out at the Capim Branco Experimental Farm and the Glória Experimental Farm, both located at the Federal University of Uberlândia-MG. The segregating populations were generated in 2022. The specific cultivars used were TMG 7363 RR, TMG 7161 RR, NA 7337 RR and BRS 511, which have desirable characteristics, such as high production potential, adaptability and resistance to biotic and abiotic factors. By crossing these cultivars in six different combinations, F1 and F2 populations were generated. Several characteristics were evaluated including hypocotyl and epicotyl height, number of nodes, plant height at flowering, number of days to flowering and maturity, number of pods with 1, 2 and 3 grains, total number of pods, total number of grains and production of grains per plant. The data obtained in these evaluations were analyzed using the GENES software, which involved analysis of variance, cluster analysis and diallel tests. From diallel analysis, it was determined that the cultivar TMG 7161 RR showed exceptional performance as a parent in terms of increasing the number of three-grain pods, total number of pods and number of seeds per pod in the F1 generation. Furthermore, it contributed to the reduction of the cycle in the F2 generation. Among the various cultivars examined, NA 7337 exhibited exceptional qualities as a parent in terms of total pod count in the F2 generation. Notable pairs showing potential include NA 7337 RR X BRS 511, BRS 511 X TMG 7363 RR and 7161 RR X TMG 7363 RR.

Keywords: *Glycine max*; General and specific combination; genitors.

LISTA DE IMAGENS

Imagen 1: Experimento F1 na Fazenda Capim Branco.....	17
Imagen 2: Experimento F1 na Fazenda Capim Branco	17
Imagen 3: Vasos semeados com os genitores para formar o bloco de cruzamento	19
Imagen 4: Bloco de cruzamento formado	19
Imagen 5: Ilustração do método de hibridação nas cultivares TMG 7161 x TMG 7363	20
Imagen 6: Vagem oriunda de um cruzamento.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cultivares de soja e características quanto ao ciclo e resistência a fitopatógenos ..	18
Tabela 2: Esquema de cruzamento dialélico completo, sem os cruzamentos recíprocos	20
TABELA 3: Resumo da análise de variância de caracteres da fase vegetativa e caracteres do florescimento, em análise dialélica nas gerações F1 e F2 em soja	24
TABELA 4: Resumo da análise de variância de componentes de produtividade e produção de grãos, em análise dialélica nas gerações F1 e F2 em soja, Uberlândia, MG, 2023-2024.....	25
TABELA 5: Médias dos parentais e de suas combinações de caracteres da fase vegetativa e caracteres do florescimento em soja nas gerações.....	28
TABELA 6: Médias dos parentais e de suas combinações componentes de produtividade e produção de grãos soja nas gerações F1 e F2	32
TABELA 7: Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de cultivares de soja quanto a caracteres da fase vegetativa e agronômicos nas gerações F1 e F2.....	34
TABELA 8: Estimativas dos efeitos da capacidade específica dos genótipos de combinação na geração F1 e F2 em soja	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Aspecstos gerais sobre a soja	13
2.2	Origem e introdução da soja no Brasil.....	15
2.3	Melhoramento genético da soja por meio de análise dialelica	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Local de instalação do Experimento.....	17
3.2	Genitores	18
3.3	Implantação do bloco de cruzamento e hibridação artificial	18
3.4	Implementação da geração F1	20
3.5	Implementação do experimento geração F2	21
3.6	Avaliações de caracteres vegetativos e agronômicos.....	21
3.7	Análise estatística dos dados	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÕES	35
6	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da soja possui grande importância na economia mundial, sendo útil como matéria-prima crucial em diversos setores agroindustriais. É extremamente reconhecida como a principal oleaginosa, exercendo influência socioeconômica significativa devido à crescente demanda por petróleo, à produção de biodiesel e ao seu papel primordial como fonte de proteína (Silva *et al.*, 2017).

Segundo Dayana *et al.* (2022), o teor de óleo dessa oleaginosa varia de 17% a 22%, o que se torna muito procurado em diversos setores. O Brasil detém atualmente o título de maior produtor e exportador mundial de oleaginosas, com uma impressionante produção de 154,62 milhões de toneladas durante a safra 2022/2023, conforme informado pela (Companhia Nacional de Abastecimento, 2023).

O aumento nos níveis de produção pode ser creditado aos avanços genéticos, especificamente à criação de novas cultivares que possuem alta capacidade de produtividade e resistência contra estresses bióticos e abióticos que impactam as qualidades do rendimento das culturas (Almeida *et al.*, 1999; Bezerra *et al.*, 2017).

Estes avanços são atribuídos ao trabalho diligente dos melhoristas que dedicaram seus esforços à realização de pesquisas destinadas a identificar genótipos superiores. Alcançados através do cruzamento deliberado de cultivares com características contrastantes, essas hibridizações dão origem a populações segregantes que possuem potencial genético excepcional e uma ampla gama de variabilidade genética. Tais fatores desempenham um papel crucial na progressão contínua das gerações subsequentes (Soares *et al.*, 2023; Castro *et al.*, 2021).

O sucesso dos programas de melhoramento depende da capacidade de garantir combinações híbridas ideais durante os estágios iniciais do melhoramento. Vários métodos foram concebidos para auxiliar e agilizar este processo, todos com o objetivo final de produzir populações segregantes superiores. Um desses métodos é o cruzamento dialélico, que engloba uma série de metodologias (ROCHA *et al.*, 2019), sendo que o modelo de análise proposto por Griffing (1956) é o mais usado para se estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC). Caracteres que demonstram alta relação CGC/CEC levam a maiores ganhos de seleção na próxima geração (Bi *et al.*, 2015).

Ao avaliar o desempenho da prole resultante de vários cruzamentos, a análise dialética permite a identificação da combinação parental ideal. Além disso, facilita a

identificação dos mecanismos genéticos subjacentes à característica, auxiliando na determinação de estratégias de manejo populacional e critérios de seleção adequados (Pimenta *et al.*, 2013).

Ao participar de um programa que visa melhorar a genética da soja através da hibridização, a seleção dos pais é uma prática regular. Os candidatos preferenciais a genitores são os cultivares disponíveis no mercado de sementes, que possuam os genes específicos que determinam as características desejadas nos novos genótipos. Consequentemente, ter informações genéticas sobre essas cultivares auxilia os criadores na identificação e recomendação da população mais adequada para posterior seleção.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o impacto da capacidade combinada de quatro genitores de soja e suas combinações híbridas nas gerações F1 e F2 por meio de cruzamentos dialélicos parciais, com o objetivo de identificar potenciais genitores e combinações para potencializar o cultivo da soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspecstos gerais sobre a soja

A soja, cientificamente conhecida como *Glycine max* (L.) Merrill, ocupa uma posição significativa no domínio das commodities agrícolas modernas como semente leguminosa. Com sua ampla importância, a soja desempenha um papel vital em diversos aspectos. É responsável por aproximadamente 25% da produção global de óleo comestível e serve como fonte primária de concentrado proteico para alimentação animal, contribuindo com cerca de dois terços do abastecimento mundial (Maranna *et al.*, 2021).

A agroindústria de alimentos e a indústria química se beneficiam muito da versatilidade da soja, pois dão origem a diversos produtos e subprodutos. Através do processo de processamento da soja são gerados dois subprodutos altamente consumidos: o farelo e o óleo. O farelo tem sua principal aplicação na produção de ração animal, enquanto o óleo é desenvolvido especificamente para consumo humano (Sediyama, 2015), e representa um dos alimentos mais versáteis que o homem conhece, possuindo uma composição química com alto valor nutricional e compostos funcionais importantes na manutenção na saúde e redução de riscos de doenças crônico-degenerativas não transmissíveis (Mendes *et al.*, 2021).

G. max, um membro do gênero *Glycine*, é classificado na família Fabaceae, especificamente na subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae e subtribo Glicinina. É uma cultura herbácea anual com germinação epígea com um ciclo de vida que varia de 70 a 200 dias. A

planta pode atingir alturas de 30 cm a 250 cm e tem hábito de crescimento ereto ou prostrado. Apresenta crescimento determinado, semideterminado ou indeterminado, e seus caules e vagens são cobertos de pubescência, aparecendo em tons de cinza ou marrom com intensidades variadas. As sementes de soja possuem excelente qualidade visual e fisiológica, a planta demonstra resistência a pragas, doenças e herbicidas e apresenta alta produtividade (Silva *et al.*, 2022).

O sistema radicular desta planta é fasciculado e axial, permitindo o desenvolvimento de raízes secundárias. As folhas podem ser categorizadas como cotiledonares ou embrionárias, simples ou unifoliadas e trifoliadas ou compostas. As flores são completas e sua cor pode variar do branco ao roxo escuro, incluindo tons de roxo, roxo diluído ou branco com base roxa (bicolor), que é influenciado pela cor do hipocótilo. O fruto é do tipo vagem, achatado, podendo ser reto a levemente curvado, com textura pubescente e deiscente. A inflorescência normalmente contém de 2 a mais de 20 vagens, e cada vagem pode conter de 1 a 5 sementes. Quando totalmente maduras, a cor das sementes pode variar de um amarelo palha muito claro a um cinza claro a quase preto. As sementes de soja vêm em diferentes formatos, como globosas, elipsoidais ou ovais, e seu tamanho pode variar de 2 a 50 gramas por 100 sementes. O tegumento pode ter várias cores, incluindo amarelo palha, amarelo oliva, verde oliva, marrom, preto ou bicolor. O hilo pode ser preto, marrom, cinza, amarelo claro ou combinar com a cor do tegumento. Por último, os cotilédones, que são as folhas embrionárias, podem ser de cor amarela ou verde (Sediyama, 2015).

