

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RODNEI DOS SANTOS

**ANÁLISE GENÉTICA DE GENITORES DE SOJA [*GLYCINE MAX* (L.)  
MERRILL] NAS GERAÇÕES F<sub>1</sub> E F<sub>2</sub> VISANDO MELHORAMENTO PARA  
SEMEADURA ANTECIPADA**

TESE

PATO BRANCO  
2019

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RODNEI DOS SANTOS

**ANÁLISE GENÉTICA DE GENITORES DE SOJA [*GLYCINE MAX* (L.)  
MERRILL] NAS GERAÇÕES F<sub>1</sub> E F<sub>2</sub> VISANDO MELHORAMENTO PARA  
SEMEADURA ANTECIPADA**

TESE

PATO BRANCO

2019

RODNEI DOS SANTOS

**ANÁLISE GENÉTICA DE GENITORES DE SOJA [*GLYCINE MAX* (L.)  
MERRILL] NAS GERAÇÕES F<sub>1</sub> E F<sub>2</sub> VISANDO MELHORAMENTO PARA  
SEMEADURA ANTECIPADA**

Tese a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2019

S237a Santos, Rodnei dos.

Análise genética de genitores de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] nas gerações F1 e F2 visando melhoramento para semeadura antecipada / Rodnei dos Santos. – 2019.

57 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2019.

Inclui bibliografia

1. Soja - Cultivo. 2. Melhoramento genético. 3. Semeadura. I.  
Benin, Giovani, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD (22. ed.) 630



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Tese nº 61**

**ANÁLISE GENÉTICA DE GENITORES DE SOJA [*GLYCINE MAX* (L.)  
MERRILL] NAS GERAÇÕES F<sub>1</sub> E F<sub>2</sub> VISANDO MELHORAMENTO PARA  
SEMEADURA ANTECIPADA**

por  
**RODNEI DOS SANTOS**

Tese apresentada às quatorze horas e zero minutos do dia vinte e cinco de novembro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de DOUTOR EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Edson Perez Guerra**  
Unicentro

**Dr. Ivandro Bertan**  
Syngenta Seeds

**Prof. Dr. Paulo Henrique de Oliveira**  
UTFPR

**Dr. Gilvani Matei**  
Syngenta Seeds

**Prof. Dr. Giovani Benin**  
UTFPR  
Orientador

**Prof. Dr. Alcir José Modolo**  
Coordenador do PPGAG

“O Termo de Aprovação, devidamente assinado, encontra-se arquivado na Coordenação do PPGAG.”

## RESUMO

SANTOS, Rodnei. Análise genética de genitores de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> visando melhoramento para semeadura antecipada. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

A cultura da soja é de extrema importância econômica para o estado do Paraná. No entanto, uma tendência dos produtores rurais do estado é a antecipação da semeadura da soja para os primeiros dias do zoneamento agrícola. Esta mudança comportamental acende o alerta sobre a necessidade da intensificação da pesquisa neste ponto, principalmente pesquisas em relação ao melhoramento genético, que objetivam obter cultivares adaptadas a semeadura antecipada. Desta forma, o trabalho objetivou caracterizar morfológica e geneticamente a dissimilaridade genética de nove cultivares elites em semeadura antecipada, promovendo o agrupamento destas, além de estimar parâmetros genéticos dos genótipos e das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> através da realização de cruzamentos dialélicos parciais, indicando assim as combinações e as cultivares mais promissoras para a obtenção de recombinações favoráveis para a semeadura antecipada objetivando o incremento da produtividade de grãos. As cultivares apresentaram significativa dissimilaridade genética, indicando a existência de variabilidade para os caracteres avaliados em semeadura antecipada, sendo possível separá-las em dois grupos distintos. O trabalho possibilitou a identificação de cultivares que podem ser utilizados em cruzamentos artificiais de elevada heterose. Os caracteres que mais contribuíram para a dissimilaridade genética foram dias da emergência ao florescimento e altura final de planta. As cultivares 53I54RSF IPRO, 5958RSF IPRO e 50I52RSF IPRO se destacaram das demais, combinando elevada média produtiva, capacidade específica de combinação (CEC) e elevada capacidade geral de combinação (CGC) para rendimento de grãos (RG) em semeadura antecipada. A combinação destas cultivares indica ser promissor para compor blocos de cruzamentos por apresentar alto potencial produtivo em semeadura antecipada por meio da complementariedade alélica.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill; Melhoramento genético; Semeadura no cedo.