Para o cultivo bem-sucedido da soja, é essencial ter solos profundos e de textura leve que promovam o crescimento robusto do sistema radicular. Isso permite que a planta explore extensivamente o solo, acessando uma rica fonte de nutrientes e água. A quantidade necessária de água varia de 450 mm a 800 mm por ciclo, dependendo de fatores como clima, manejo da cultura e duração do ciclo da cultivar específica. Um dos principais fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas é a disponibilidade de radiação solar. Isso porque toda a energia necessária para a fotossíntese, processo que converte o CO₂ atmosférico em energia metabólica, é originada da radiação solar (Silva *et al.*, 2022).

A soja é considerada uma espécie que prospera em dias curtos, o processo de abundância depende do tempo e da quantidade de horas de luz em que a planta fica exposta. Porém, a sensibilidade das plantas ao fotoperíodo depende das especificidades de cada cultivar, algumas cultivares possuem período juvenil mais longo, o que faz com que tenham uma resposta mais adaptativa, com isso sua área de cultivo é ampliada (Silva *et al.*, 2022).

Faz mais sucesso em áreas que possuem temperaturas que variam de 20°C a 30°C, uma temperatura ideal para seu crescimento fica em torno de 30°C. A faixa de temperatura do solo

adequada para o plantio está entre 20°C e 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para uma germinação rápida e uniforme. Regiões com temperaturas inferiores ou inferiores a 10°C são restritas ao cultivo da soja, a razão é que tanto o crescimento vegetativo quanto o desenvolvimento da soja são mínimos ou inexistentes nessas áreas. Por outro lado, temperaturas superiores a 40°C têm um efeito negativo na taxa de crescimento, causam danos às flores e reduzem a capacidade de retenção das vagens. (Farias *et al.*, 2007).

2.2 Origem e introdução da soja no Brasil

A região Nordeste da China é o principal berço da soja, o seu desenvolvimento aparentemente originou-se do cruzamento de duas espécies de soja silvestre, levando ao surgimento de plantas eretas. Essa transformação permitiu o cultivo local e posteriormente a sua expansão. No início do século 20, a soja entrou no mercado comercial dos Estados Unidos, utilizada principalmente como ração animal. Porém, o foco mudou para a colheita de grãos, tornando-se o objetivo principal da produção de soja (Gazzoni *et al.*, 2018).

No Brasil o cultivo da soja foi introduzido pela primeira vez na Bahia em 1882. Mas foi no Rio Grande do Sul que a soja encontrou condições climáticas favoráveis a seu desenvolvimento. A produção em larga escala teve início por volta de 1935 e o primeiro país que importou soja do Brasil foi a Alemanha. Diante disto a expansão ocorreu para outros estados por volta de 1950 (Silva *et al.*, 2022).

2.3 Melhoramento genético da soja por meio de análise dialética

No domínio do melhoramento de plantas, o objetivo da hibridização é fundir os alelos vantajosos encontrados em várias plantas parentais, combinando assim a diversidade genética que existe dentro de um único indivíduo ou população. Para adquirir populações adequadas para estudar herança, cruzamentos dialélicos são um esquema de melhoramento comumente empregado (Baldissera *et al.*, 2014).

O sucesso dos programas de melhoramento depende da capacidade de obter combinações híbridas ideais no início do processo de melhoramento. Isto é crucial porque é necessária uma elevada variabilidade genética dentro da população segregante, particularmente para características quantitativas como a produtividade de grãos. Como resultado, é imperativo selecionar cuidadosamente os pais com características de interesse contrastantes para criar hibridizações (Rocha *et al.*, 2019).

A etapa inicial na criação de uma nova cultivar envolve uma seleção meticulosa de plantas parentais para introduzir diversidade genética. Em seguida, os genótipos são cuidadosamente escolhidos e desenvolvidos ao longo de múltiplas gerações, conforme explicado por (Toledo *et al.*, 1994).

Uma vez identificados os pais adequados para o objetivo específico de reprodução, ocorre a hibridização ou classificações. O pólen é coletado de flores totalmente desenvolvidas e inserido em botões florais que ainda não atingiram a maturidade em termos de sua parte masculina. A taxa de sucesso da hibridização na soja pode variar de 10% a 75%, dependendo das condições climáticas, como baixa umidade e alta temperatura, bem como da habilidade do indivíduo que realiza os cruzamentos. A etapa subsequente envolve avanço através das gerações para produzir linhas segregantes. Como a soja é autopolinizadora, cultivar algumas gerações é suficiente para criar uma população com indivíduos e linhagens segregantes, conforme explicado por (Fehr, 1987).

O processo de seleção de genótipos superiores em programas de melhoramento está em constante evolução, incorporando técnicas mais avançadas. O objetivo é identificar cultivares que apresentem características excepcionais, como alta produtividade, melhor qualidade dos grãos (incluindo teor de óleo e proteína), resistência a estresses abióticos (como seca, excesso de água, calor, salinidade e resistência a herbicidas), bem como resistência a estresses bióticos como insetos e doenças (Tagliapietra *et al.*, 2022).

Uma forma de se obter dados a respeito de parâmetros genéticos é através da utilização de dialelos, onde um certo número de parentais é cruzado entre si, obtendo-se todas as combinações possíveis. Com os dados das progêniens, além de se avaliar os parâmetros genéticos é possível também avaliar quais parentais são a melhor combinação para um determinado caráter.

Vários métodos são empregados para estimar a capacidade geral de combinação (CGC), dentre os métodos de análise de dialelo pode-se citar o modelo sugerido por Griffing (1956), que gera informações a respeito da concentração de genes que possuem maioria de efeitos de aditivos (relacionados à CGC) e um efeito específico. capacidade de combinação (CEC). A capacidade total de combinar coisas é igual ao desvio do desempenho médio das modificações. Quando a maioria da população tem CGC, a maioria dos efeitos genéticos são aditivos. Por outro lado, o CEC é considerado um desvio do comportamento típico associado ao CGC. Como resultado, o CEC avalia a importância dos efeitos não aditivos, do domínio excessivo ou da epistasia na expressão dos traços. (Neves *et al.*, 2014).

A formulação de análise dialélica de Griffing (1956) serve como um recurso valioso

para os melhoristas avaliarem a utilidade parental de cultivares recém- desenvolvidas e compreenderem os mecanismos genéticos que governam a herança de rendimento e suas características associadas, permitindo a formulação de programas de melhoramento eficazes. Compreender o tipo de ação genética associada às características desejadas é crucial para os criadores, pois fornece orientação para estratégias de seleção que se alinham aos objetivos dos programas de melhoramento genético. Quando predomina a ação aditiva, os criadores são mais capazes de discernir as variações genéticas entre os indivíduos, o que é vital para uma seleção eficaz.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de instalação do Experimento

Os experimentos em casa de vegetação foram realizados em dois locais diferentes: Fazenda Capim Branco (latitude 18° 53' S, longitude 48° 20' W) e Fazenda Glória (latitude 18° 56' S, longitude 48° 12' W). Esses sites estão situados em Uberlândia-MG e são de propriedade da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

De acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger de 1936, a região de Uberlândia apresenta clima Aw, caracterizado como megatérmico e tropical, com estação chuvosa de novembro a abril, seguida de inverno seco de maio a outubro. A temperatura média na região é de 22,6°C, com precipitação média anual de 1.487 mm. A área de estudo abrange a cidade de Uberlândia-MG, situada na mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Suas coordenadas geográficas são 18° 55' 23" S e 48° 17' 19" W, e possui altitude média de 865 metros (Petrucci; Oliveira, 2019).

Imagen 1: Experimento F1 na Fazenda Capim Branco



Fonte: A autora

Imagen 2: Experimento F2 na Fazenda Glória



Fonte: A autora

3.2 Genitores

Foram selecionados quatro cultivares de soja contrastantes quanto ao ciclo, grupo resistência a fitopatógenos, cujas principais características constam na Tabela 1.

Tabela 1: Cultivares de soja e características quanto ao ciclo e resistência a fitopatógenos

Cultivares	TMG 7363 RR1	TMG 7161 RR	NA 7337 RR3	BRS 5114
Instituição	TMG	TMG	BRASMAX	EMBRAPA
Ciclo	Médio	Precoce	Semi-tardio	Precoce
	Ferrugem asiática	Ferrugem asiática	Ferrugem asiática	Ferrugem asiática
	Mancha "Olho - de-rã"	Mancha "Olho - de-rã"	Deiscência da Vagem	Mancha "Olho - de-rã"
Resistências	Cancro da haste Podridão radicular de	Cancro da haste Pústula bacteriana	Cancro da haste Mancha Alvo	Cancro da haste Podridão radicular

Fonte: BRS: Melo *et al.*, 2017; TMG 7363 RR e TMG 7161 RR: TMG Tropical Melhoramento & Genética S.A, 2023; TMG 7161R e NA 7337 RR: AGRANDA, 2023.