## ABSTRACT

SANTOS, Rodnei. Genetic analysis of soybean parent [*Glycine max* (L.) Merrill] generations F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> in order to improve early seeding. 58 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop production), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2019.

The soybean crop is of extreme economic importance for the state of Paraná. However, a trend of the state's rural producers is the anticipation of sowing soybeans to the early days of agricultural zoning. This behavioral change raises the alert about the need for intensified research at this point, especially research related to genetic improvement, which aims to obtain cultivars adapted to early sowing. Thus, the objective of this work was to characterize morphologically the genetic dissimilarity of nine cultivars in early sowing, promoting their grouping, besides estimating genetic parameters of genotypes and F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations through partial diallel crosses, indicating the combinations and the most promising cultivars to obtain favorable recombination for early sowing aiming at increasing grain yield. The cultivars presented significant genetic dissimilarity, indicating the existence of variability for the traits evaluated in early sowing, being possible to separate them in two distinct groups. The work allowed the identification of cultivars that can be used in artificial crossings of high heterosis. The traits that most contributed to genetic dissimilarity were days from emergence to flowering and final plant height. The cultivars 53I54RSF IPRO, 5958RSF IPRO and 50I52RSF IPRO stood out from the others, combining high yield average, specific combining ability (CEC) and high overall combining capacity (CGC) for grain yield (RG) in early sowing. The combination of these cultivars indicates to be promising to compose blocks of intersections for presenting high productive potential in early sowing through allelic complementarity.

**Keywords:** *Glycine max* (L.) Merrill; Genetic improvement; Sowing in the early.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Cultivares de soja utilizadas, grupos de maturação e seus respectivos mantenedores. UTFPR, Pato Branco, 2019. ....	20
<b>Tabela 2</b> – Híbridos realizadas entre os grupos de genitores de soja para a obtenção dos híbridos F <sub>1</sub> . UTFPR, Pato Branco, 2019. ....	21
<b>Tabela 3</b> – Valores médios mensais de temperatura (°C) e precipitação mensal acumulada (mm) durante o período de cultivo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019....	26
<b>Tabela 4</b> - Análise de variância (ANOVA) para dez caracteres agronômicos avaliados em nove cultivares de soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.....	27
<b>Tabela 5</b> – Agrupamento de médias de Scott Knott para dez caracteres agronômicos avaliados em nove cultivares de soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. ....	28
<b>Tabela 6</b> - Contribuição relativa dos caracteres (CRC) para a dissimilaridade genética, variáveis canônicas, estimativas das variâncias (autovalores) e variâncias percentuais acumuladas entre nove cultivares de soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. ....	30
<b>Tabela 7</b> - Quadrados médios da análise de variância dialélica parcial para dez caracteres agronômicos, avaliados nas gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> , oriundos de híbridos entre nove cultivares de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. ....	33
<b>Tabela 8</b> - Capacidade geral de combinação (CGC) e suas respectivas médias ( $\mu$ ) referentes à avaliação de nove genitores de soja em esquema dialelo parcial para dez caracteres agronômicos avaliados nas gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> . UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. ....	35
<b>Tabela 9</b> - Capacidade específica de combinação (CEC) e suas respectivas médias ( $\mu$ ) para dez caracteres agronômicos avaliados nas gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> , para híbridos envolvendo nove genitores de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. ....	38
<b>Tabela 10</b> - Valores de correlação entre as médias dos caracteres agronômicos com a capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) nas gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> . UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.....	40
<b>Tabela 11</b> - Valores de heterose e depressão endogâmica entre as gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> , para dez caracteres agronômicos avaliados em 14 progênies de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. ....	43