3.3 Implantação do bloco de cruzamento e hibridação artificial

Na Fazenda Capim Branco, o bloco de cruzamento foi instalado em meados setembro e o processo de cruzamento ocorreu entre outubro de 2022 a novembro de 2022. As plantas parentais foram cuidadosamente plantadas em vasos de polietileno com volume de 3,0 dm⁻³, contendo mistura de solo, esterco e substrato em uma proporção de 3:1:1. Esses vasos foram então dispostos em bancadas de madeira para um crescimento ideal. Para apoiar as fases iniciais de crescimento, foi aplicado fertilizante de semeadura, fornecendo um total de 300 kg ha⁻¹ da fórmula comercial NPK 08-28-16.

Para cada vaso foram plantadas cinco sementes na profundidade de 3,0 cm. Seguindo as orientações Fehr e Caviness, (1977), foi realizado o desbaste em V1, resultando em uma planta restante por vaso. Para garantir a floração simultânea das plantas matrizes, foi implementada a semeadura escalonada. Durante todo o período de cultivo foram realizadas duas irrigações diárias, uma pela manhã e outra à tarde. Foram realizadas regularmente práticas culturais, incluindo a gestão de doenças e pragas, bem como o controlo de ervas daninhas. Adicionalmente, para complementar a nutrição mineral, foi aplicado 5 g de NPK de cobertura

com formulação 08-28-16 a cada 20 dias.

Para iniciar o processo de hibridização, o primeiro passo envolveu a eliminação das sépalas e pétalas do botão floral do genitor feminino (planta que receberá o pólen). Posteriormente, as estruturas masculinas (planta que doará o pólen), foram removidas por meio de emasculação, abrindo caminho para a polinização artificial com pólen do genitor masculino. Após a conclusão bem-sucedida do procedimento de hibridização, uma etiqueta foi afixada na área designada, fornecendo detalhes essenciais como progenitor masculino, progenitor feminino, data e hora da hibridização, bem como o nome do indivíduo responsável pela condução do processo. Para referência adicional, a Tabela 2 apresenta uma visão abrangente das diversas combinações alcançadas dentro do bloco de cruzamento, juntamente com suas identificações correspondentes.

Imagen 3: Vasos semeados com os genitores, formando o bloco de cruzamento



Fonte: A autora

Imagen 4: Bloco de cruzamento.



Fonte: A autora

Tabela 2: Esquema de cruzamento dialélico completo, sem os cruzamentos recíprocos.

Genitores	TMG 7363 RR (1)	TMG 7161RR (2)	NA 7337RR (3)	BRS511 (4)
TMG 7363RR (1)	1x1	1x2	1x3	1x4
TMG 7161RR (2)	-	2x2	2x3	2x4
NA 7337RR (3)	-	-	3x3	3x4
BR S511 (4)	-	-	-	4x4

1X1; 2X2; 3X3 e 4X4 são sementes dos genitores. Fonte: A autora.

3.4 Implementação da geração F1

Em abril de 2023, as sementes F1 e seus parentais foram plantadas em casa de vegetação localizada na Fazenda Capim Branco. Um total de 10 tratamentos, incluindo 6 variedades híbridas e 4 plantas parentais, foram avaliados em delineamento de blocos completos casualizados com 6 repetições. Cada repetição consistiu em uma planta cultivada em vaso de 3dm³. Os procedimentos de implantação, adubação e tratamento foram idênticos aos utilizados para o bloco de cruzamento. Após a emergência, a eficácia da hibridização foi confirmada para emparelhamentos em que as plantas parentais exibiam pigmentação antocianina no hipocótilo, utilizando marcadores moleculares como meio de verificação.

Imagen 5: Ilustração do método de hibridação nas cultivares TMG 7161 x TMG 7363.



Fonte: A autora

Imagen 6: Vagem oriunda de um cruzamento.



Fonte: A autora

3.5 Implementação do experimento geração F2

Em 17 de setembro de 2023 foi inicialmente plantado o experimento de geração F2 na Fazenda Capim Branco. Após 30 dias de instalação, devido a um ciclone que causou danos à estrutura da estufa, todo o experimento foi transferido para uma estufa na Fazenda Experimental do Glória. O evento do ciclone foi classificado pelo Laboratório de Climatologia Ambiental e Meteorologia da UFU. Na geração F2 foram avaliados um total de 10 tratamentos, compostos por 6 populações e 4 tratamentos parentais, que foram derivados do esquema dialélico descrito na **Tabela 2**. O delineamento experimental utilizado foi o DBC, com 10 repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 3dm³ contendo duas plantas. Os procedimentos de implementação, fertilização e tratamento permaneceram consistentes com aqueles utilizados no bloco de cruzamento.

Embora o experimento tenha ocorrido em casa de vegetação situada na fazenda Capim Branco, foi observada ocorrência precoce de florescimento, com plantas no estádio V3 já apresentando botões florais. Conforme observado por Silva *et al.*, (2022), altas temperaturas podem desencadear a floração, levando à redução da altura das plantas. Segundo dados da estação meteorológica Meteored, a temperatura atingiu máxima de 37°C neste período.

3.6 Avaliações de caracteres vegetativos e agronômicos

Ao longo da pesquisa cada planta individual foi avaliada em três estádios fenológicos específicos: VE (emergência), R1 (flor aberta em qualquer nó da haste principal) e R8 conforme escala de desenvolvimento da soja proposta por Fehr e Caviness (1977). Foram avaliadas as seguintes características: a) Comprimento do hipocótilo (CHIP): com auxílio de régua milimetrada no estádio fenológico V3, foi medida desde o solo até as folhas cotiledonares. b) Comprimento do epicótilo (CEPI): também com régua milimetrada no estádio fenológico V3, foi medida desde o solo até o par de folhas verdadeiras. c) A medida do comprimento do pecíolo (CPEC) foi realizada no estádio fenológico V3 utilizando uma régua milimetrada para determinar a distância do nó cotiledonar ao pecíolo. d) A duração desde a emergência até o estádio fenológico R8, conhecido como maturidade, foi medida e expressa em dias como o número de dias até a floração (NDF). e) Da mesma forma, o número de dias desde a emergência até a maturidade final no estádio fenológico R8 foi registrado e expresso como o número de dias até a maturação (NDM). f) No estádio fenológico R1, a distância do colo da planta ao meristema

apical da haste principal foi medida com régua milimetrada e o resultado foi expresso em centímetros como altura da planta no florescimento (APF). g) A contagem manual do número de nós da haste principal no estádio fenológico R1 forneceu o número de nós na floração (NNF). h) Após a colheita foi determinado o número total de vagens com um grão na planta, resultando no número de vagens com 1 grão (NV1) por planta. i) A contagem final de vagens com dois grãos (NV2) em cada planta após a colheita determina o número total de vagens por planta. j) Da mesma forma, a contagem de vagens com três grãos (NV3) em cada planta após a colheita determina o número total de vagens por planta. k) Todas as vagens produzidas pela planta após a colheita são contadas para obtenção do número total de vagens (NTV) por planta. l) O número de sementes por vagem (NSV) é determinado pela contagem das sementes em cada vagem após a colheita, e o resultado é expresso em termos de sementes da planta. m) A produção de grãos por planta (PG) é calculada medindo-se o peso total de grãos (em gramas) produzidos por planta.

3.7 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de variabilidade genética para os caracteres de estudo. Foi seguido o modelo estatístico descrito pela Equação 1, levando-se em consideração o delineamento de blocos casualizados e os efeitos aleatórios: $Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \epsilon_{ij}$ (Eq. 1).

Em que: Y_{ij} : valor de cada caráter em uma parcela que compreende o i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

μ : média geral do caráter;

G_i : efeito do genótipo considerado aleatório i ; B_j :

efeito do bloco considerado aleatório j ; e

ϵ_{ij} : efeito do erro considerado aleatório.

As médias dos genótipos foram submetidas ao teste de agrupamento de Scott- Knott ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida foram realizadas as estimativas dos parâmetros genéticos.

Para análise dialélica foi utilizada a metodologia proposta por Griffing (1956), método I, onde são incluídas n^2 combinações, através do seguinte (Equação 1):

$x_{ij} = m + g_i + g_j + E_{ij}$ em que E_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \# j$) ou do genitor ($i-j$), m : média geral, g_i e g_j , efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo e do j -ésimo genitor, respectivamente; s_{ij} efeito da capacidade específica de combinação para os

cruzamentos entre os genitores de ordem i e j, e erro experimental.

As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional SAS 9.1.3 por meio do macro o DIALLEL-SAS05, descrito por Zhang, Kang e Lankey (2005). Os efeitos genéticos aditivos envolvidos na determinação dos caracteres foram calculados pela relação entre os quadrados médios da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), em cada caráter estudado (Equação 2):

$$\frac{\%CGC}{= CGC+CEC} \times 100$$

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico computacional Genes (Griffing, 1956; Viana, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sucesso dos programas de melhoramento de culturas, que visam desenvolver novas cultivares com maior potencial produtivo, depende da presença de variabilidade genética na população de plantas (Lamara *et al.*, 2022), essa variabilidade pode ser determinada pelo teste F, que foi o utilizado para identificar se houve variabilidade genética nas gerações F1 e F2 para os caracteres avaliados.

Para a geração F1 foi determinado que existe variância genética significativa para: altura da planta no florescimento (APF) e número de sementes por vagem (NSV), ao nível de significância de 1 % (Tabelas 3). Da mesma forma, para comprimento do hipocótilo (CHIP), comprimento do epicótilo (CEPI) e número de vagens com 3 grãos (NV3G), foi observada variabilidade genética ao nível de significância de 5%. No entanto, nenhuma variação genética foi detectada entre os genótipos para características incluindo número de dias até a floração (NDF), número de dias até a maturidade (NDM), número de nós na floração (NNF), número de vagens com 1 grão (NV1G), número de vagens com 2 grãos (NV2G), número total de vagens (NTV), número de sementes por vagem (NSV) e peso de grãos por planta (PG) (Tabelas 3 e 4).

TABELA 3: Resumo da análise de variância de caracteres da fase vegetativa e caracteres do florescimento, em análise dialélica nas gerações F1 e F2 em soja, Uberlândia, MG 2023-2024.

FV	G.L.	Quadrados		Médios ^{F1}					
		CHIP	CEPI	CPEC	NDF	NDM	APF	NNF	
Genótipos	9	4,66*	7,82*	-	133,82 ^{ns}	64,75 ^{ns}	1010,44**	1,33 ^{ns}	

C.G.C.	3	11,56**	17,19**	-	153,54 ^{ns}	36,51 ^{ns}	2778,84**	0,50 ^{ns}
C.E.C.	6	1,22 ^{ns}	3,15 ^{ns}	-	123,86 ^{ns}	78,90 ^{ns}	125,95 ^{ns}	1,74 ^{ns}
Resíduo	45	1,93	3,54	-	104,54	71,50	3522,56	1,30
CV (%)		25,09	24,93	-	27,81	8,42	21,97	12,73

FV G.L. Quadrados Médios F2

		CHIP	CEPI	CPEC	NDF	NDM	APF	NNF
Genótipos	9	1,88**	4,21ns	0,70ns	9,74ns	317,77**	21,91**	7,36*
C.G.C.	3	3,51**	7,30*	0,29ns	15,38ns	193,00**	46,79**	12,86*
C.E.C.	6	1,07ns	2,66ns	0,99ns	6,92ns	380,16**	9,46**	4,60ns
Resíduo	81	0,53	2,47	0,65	6,94	52,01	2,93	3,15
CV (%)		22,87	36,49	25,51	9,86	7,43	9,27	21,30

**, * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; -:Não foi avaliado; ns: não significativo; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV (%): Coeficiente de variação em porcentagem; QM: quadrado médio; C.G.C.: coeficiente geral de combinação; C.E.C.: coeficiente específico de combinação; CHIP: comprimento do hipocótilo; CEPI: comprimento do epicótilo; CPEC: comprimento do pecíolo. NDF: número de dias para florescimento; NDM: número de dias para maturidade; APF: altura da planta no florescimento; NNF: número de nós no florescimento. Fonte: A autora.

TABELA 4: Resumo da análise de variância de componentes de produtividade e produção de grãos, em análise dialélica nas gerações F₁ e F₂ em soja, Uberlândia, MG, 2023-2024.

FV	GL	Quadrados Médios F1					
		NV1G	NV2G	NV3G	NTV	NSV	PG
Genótipos	9	20,36 ^{ns}	20,88 ^{ns}	78,23*	132,27 ^{ns}	0,61**	20,13 ^{ns}
C.G.C.	3	36,85 ^{ns}	43,65 ^{ns}	165,22**	223,58 ^{ns}	1,50**	44,36 ^{ns}
C.E.C.	6	12,17 ^{ns}	9,47 ^{ns}	34,91 ^{ns}	86,78 ^{ns}	0,16 ^{ns}	8,00 ^{ns}
Resíduo	45	13,20	18,52	22,67	79,53	0,15	15,25
CV (%)		6,66	66,54	85,52	50,77	20,06	59,93

FV	GL	Quadrados Médios					
		NV1G	NV2G	NV3G	NTV	NSV	PG
Genótipos	9	13,40 ^{ns}	103,27*	73,32**	213,85**	0,08 ^{ns}	111,65
C.G.C.	3	7,31 ^{ns}	41,54 ^{ns}	47,21*	194,24*	0,05 ^{ns}	101,03
Resíduo	81	11,03	43,41	12,83	70,50	0,05	43,58
CV (%)		59,96	50,80	54,69	33,51	10,69	38,09

**, * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV (%): Coeficiente de variação em porcentagem; QM: quadrado médio; C.G.C.: coeficiente geral de combinação; C.E.C.:

coeficiente específico de combinação; NV1G: número de vagens com 1 grão; NV2G: número de vagens com 2 grãos; NV3G: número de vagens com 3 grãos; NTV: número total de vagens; NSV: número de sementes por vagem; PG: peso de grãos por planta. Fonte: A autora.

Para a geração F2 houve significância para: comprimento do hipocótilo (CHIP), número de dias até a maturidade (NDM), altura da planta na floração (APF), número de vagens com 3 grãos (NV3G), número total de vagens (NTV) e produção de grãos (PG). Essas características apresentaram significância ao nível de 1% de acordo com o teste F. Adicionalmente, o número de dias para floração (NNF) e o número de vagens com 2 grãos (NV2G) exibiram significância ao nível de 5%. Entretanto, não foi encontrada variação genética entre genótipos para as características comprimento do epicótilo (CEPI), comprimento do pecíolo (CPEC), número de dias para florescimento (NDF), número de vagens com 1 grão (NV1G) e número total de sementes por vagem (NSV). Essas informações podem ser encontradas nas Tabelas 3 e 4.

A presença da diversidade genética é essencial para a eficácia das iniciativas de melhoramento genético, pois permite a identificação de populações potenciais para a fase de seleção. Portanto, pode-se deduzir que as populações originárias dos quatro progenitores desempenham um papel valioso no melhoramento das culturas de soja. Na geração F1, os coeficientes de variação experimentais (CV) para as características agronômicas analisadas exibiram variação de 6,66% (NV1G) a 85,52% (NV3G), enquanto na geração F2 a variação foi de 7,43% (NDM) a 59,96% (GNV1) (Tabelas 3 e 4). Leite *et al.*, (2018) afirmam que valores elevados de CV para características associadas à produtividade são aceitáveis devido à forte influência do ambiente e ao envolvimento de múltiplos genes na determinação das características quantitativas.

Meier *et al.* (2019) ao avaliarem o desempenho agronômico e a correlação linear entre componentes de rendimento da soja observaram valores de (CV) que variaram entre 7,64 e 73,49%. Enquanto isso, Dalchiavon, Passos e Carvalho (2012) obtiveram estimativas de CV entre 8,6 a 28,70% ao examinar a correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja.

Através do uso da análise dialélica, torna-se possível examinar tanto a capacidade global de combinação (CGC) quanto a capacidade específica de combinação (CEC). Em estudo realizado por Rocha *et al.* (2014), constatou-se que a importância do CGC destaca o papel significativo desempenhado pelos efeitos aditivos dos genes na determinação da expressão das características em avaliação.

Foram detectados impactos significativos ao nível de significância de 1% na geração F1 ao analisar o teste F para os caracteres CHIP, CEPI, APF e NV3G, conforme Tabelas 3 e 4. Da

mesma forma, na geração F2 foram observados efeitos significativos para CGC em relação a CHIP, CEPI, NDM, APF, NNF, NV2G, NV3G e NTV, também ao nível de significância de 1%, conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4.

Na geração F1 não foi observada variação significativa para nenhum dos atributos avaliados pelo CEC. Porém, na geração F2, houve efeitos significativos ao nível de 1% para os atributos NDM, APF, NV2G, NV3G e NTV. Adicionalmente, o atributo PG apresentou efeitos significativos ao nível de 5%. Por outro lado, não foi observada variação para os atributos CHIP, CEPI, CPEC, NDF, NNFNV1G e NSV, conforme indicado nas Tabelas 3 e 4.

De acordo com os achados apresentados na **Tabela 3** por DARONCH et al. (2014), a geração F1 apresentou maiores valores de CGC para os caracteres CHIP, CEPI, APF, NV3G, NTV e NSV em comparação ao CEC. Isto sugere que os efeitos genéticos aditivos dominam o controle dessas características. As maiores somas de quadrados para CGC apoiam ainda mais a prevalência de efeitos aditivos no controle de caráter, uma vez que o CGC está predominantemente associado a genes que exibem efeitos aditivos.

A indicação de genótipos geneticamente superiores, que proporcionam ganhos mais vantajosos na seleção, é facilitada pela presença de variância aditiva, conforme afirmam Cruz, Regazzi e Carneiro (2012). Além disso, BI. e outros (2015) descobriram que uma alta relação CGC/CEC está associada a alta herdabilidade e enfatiza a importância dos genes aditivos, enquanto valores baixos indicam a predominância de genes dominantes ou epistáticos.

Na geração inicial, não foram observadas estimativas significativas de CEC superiores a CGC para nenhum personagem. Porém, na geração subsequente foram encontradas maiores estimativas de CTC para os caracteres NDM, NV2G, NTV e PG, indicando a prevalência de efeitos não aditivos nessas características (ver Tabelas 3 e 4). Isto está de acordo com os resultados de Colombo *et al.* (2018), que sugeriram que a presença de genes não aditivos pode dificultar os ganhos de seleção. Isso ocorre porque se torna um desafio identificar qual genótipo homozigoto carrega os genes favoráveis que contribuem para a característica desejada.