<b>Tabela 12</b> – Valores de heterobeltiose nas gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> , para dez caracteres agronômicos avaliados em 14 progênies de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.....	46
---	----

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Fotoperíodo (h) ao longo do ano de acordo com o local da realização do trabalho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.....10
- Figura 2** - Gráfico de dispersão de escores de nove cultivares de soja em relação as duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2). UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. Cultivares avaliadas: 1 - NS 5445 IPRO; 2 - 5855RSF IPRO; 3 - 5958RSF IPRO; 4 - M5917IPRO; 5 - NS 5959 IPRO; 6 - 58I60RSF IPRO; 7 - 50I52RSF IPRO; 8 - NS 6909 IPRO; 9 - 53I54RSF IPRO.....31
- Figura 3** - Dendograma representativo da dissimilaridade genética entre nove cultivares de soja, obtido pelo método de agrupamento do vizinho mais próximo e utilizando a distância de Mahalanobis como medida de distância genética. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.....32

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	6
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	7
2.1.	Cultura da soja .....	7
2.2.	Fatores ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura .....	8
2.2.1.	<i>Fotoperíodo e Período Juvenil</i> .....	8
2.2.2.	<i>Temperatura</i> .....	11
2.2.3.	<i>Disponibilidade hídrica</i> .....	12
2.3.	Época de semeadura e semeadura antecipada.....	13
2.4.	Heterose, Heterobeltiose e Depressão Endogâmica .....	14
2.5.	Cruzamentos dialélicos .....	16
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1.	Material genético e delineamento experimental.....	18
3.2.	Hibridações e obtenção das gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> .....	20
3.3.	Delineamento, implantação e condução experimental das gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> .....	22
3.4.	Caracteres avaliados .....	22
3.5.	Análises estatísticas.....	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1.	Condições climáticas .....	25
4.2.	Caracterização das cultivares.....	26
4.3.	Dissimilaridade Genética .....	29
4.4.	Capacidade Combinatória.....	32
4.5.	Heterose, Heterobeltiose e Depressão Endogâmica .....	41
5.	CONCLUSÕES .....	48
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) é uma leguminosa de extrema importância econômica para o Brasil. Na safra 2018/19 a produção brasileira foi de aproximadamente 117 milhões de toneladas (CONAB, 2019a). Os principais estados produtores são o MT, PR e RS, que juntos produzem cerca de 68 milhões de toneladas anualmente. O estado do Paraná está na segunda colocação em relação a produção da cultura da soja, e na safra 2018/19, sua produção foi de aproximadamente 19 milhões de toneladas (CONAB, 2019a). Esses dados demonstram a importância do estado no mercado nacional.

Apesar do elevado volume produzido no estado, um dos fatores que limitam a lucratividade dos produtores, a nível de campo, são os elevados custos de produção. O custo de produção da cultura da soja no estado na safra agrícola 2018/19, foi de aproximadamente R\$ 2,283.26 ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019b). Devido a esse elevado custo na produção, a margem de lucro fica estreita, e fica evidente a necessidade de o produtor rural otimizar o uso da terra. Assim, muitos agricultores buscam realizar duas safras de verão (SANTOS, 2017).

No entanto, a publicação da nova portaria nº 202, de 19 de julho de 2017, limita a data de semeadura da cultura até o dia 31 de dezembro (ADAPAR, 2019b), não sendo mais possível a realização de duas safras anualmente. Neste sentido, a semeadura antecipada da soja permitiria realizar uma segunda safra com milho ou feijão, caracterizando-se como uma excelente opção para os produtores do estado. Assim, muitos produtores têm buscado antecipar a semeadura da soja para a data mais próxima possível do fim do vazio sanitário, que para o estado do Paraná é o dia 10 de setembro (ADAPAR, 2019a). Com isso, abre a possibilidade da realização de uma segunda safra com outra cultura, possibilitando assim otimizar o uso da área (SANTOS, 2017).