Ao examinar a produtividade de grãos, observou-se a significância. Segundo Silva (2001), o ambiente pode influenciar muito tanto a produtividade dos grãos quanto a resistência a doenças. Esta noção é ainda atualizada por Miranda (1985) e Paterniani (1990), que destacam a interação notável nas regiões tropicais. Mesmo entre locais próximos existe uma variação específica. Ao contrário das regiões temperadas, as áreas tropicais maiores apresentam disparidades de latitude, duração do dia e temperatura, representando um desafio mais árduo e formidável para os criadores.

Em estudo realizado por Assunção Filho (2016) foi realizada análise dialética parcial

em soja da geração F2 para examinar o número de dias até a maturidade. Os resultados mostraram que tanto o CGC quanto o CEC tiveram efeitos significativos, com os efeitos aditivos desempenhando um papel predominante na determinação do ciclo da soja.

Descobertas semelhantes foram relatadas por outros pesquisadores em diferentes culturas. Por exemplo, Javaid *et al.*, (2001) verificaram que a geração F2 foi eficiente na estimativa de CGC e CTC em trigo para a duração do ciclo. Em outro estudo, VALE et al. (2015) demonstraram a eficácia da geração F2 na estimativa do número de dias para floração em feijoeiro comum. Além disso, Daronch *et al.*, (2014) observaram que a geração F2 foi útil na estimativa de diversas características da soja, como número de vagens por planta, número de grãos por planta e produção por planta.

E neste presente trabalho o desempenho dos tratamentos foi avaliado através da análise das médias dos caracteres avaliados. Para agrupar os tratamentos foi utilizado o teste de Scott-Knott, e os resultados podem ser encontrados nas Tabelas 5 e 6. Adicionalmente, a análise das médias nos estudos dialélicos permite avaliar o desempenho populacional e identificar combinações que ultrapassaram suas linhagens parentais.

TABELA 5: Médias dos parentais e de suas combinações de caracteres da fase vegetativa e caracteres do floriscimento em soja nas gerações F1 e F2, Uberlândia, 2024.

Genótipos	Médias F1					
	CHIP	CEPI	NDF	APF	NDM	NNF
TMG 7161 RR X TMG 7363 RR	4,86b	6,72a	36,67a	100,67a	92,25a	9,17a
NA 7337 RR X TMG 7363 RR	6,36a	7,47a	33,00a	102,00a	107,08a	9,00a
NA 7337 RR X TMG 7161 RR	6,03a	7,73a	33,5a	101,33a	78,62b	8,67a
BRS 511 X TMG 7363 RR	5,97a	7,74a	37,67a	99,50a	89,08a	8,33a
BRS 511 X TMG 7161 RR	4,98b	7,39a	33,33a	107,00a	72,45b	8,17a
BRS 511 X NA7337 RR	5,51a	7,46a	35,00a	95,00a	76,95b	9,33a
TMG 7161 RR	4,19b	5,48a	32,67a	97,83a	69,88b	9,33a
NA 7337 RR	6,35a	10,12a	47,83a	97,83a	91,03a	8,83a
BRS 511	4,43b	7,78a	36,67a	100,00a	74,32b	9,17a
TMG 7363 RR	6,73a	7,60a	41,33a	103,00a	102,85a	9,67a

Genótipos	Médias F2						
	CHIP	CEPI	CPEC	NDF	NDM	APF	NNF
TMG 7161 RR X TMG 7363 RR	2,81b	3,44a	3,42a	27,20a	96,40b	17,67b	8,40a
NA 7337 RR X TMG 7363 RR	2,98b	4,24a	3,23a	27,00a	94,40c	18,45a	8,80a

NA 7337 RR X TMG 7161 RR	2,77b	3,43a	3,12a	27,30a	91,60c	17,32b	8,20a
BRS 511 X TMG 7363 RR	3,61a	4,74a	3,38a	27,60a	108,70a	19,73a	8,60a
BRS 511 X TMG 7161 RR	3,31a	4,38a	3,36a	27,20a	98,70b	19,05a	8,80a
BRS 511 X NA7337 RR	3,72a	4,82a	3,36a	25,70a	103,30a	19,90a	8,20a
TMG 7161 RR	2,40b	3,62a	2,72a	26,70a	92,10c	15,24c	6,10c
NA 7337RR	3,42a	4,76a	3,25a	27,10a	97,70b	19,43a	9,30a
BRS 511	3,07b	4,30a	2,71a	24,30a	90,30c	18,08b	8,70a
TMG 7363 RR	3,60a	5,37a	3,01a	27,00a	98,00b	19,98a	8,20a

Médias seguidas por letras iguais na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. CHIP: Comprimento do Hipocótilo; CEPI: Comprimento do epicótilo; CPEC: Comprimento do pecíolo; NDF e NDM: Número de dias para o florescimento e maturidade, respectivamente e NNF: Número de nós no florescimento. Fonte: A autora.

O teste de Scott Knott, realizado com nível de significância de 5%, revelou que o comprimento do hipocótilo tanto na geração F1 quanto na geração F2 pode ser dividido em dois grupos distintos. As estimativas para a geração F1 variaram de 4,43 cm a 6,36 cm, enquanto as estimativas para a geração F2 variaram de 2,40 cm a 3,72 cm (Tabela 5). Esses achados estão alinhados com estudo anterior realizado por Matsuo *et al.*, (2019), que investigaram o comprimento do hipocótilo de vários genótipos de soja em seis diferentes épocas de semeadura em ambiente de casa de vegetação. Este estudo demonstrou que uma mesma cultivar pode apresentar comprimentos variados de hipocótilo dependendo das condições ambientais específicas que estão sendo avaliadas.

Em termos de comprimento do epicótilo na geração F1 houve variação de médias de 5,48 cm (TMG 7161 RR) a 10,12 cm (BRS 511), formando um único grupo. Na geração F2 também houve um único grupo, com comprimentos médios variando de 3,42 cm (NA 7337 RR X TMG 7161 RR) a 5,37 cm (TMG 7363) (Tabela 5). Os achados de Gontijo et al. (2021) divergem dos resultados deste estudo, pois descobriram variabilidade genética no comprimento do epicótilo entre diferentes cultivares de soja.

Pesquisadores que estudam a soja identificaram o comprimento do pecíolo como uma característica potencial que pode ser usada para distinguir diferentes genótipos de soja (Matsuo *et al.*, 2012). Na geração F2, o comprimento do pecíolo foi especificamente examinado e as medidas médias variaram de 2,71 cm (BRS 511) a 3,42 cm (TMG 7161 RR X TMG 7363 RR), formando um grupo distinto (Tabela 5).

A suscetibilidade do genótipo a fatores ambientais, tanto bióticos quanto abióticos aumenta à medida que a duração do seu ciclo aumenta. Consequentemente, cultivares precoces sofrem menos ataques de pragas e doenças, resultando em maior produtividade de grãos (Rocha *et al.*, 2015). A geração F1 apresentou períodos de floração variados, com médias variando de

33,0 (NA 7337 RR X TMG 7363 RR) a 47,83 (NA 7337 RR), formando um único grupo. Da mesma forma, a geração F2 também formou um único grupo, com períodos médios de floração variando de 24,30 (BRS 511) a 27,70 (NA 7337) (Tabela 5).

O caráter NDM exibiu uma variação de tempos de maturação na geração F1, variando de 95,00 dias (BRS 511 X NA7337 RR) a 107 dias (BRS 511 X TMG 7161 RR), resultando na formação de um grupo distinto. Passando para a geração F2, os tempos médios de maturação variaram de 90,30 dias (BRS 511) a 108,70 dias (BRS 511 X TMG 7363 RR), levando à formação de três grupos distintos, conforme mostrado na Tabela 5. Esses achados estão alinhados com os resultados relatados por Teixeira *et al.*, (2017), que observaram uma faixa de maturação de 101 a 121 dias, dando mais suporte aos resultados obtidos neste estudo.

O estudo realizado por Colombo *et al.*, (2018) produziram valores de F1 e F2 semelhantes aos encontrados em nossa pesquisa, com valores de FDN na faixa de 31 a 46 dias para a geração F1 e 37 a 45 dias para a geração F2. Além disso, os valores de NDM variaram de 105 a 116 dias para a geração F1 e de 99 a 116 dias para a geração F2. Porém, é importante ressaltar que nosso estudo obteve resultados inferiores aos deles.

Na geração F1, a altura das plantas no florescimento variou de 69,88 cm (TMG 7161 RR) a 107,08 cm (NA 7337 RR X TMG 7363 RR), resultando na formação de dois grupos distintos. Passando para a geração F2, surgiram três grupos distintos, com alturas médias de plantas variando de 15,24 cm (TMG 7161 RR) a 19,98 cm (TMG 7363 RR) (Tabela 5).

Segundo Viana *et al.*, (2017), a altura ideal para uma planta de soja garantir uma colheita mecânica suave fica entre 60 e 120 cm. Embora todos os progenitores e combinações na geração F1 tenham mantido alturas dentro desta faixa, as médias foram mais baixas para a geração F2 que foi a qual passou por estresse de temperatura. E essa divergência de altura tem uma explicação, que é citado por Lee *et al.*, (2023), que observam que a floração pode ocorrer sob altas temperaturas, resultando potencialmente na redução da altura das plantas.

Outro fator foi a época de semeadura, as cultivares da F2 foram semeadas em setembro, época que não são indicadas conformes os obtentores. Amorim *et al.*, (2011) cita que a semeadura em época inadequada pode causar redução drástica no rendimento, bem como dificultar a colheita mecânica de tal modo que as perdas, nesta operação possam chegar a níveis muito elevados, isto, porque ocorrem alterações na altura da planta, altura de inserção das primeiras vagens, número de ramificações e acamamento.

No caráter número médio de nós na floração em F1 houve variação de 8,17 (BRS 511 X TMG 7161 RR) a 9,67 (TMG 7363 RR), formando um único grupo. Em F2 foram observados dois grupos distintos, com médias variando de 6,10 (TMG 7161 RR) a 9,30 (NA 7337 RR).

Segundo Sedyiyama (2016), uma planta de soja ideal e com alta produtividade deveria ter em média 17 a 18 nós no caule principal. Porém, nenhum dos genótipos estudados na Tabela 5 atendeu a essa média ideal para o número de nós. É importante ressaltar que a época de semeadura influenciou essa característica, pois afetou a transição do período vegetativo para o reprodutivo da planta de soja, impactando no número de nós e na altura das plantas.

O principal fator identificado como o principal determinante do rendimento de grãos em leguminosas é o número de vagens por planta. Esse fator apresentou correlação significativa com a produção tanto de grãos quanto de vagens contendo 1, 2 e 3 grãos, conforme demonstrado por Peluzio et al. (2011). Em termos do número de vagens contendo 2 grãos dentro da geração F1, os valores médios variaram de 3,33 (BRS 511 X TMG 7363 RR) a 9,00 (BRS 511 X NA7337 RR) dentro de um grupo específico. Quanto à geração F2, os valores médios variaram de 8,50 (TMG 7161 RR) a 18,70 (NA 7337 RR X TMG 7363 RR), resultando na formação de dois grupos distintos (**ver Tabela 6**).

O número médio de vagens contendo 1 grão variou nas diferentes combinações, variando de 3,33 (BRS 511 X TMG 7363 RR) a 9,00 (BRS 511). Em F2, as médias variaram de 4,40 (TMG 7161) a 7,50 (BRS 511 (3) X TMG 7363 RR) e (BRS 511 X NA7337 RR), não observou-se agrupamento distinto. Quanto ao número de vagens contendo 3 grãos na F1, as médias variaram de 1,50 (BRS 511) a 12,50 (TMG 7161 RR X TMG 7363 RR), resultando na formação de dois grupos distintos. Em F2 as médias variaram entre 2,10 (BRS 511) e 9,80 (TMG 7363 RR), formando um único grupo (Tabela 6).

Em seu estudo sobre características da soja, Nogueira et al. (2012) descobriram que o número de vagens por planta teve um impacto positivo significativo na produtividade de grãos. Da mesma forma, Teodoro *et al.*, (2015) conduziram análises de trilha em genótipos de soja e concluíram que a seleção de genótipos com maior contagem de vagens contribui diretamente para o aumento da produtividade de grãos.

Na geração F1, o número de vagens nas cultivares brasileiras de soja variou de 12,00 (NA 7337 RR) a 26,67 (TMG 7161 RR X TMG 7363 RR) em um grupo. Passando para a geração F2, o número médio de vagens variou de 17,10 (TMG 7161 RR) a 27,50 (BRS 511 X TMG 7363 RR), resultando na formação de dois grupos distintos (Tabela 6). Notavelmente, as cultivares brasileiras de soja normalmente têm uma média de 30 a 80 vagens por planta, de acordo com sediyama (2016). Vale ressaltar que a combinação BRS 511 X NA7337 RR (30.20) fica dentro dessa faixa esperada.

O número de sementes encontradas em uma vagem de soja pode variar de uma a cinco, sendo que a maioria das variedades normalmente contém duas ou três sementes (Sedyiyama;

Silva; Borém, 2015). Quando se trata da produção de grãos na geração F1, houve variação de médias, de 1,47 (BRS 511) a 2,35 (TMG 7161 RR X TMG 7363 RR), resultando na formação de dois grupos distintos. Passando para a geração F2, as médias variaram de 1,91 (BRS 511) a 2,12 (NA 7337), com todas as variedades enquadradas em um único grupo (Tabela 6).

Em estudo realizado por Nagarajan, Kalaimagal e Murugan (2017) foram obtidos valores de NSV para 25 híbridos F1 resultantes de cruzamentos entre 10 genitores diferentes. Os valores de NSV variaram de 2,00 a 2,50 vagens⁻¹ sementes, com média de 2,14 vagens⁻¹ sementes, o que está de acordo com os achados do presente estudo. Ao considerar o número de sementes por vagem na geração F1, as médias variaram de 3,67 (Na 7337 RR) a 8,83 (TMG 7161 RR X TMG 7363 RR). Na geração F2, as médias variaram de 1,91 (BRS 511) a 2,19 (TMG 7363 RR), e não foram formados grupos distintos (Tabela 6).

TABELA 6: Médias dos parentais e de suas combinações componentes de produtividade e produção de grãos soja nas gerações F1 e F2 Uberlândia, 2023-2024.

Genótipos	F1					
	NV1G	NV2G	NV3G	NTV	NS	PG
TMG 7161 RR X TMG 7363 RR	5,50a	8,67a	12,50a	26,67a	2,35a	8,83a
NA 7337 RR X TMG 7363 RR	4,50a	6,50a	6,67a	17,67a	1,98a	5,67a
NA 7337 RR X TMG 7161 RR	4,83a	7,00a	4,50b	16,33a	1,96a	5,33a
BRS 511 X TMG 7363 RR	3,33a	6,67a	7,67a	17,67a	2,18a	8,00a
BRS 511 X TMG 7161 RR	5,50a	6,00a	4,00b	15,50a	1,66b	5,50a
BRS 511 X NA7337 RR	9,00a	6,67a	1,83b	17,50a	1,63b	5,67a
TMG 7161 RR	5,17a	9,83a	9,67a	24,67a	2,16a	9,67a
NA 7337 RR	6,00a	4,00a	2,00b	12,00a	1,50b	3,67a
BRS 511	8,17a	3,67a	1,50b	13,33a	1,47b	5,83a
TMG 7363 RR	3,33a	5,67a	5,33b	14,33a	2,17a	7,00a

Genótipos	F2					
	Médias F2					
	NV1G	NV2G	NV3G	NTV	NS	PG
TMG 7161 RR X TMG 7363 RR	5,50a	14,40a	7,20a	27,10a	2,05a	21,44a
NA 7337 RR X TMG 7363 RR	4,80a	18,70a	3,50b	27,00a	1,95a	17,57a
NA 7337 RR X TMG 7161 RR	5,90a	16,40a	4,90b	27,20a	1,97a	18,61a

BRS 511 X TMG 7363 RR	7,50a	11,80b	8,20a	27,50a	2,01a	18,55a
BRS 511 X TMG 7161 RR	4,80a	13,20b	7,10a	25,10a	2,10a	17,50a
BRS 511 X NA7337 RR	7,50a	15,30a	9,40a	32,20a	2,08a	20,52a
TMG 7161 RR	4,40a	8,50b	4,20b	17,10b	1,97a	12,19b
NA 7337 RR	5,80a	10,80b	9,10a	25,70a	2,12a	18,23a
BRS 511	4,50a	10,80b	2,10b	17,40b	1,91a	10,80b
TMG 7363 RR	4,70a	9,80b	9,80a	24,30a	2,19a	17,91a

Médias seguidas por letras iguais na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Abreviaturas: NV1G, NV2G e NV3G: Número de vagens com 1 grão, 2 e 3 grãos, respectivamente; NTV: Número total de vagens por planta; NTV: Número de grãos por vagem e PG: Produção de grãos e NSV: Número de sementes por vagem. Fonte: A autora.

O sucesso dos programas de melhoramento depende muito da seleção criteriosa de pais para compor populações segregantes. Porém, confiar apenas em estimativas fenotípicas para escolher os pais não garante a produção de progênies com alta ocorrência de segregantes transgressivos. Para garantir o desenvolvimento de recombinações favoráveis com frequência significativa, a seleção dos genitores deve ser baseada em dados genéticos e no conhecimento profundo de sua capacidade combinatória (Rocha *et al.*, 2014). Quando as estimativas da análise CGC são altas, sejam elas positivas ou negativas, indica que o genitor escolhido é significativamente melhor ou pior que os demais genitores em termos de comportamento médio de cruzamento dentro da população dialélica (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012).

A cultivar TMG 7363 RR exibiu notável superioridade como genitor em termos de comprimento do hipocótilo e altura da planta na floração, apresentando aumentos significativos tanto nas gerações F1 quanto F2. Esta cultivar apresentou as maiores estimativas de GGC, conforme indicado na Tabela 5. Além disso, na geração F2, TMG 7363 RR também emergiu como o principal progenitor para o comprimento do epicótilo.

TABELA 7: Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de cultivares de soja quanto a caracteres da fase vegetativa e agronômicos nas gerações F₁ e F₂ em Uberlândia, 2023-2024.