Porém, sabe-se com a antecipação da semeadura, a cultura pode ficar sujeita a condições climáticas desfavoráveis ao seu desenvolvimento, como baixas temperaturas do ar e do solo, fotoperíodo inadequado, e ainda, a maior possibilidade de ocorrer déficit hídrico durante o ciclo, que estão entre os fatores que mais comprometem o potencial produtivo da soja (MAO et al., 2017). Temperaturas elevadas proporcionam florescimento precoce da cultura, e temperaturas mais

amenas, atrasam o florescimento, principalmente em cultivares com menor sensibilidade ao fotoperíodo (KURASCH et al., 2017). Além disso, o fotoperíodo curto induz as plantas a florescerem precocemente, reduzindo o ciclo vegetativo e comprometendo a produtividade da cultura.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho, é caracterizar cultivares de soja sob a condição de semeadura antecipada, para definir a dissimilaridade genética entre elas, visando identificar genitores para comporem blocos de cruzamentos e determinar a capacidade de combinação e heterose, auxiliando na seleção de populações segregantes promissoras e o desenvolvimento de cultivares adaptados a semeadura antecipada.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Cultura da soja**

A soja (*Glycine max* (L.) Merril), é uma leguminosa pertencente ao gênero *Glycine*, família Fabaceae e ordem Fabales (ITIS, 2019). A cultura atualmente, é considerada uma das principais leguminosas em nível mundial, visto que, sua produção e seu consumo só são menores que as do milho, trigo e arroz (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). No Brasil a cultura foi introduzida por imigrantes japoneses em 1908, no Estado do Rio Grande do Sul, porém, a expansão em nível nacional do cultivo ocorreu a partir da década de 70 (FREITAS, 2015). Desde então, a cultura ganhou grande notoriedade no mercado nacional e internacional, sendo utilizada na alimentação humana e animal devido a ser excelente fonte de óleo e proteína, além da sua utilização na produção de biodiesel, uso industrial entre outras (SILVA et al, 2006).

Atualmente, os maiores países produtores são EUA, Brasil e Argentina, e segundo dados da FAO (2019), estes países são responsáveis por aproximadamente 82% da produção mundial de soja.

No Brasil, os principais estados produtores de soja são o Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, que correspondem a aproximadamente 60% do volume

total produzido a nível nacional (CONAB, 2019a). Na safra 2017/18 o estado do Mato Grosso foi o maior produtor nacional de soja, com aproximadamente 32 milhões de toneladas de grãos, seguido pelo estado do Paraná, que produziu cerca de 19 milhões de toneladas (CONAB, 2019a).

Além da cultura da soja, o estado do Paraná destaca-se como importante produtor de milho e feijão, sendo que, muitos produtores vêm buscando realizar a semeadura antecipada da soja, buscando obter uma segunda safra de outra cultura no mesmo ano agrícola. No entanto, com a antecipação da semeadura, a cultura fica exposta a condições climáticas desfavoráveis ao seu desenvolvimento, comprometendo a produtividade de grãos.

## **2.2. Fatores ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura**

Os principais fatores ambientais que afetam o desenvolvimento vegetativo e a produtividade da cultura da soja são a radiação solar, o fotoperíodo, a temperatura e a disponibilidade hídrica (MOTTA et al., 2000; MAO et al., 2017). Dentre estes fatores, a temperatura e o fotoperíodo atuam diretamente sobre a determinação do período vegetativo da cultura (RODRIGUES et al., 2001).

### **2.2.1. Fotoperíodo e Período Juvenil**

A soja é caracterizada como uma planta fotossensível, isto é, o seu florescimento é induzido de acordo com a duração crítica do fotoperíodo (TAIZ; ZEIGER, 2004). É classificada como uma planta de dias curtos, sendo induzida ao florescimento em fotoperíodos inferiores ao fotoperíodo crítico, que é dependente de cada genótipo (MAO et al., 2017). Neste sentido, quando a cultura fica exposta a fotoperíodos superiores ao nível crítico, ocorre atraso no início do florescimento, resultando em aumento do período vegetativo (WATANABE et al., 2012). Nessa condição, a planta irá apresentar ciclo mais longo, bem como, maior altura, número de nós e de inflorescências. No entanto, quando a planta é semeada em fotoperíodos

inferiores ao seu nível crítico, ocorre antecipação do florescimento, o período vegetativo é reduzido, e como consequência, se tem a redução do ciclo da cultura (JIANG et al., 2011). A redução no ciclo da cultura também reduz o índice de área foliar (IAF), comprometendo a produção de fotoassimilados, captação da radiação, e consequentemente, o potencial produtivo da cultura (ZANON et al., 2015).