Combinações	F ₁					
	NDM	APF	NV2G	NV3G	NTV	PG
1 x 2	-2,92	-2,38	-0,27	-1,35	-2,52	-0,83
1 x 3	3,08	1,05	-1,02	-1,76	-3,65	-1,79
1 x 4	0,08	3,02	0,56	3,24	5,30	0,59

2 x 3	5,38	-4,72	1,84	-0,04	3,74	0,87
2 x 4	-4,22	7,58	0,59	-1,30	1,69	-0,07
3 x 4	8,98	-0,82	-0,91	2,38	1,38	1,12

Combinações	F_2					
	NDM	APF	NV2G	NV3G	NTV	PG
1 x 2	1,83	-0,20	2,88	-1,33	2,01	0,98
1 x 3	6,25	1,48	1,36	2,05	2,94	2,37
1 x 4	-1,19	-0,6	2,13	0,55	3,17	3,78
2 x 3	-3,97	0,66	1,63	2,95	6,01	3,52
2 x 4	1,92	-0,95	4,60	-4,55	-0,96	-1,97
3 x 4	-1,83	0,28	-0,62	1,33	2,57	1,51

CHIP: comprimento do hipocôtilo; CEPI: comprimento do epicôtilo; APF: altura da planta no florescimento; NNF: número de nós no florescimento; NDM: número de dias de maturação; NV3G: número de vagens com 3 grãos; NTV: número total de vagens. Fonte: A autora

A Tabela 5 apresenta as estimativas CGC para o número de nós na floração, sendo que a cultivar TMG 7161 RR apresentou a maior magnitude, seguida pela cultivar NA 7337 RR. Ao considerar o NV3G, a cultivar TMG 7161 RR apresentou os maiores valores de CGC na geração inicial, enquanto na geração F2 destacaram-se as cultivares TMG 7363 RR e NA 7337. Vale ressaltar que esta última cultivar também apresentou estimativas de CGC significativas para o caráter NTV (Tabela 5).

Na geração F2, os maiores valores de CGC favoráveis à redução de MND foram observados nas cultivares TMG 7161 e NA 7337 RR, com destaque para TMG 7161 RR. Segundo Cruz, Regazzi, Carneiro (2012), é possível identificar combinações favoráveis considerando as estimativas de CEC que envolvem pais identificados como superiores pelo CGC. No melhoramento genético da soja, o objetivo principal é aumentar a produção de grãos, o que pode ser alcançado através da seleção de genótipos que apresentem correlações positivas com a produção de grãos em termos de componentes de produção e características agronômicas. Como resultado, as cultivares TMG 7161 RR e NA 7337 RR foram identificadas como candidatas adequadas. Além disso, os programas de melhoramento genético da soja também enfatizaram o desenvolvimento de genótipos de ciclos anteriores que apresentam estimativas de GGC negativas e mais altas na geração F2 (Tabela 5).

As estimativas de CTC para a geração F1 não foram estatisticamente significativas,

conforme mostram as Tabelas 3 e 4. Portanto, as estimativas de CTC da geração F2, apresentadas na Tabela 7, foram examinadas para identificar as combinações mais promissoras para o melhoramento da soja. Em termos de redução de NDM, as combinações que se destacaram na geração F2 foram TMG 7161 x NA 7337 RR, TMG 7161 RR X BRS 511 e NA 7337 RR X TMG 7363 RR. Para APF, as combinações notáveis foram TMG 7161 X BRS 511, NA 7337 RR X BRS 511 e NA 7337 RR X BRS 511 e NA 7337 RR X TMG 7363 RR. Apenas a combinação NA 7337 RR X TMG 7363 apresentou valores desfavoráveis em NV2G. No NV3G, as cultivares TMG 7161 RR X BRS 511, TMG 7161 RR X TMG 7363, NA 7337 RR X BRS 511 e NA 7337 RR X TMG 7363 apresentaram valores desfavoráveis. Em NTV e PG, a combinação NA 7337 RR X TMG 7363 RR apresentou valores desfavoráveis (Tabela 7).

A Tabela 7 revela as combinações mais favoráveis para cada característica na geração F2, com combinações notáveis sendo observadas para NDM, NV3G e NTV, onde a combinação de NA 7337 RR X BRS 511 emergiu como proeminente. Da mesma forma, para APF, a combinação TMG 7161 RR X NA 7337 RR mostrou-se significativa, enquanto para NV2G, a combinação NA 7337 RR X TMG 7363 RR se destacou, e para PG, a combinação TMG 7161 RR X TMG 7363 RR mostrou-se promissora.

TABELA 8: Estimativas dos efeitos da capacidade específica dos genótipos de combinação na geração F1 e F2 em soja.

Combinações	F1					
	NDM	APF	NV2G	NV3G	NTV	PG
1 x 2	-2,92	-2,38	-0,27	-1,35	-2,52	-0,83
1 x 3	3,08	1,05	-1,02	-1,76	-3,65	-1,79
1 x 4	0,08	3,02	0,56	3,24	5,30	0,59
2 x 3	5,38	-4,72	1,84	-0,04	3,74	0,87
2 x 4	-4,22	7,58	0,59	-1,30	1,69	-0,07
3 x 4	8,98	-0,82	-0,91	2,38	1,38	1,12

Combinações	F2					
	NDM	APF	NV2G	NV3G	NTV	PG
1 x 2	1,83	-0,20	2,88	-1,33	2,01	0,98
1 x 3	6,25	1,48	1,36	2,05	2,94	2,37
1 x 4	-1,19	-0,6	2,13	0,55	3,17	3,78

2 x 3	-3,97	0,66	1,63	2,95	6,01	3,52
2 x 4	1,92	-0,95	4,60	-4,55	-0,96	-1,97
3 x 4	-1,83	0,28	-0,62	1,33	2,57	1,51

1: TMG 7161 RR; 2: NA 7337 RR; 3: BRS 511; 4: TMG 7363 RR. Abreviaturas: NDM: número de dias de maturação; APF: altura da planta no florescimento; NV2G: número de vagens com 2 grãos; NV3G: número de vagens com 3 grãos; NTV: número total de vagens; PG: peso de grãos por planta. Fonte: A autora.

5 CONCLUSÕES

1. A utilização da análise dialélica para grupos de caracteres é útil na escolha das melhores combinações de genitores.
2. Na busca por melhorar as vagens de três grãos, a contagem total de vagens e a contagem de sementes por vagem da geração F1, a cultivar TMG 7161 RR demonstrou um potencial excepcional como progenitora. Além disso, ESTE apresentou a capacidade de diminuir a duração do ciclo na geração F2.
3. A cultivar NA 7337 apresentou vantagens notáveis como genitor especificamente por maximizar o número total de vagens na geração F2.

6 REFERÊNCIAS

SILVA, F. C. S. et al. Importância econômica e evolução da criação. In: SILVA, F. L. et al. (ed.). Melhoramento da Soja. [S.l.]: Springer, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-57433-2_1

DAYANA, K. et al. Integrating omics approaches to discover and prioritize candidate genes involved in oil biosynthesis in soybean. *Gene*, [s.l.], v. 808, 2022. ISSN 0378-1119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.145976>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS. BRASÍLIA, DF: CONAB, v. 10, SAFRA 2023/24, n. 12. DECIMO SEGUNDO LEVANTAMENTO, OUT. 2023.

ALMEIDA, L. A. et al. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa, 1999. ISBN: 85-7405-001-6

BEZERRA, A. R. G et al. Atributos agronômicos no desenvolvimento de cultivares. In: SILVA, F. et al. (ed.). **Melhoramento da soja**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017.

SOARES, Samuel Leandro; SIMON, Gustavo André ; ALVARES, Renata Cristina. Combining

performance and estimated genetic diversity among soybean parents and F 1 populations. Revista Ceres, [s.l.], v. 70, p. 81-90, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x202370020010>

CASTRO, Leonardo Humberto Silva e; BORÉM, Aluízo; PELUZIO, Joênses Mussia; FERREIRA JÚNIOR, José Arantes. Soja: estratégia e sustentabilidade produtiva. Viçosa: Ufv, 2021. 496 p.

ROCHA, M. R. et al. Análise combinatória de caracteres agronômicos em soja. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 43, e028018, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943028018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/cvym94bwtvZYhzfCQh7SDFK/?lang=en>. Acesso em: 10 jul. 2024.

BI., Y. et al. Heterosis and Combining Ability Estimates in Isoflavone Content Using Different Parental Soybean Accessions: Wild Soybean, a Valuable Germplasm for Soybean Breeding, *Plos one*, San Francisco, v. 10, n.1, p1-13, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114827>.

PIMENTEL, A. J. B. et. al. Análise dialélica parcial em gerações avançadas para seleção de populações segregantes de trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [s.l.], v. 48, n. 12, p. 1555–1561, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200004>.

MARANNA, S. et al. Melhoramento para maior produtividade, maturidade precoce, maior adaptabilidade e tolerância ao alagamento em soja (*Glycine max* L.): Um estudo de caso. *Relatórios Científicos*, [s.l.], v. 11, p. 22853, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02064-x>

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

SILVA, Felié; BORÉM, Aluízo; SEDIYAMA, Tuneo; CÂMARA, Gil. Soja: do plantio à colheita. 2. ed. São Paulo: Oficia de Textos, 2022. 2 v.

FARIAS, J. R. B; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2007. 9 p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular técnica, 48).

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja:** de 1050 a.C. a 2050 d.C. Brasília, DF: Embrapa, 2018. ISBN 978-85-7035-807-3.

BALDISSERA, J. et al. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, [s.l.], v. 13, p. 181-189, 2014.

TOLEDO, J.F.F. et. al. Genetics and breeding. In: EMBRAPA. **Tropical soybean: improvement and production.** Brasília, DF: Embrapa, 1994. p.19- 36. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/577748/breeding-specialty-soybean-cultivars-for-processing-and-value-added-utilization-at-embrapa-in-brazil>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FEHR, W.R. Breeding methods for cultivar development. In: WILCOX, J.R. (ed.) *Soybeans: Improvement, Production, and Uses.* 2nd . USA: Agronomy Monograph 16, 1987. p. 249,293. ISBN: 0891180907, 9780891180906.

TAGLIAPIETRA, Eduardo Lago et al. Ecofisiologia da soja. 2. ed. Santa Maria: Field Crops, 2022. 432 p.

NEVES, C. G. et al. Capacidade de combinação e heterose em maracujazeiro amarelo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 757-767, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/19809>. Acesso em: 10 mar. 2024.

Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9(4), 463-493.

LAMARA, A. et al. Avaliando a variação fenotípica, herdabilidade e avanço genético em linhagens candidatas de trigo panificável (*Triticum aestivum L.*) cultivadas na região semiárida de sequeiro da Argélia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, [s. l.], v. 3, p. 10107–10118, 2022. DOI: 10.15446/rfnam. v75n3.100638. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/100638>.

LEITE, W. D. S. et al. Identification of superior genotypes and soybean traits by multivariate analysis and selection index. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 49, n. 3, p. 491-500, 2018. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180056>.

MEIER, C. et al. Performance agronômica e correlação linear entre componentes de rendimento da soja em segunda safra. **Revista de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 42, n. 4, p. 933-941, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.17995>.

DALCHIAVON, F.C.; PASSOS, E.; CARVALHO, M. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 33, n. 12, p. 541-552, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p541>

VIANA, J. M. S. The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model. *Genetics and Molecular Biology*, v. 23, n. 4, p. 645-654, 2000.

ROCHA, F. et al. (2014). Análise dialélica como ferramenta na seleção de genitores em feijão. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 45, n.1, p. 74–81. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000100010>.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4412>.

PETRUCCI, E.; OLIVEIRA, L. A. Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação de chuvas intensas para a cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de climatologia**, Ano 15, v. 25, p. 337-354, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/57767>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. *Stages of soybean development*. Ames: Iowa State University Cooperative Extension Service, Special Report 80, 1977. Disponível em: <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/58c89bfe-844d-42b6-8b6c-2c6082595ba3>.

Matsuo, É., Sediyma, T., Cruz, C. D., K. (2019). Estabilidade do comprimento do hipocótilo de plantas de cultivares de soja por meio de redes neurais e metodologias tradicionais. *Ciência*

Rural, 49(3). Disponível em: https://pressreleases.scielo.org/blog/2019/06/05/como-se-comporta-o-hipocotilo-de-cultivares-de-soja-ao-longo-de-varias-epocas-de-plantio/?utm_source=chatgpt.com

NAGARAJAN, D.; KALAIMAGAL, T.; MURUGAN, E. Combining ability analysis for yield component and biochemical traits in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, [s.l.], v. 6, n. 11, p. 2894-2901, 2017. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.611.341. Disponível em: <https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=5261&vol=6-11-2017&SNo=341>.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology. 1977. 11 p. (Special Report, 80).

NOGUEIRA, A. P. O. *et al.* Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, [s.l.], v. 28, n. 6, 2012.

PELUZIO, J. M. *et al.* Variabilidade genética entre cultivares de soja, sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 21-40, 2011.

TEODORO, P.E., Ribeiro, L.P., Corrêa, C.C.G., Luz Júnior, R.A.A., Zanuncio, A.S., Capristo, D.P., Torres, F.E. 2015. Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. Biosci. J. 31:794-799 <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-26094>.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A. Soja. In: SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Londrina: Mecenas. 2016. Cap. 4, p. 11-18.

MENDES, L. L. C. *et al.* Avaliação de parâmetros gênicos e proteicos in silico na soja (*Glycine max*) da GDP Manose 3'5'epimerase das vias Wolucka/Van Montagu e Wheeler/Smirnoff participante na biossíntese da vitamina C/Evaluation of in silico gene and protein parameters in soybean (*Glycine max*) of the GDP Mannose 3'5'epimerase of the Wolucka/Van Montagu and Wheeler/Smirnoff pathways participating in vitamin C biosynthesis. **Brazilian Journal of Development**, [s.l.], v. 7, n. 5, p. 48732-48750, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.29792>.

VIANA, J. S. *et al.* Evaluation of productivity of soybean cultivars in Garanhuns-PE. **Revista Agrotecnologia**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 10-18, 2017. DOI: <https://doi.org/10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v8n2p10-18>.

MIRANDA FILHO, J. B. Breeding methodologies for tropical maize. In: BRANDOLINI, A.; SALAMINI, F. (ed.) Breeding strategies for maize production improvement in the tropics. Firenze: FAO; Instituto Agronomico per l'Oltremare, 1985.

PATERNANI, E. Maize breeding in the tropics. **CRC Critical Reviews in Plant Science**, [s.l.], v.9, p.125-154, 1990.

SILVA, H. P .*et al.* Capacidade de combinação e heterose para resistência a *Puccinia polyspora* Underw. em milho. **Scientia Agricola**, [s.l.], v. 58, n. 4, p. 777–783, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400020>.

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

GONTIJO, W. D. R. *et al.* Epicotyl length in seedlings of soybean cultivars subjected to reduced inter-row spacing. **Agronomy Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 7, n.132, p. 1-7, 2021.

ASSUNÇÃO FILHO, J.R. **Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de grãos e tolerância à ferrugem**. 2016. 91f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

JAVAID, A.; MASOOD, S.; MINHAS, N.M. Analysis of combining ability in wheat (*Triticum aestivum L.*) using F2 generation. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 4, n. 11, p. 1303-1305, 2001. DOI: 10.3923/pjbs.2001.1303.1305.

VALE, N.M. *et al.* Effect of generations and environments in the analysis of a partial diallel to improve bean earliness. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 8219-8228, 2015. DOI: 10.4238/2015.July.27.9.

DARONCH, D. J. Capacidade combinatória de cultivares de soja em F2, sob condições de cerrado tocantinense. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 688-695, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18208>.

COLOMBO, G. A. *et. al.* Capacidade combinatória de genótipos de soja sob condições de cerrado de baixa latitude. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [s.l.], v. 61, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2696>.

CRUZ, C.D. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.

SILVA, Felipe. *et al.* Soja: do plantio à colheita: épocas de semeadura. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. 2 v.

ROCHA, F. *et al.* Selection of soybean lines exhibiting resistance to stink bug complex in distinct environments. **Food and Energy Security**, [s. l.], v.4, n. 2, p.133-143, 2015. <https://doi.org/10.1002/fes3.57>.

SILVA, C. S. S. *et al.* Importância Econômica e Evolução do Melhoramento. In: SILVA, F. (ed.). **Melhoramento da soja**. Viçosa: Ed. UFV, 2017.

LIU, X. et al. Soybean (*Glycine max*) seed growth characteristics in response to light enrichment and shading. **Plant Soil Environmental**, [s.l.], v.52, n.4, p. 178–185, 2006. ISSN 1516-7860.

LEE, Z. *et al.* Regulação da época de floração por fatores ambientais nas plantas. **Plantas**, [s.l.], v. 12 , edição 21, p. 3680, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12213680>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/21/3680>. Acesso em: 10 mar. 2024.

AMORIM, F.A. *et al.* . Época de semeadura sem potencial produtivo de soja em Uberlândia-MG. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 32, 4Sup1, p. 1793-1802, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4Sup1p1793>.

SILVA, Elizangela Selma; CARVALHO, Marco Antonio Camillo; DALLACORT, Rivanildo.

Cultivares de soja em função de elementos climáticos nos municípios de Tangará da Serra e Diamantino, MT. Nativa, v. 8, n. 2, p. 157-164, 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i2.8382.

MELO, C. L. P. et al. **BRS 511**: sua nova aliada no manejo da ferrugem. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076896/brs-511-sua-nova-aliada-no-manejo-da-ferrugem>. Acesso em: 12/ mar/ 2024.

PRINCIPAIS características. [S.l.], 2024. Portal : TMG Tropical Melhoramento & Genética S.A.: TMG 7363 RR. Disponível em: <https://www.tmg.agr.br/cultivar/tmg-7363-rr-2/>. Acesso: 02/ mar /2024.

SOJA TMG 7161 RR. Ribeirão Preto, 2024. Portal: AGRANDA . Disponível em: https://www.agranda.com.br/produto/soja-tmg-7161-rr/?source=search&search_term=7161.

SOJA NA 7337 RR. Ribeirão Preto, 2024. Portal: AGRANDA . Disponível em: <https://www.agranda.com.br/produto/soja-na-7337-rr/>. Acesso: 02 mar. 2023. Acesso: 02/ mar /2024.