Apesar do fotoperíodo estar diretamente relacionado com o ciclo vegetativo e a indução do florescimento, a soja também apresenta a fase conhecida como período juvenil. O período juvenil caracteriza-se pelo período de insensibilidade ao estímulo fotoperiódico, onde a planta não responde aos estímulos do ambiente para iniciar o florescimento. No entanto, ao término do período juvenil, que pode ser curto ou longo, a planta estará apta a perceber os estímulos fotoperiódicos. Nesta condição, se o fotoperíodo estiver abaixo do nível crítico, a planta será induzida ao florescimento (KERBAUY, 2008), iniciando a formação dos meristemas caulinares florais e das inflorescências. No entanto, em fotoperíodos curtos, o período juvenil apresenta relação direta com número de nós, altura de plantas, índice de área foliar, e produtividade (COBER, 2011).

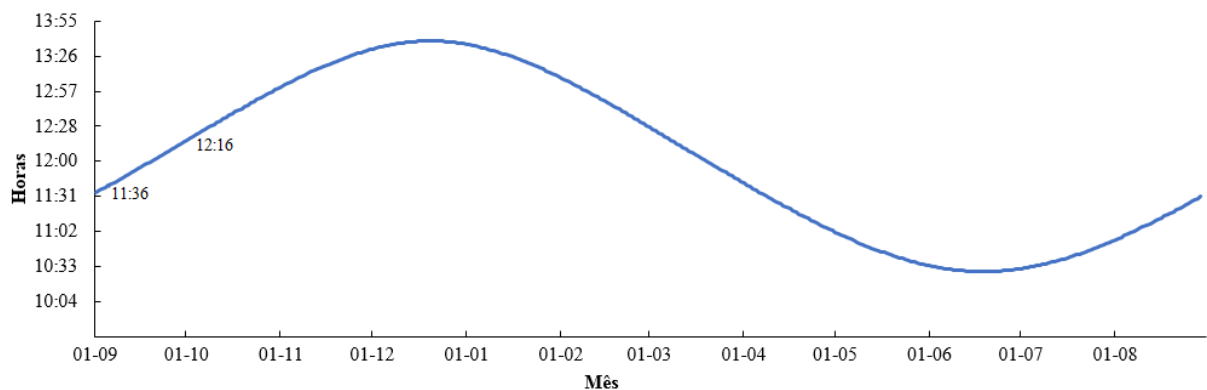
Estudos realizados com a cultura têm demonstrado a atuação de dois genes recessivos no controle genético da característica de período juvenil (CARPENTIERI - PÍPOLO et al., 2012). A identificação do controle genético desta característica, tornou possível o cultivo da soja em regiões de baixas latitudes, as quais apresentam fotoperíodo indutivo durante todo o ciclo da cultura. Além disso, tem sido identificado que esta característica está relacionada principalmente a ação gênica aditiva, porém, foram identificadas cultivares que apresentavam mutações espontâneas recessivas, aumentando a variabilidade genética em programas de melhoramento (CARPENTIERI-PIPOLO, 2014).

A identificação de genótipos que apresentam uma maior insensibilidade ao fotoperíodo (período juvenil longo), caracteriza-se como uma alternativa para a adaptação da cultura a semeadura antecipada, visto que a semeadura antecipada se caracteriza pela semeadura realizada entre os dias 10 e 30 de setembro, e o período normal de semeadura para o estado do Paraná está nos meses de outubro e novembro (MEOTTI et al., 2012).

No estado do Paraná, a semeadura da soja realizada no mês de setembro se caracteriza como antecipada, pois o fotoperíodo é de cerca de 12 horas,

havendo uma diferença de aproximadamente 40 minutos no comprimento do dia entre os dias 10 e 30 de setembro, podendo que esta variação seja alterada de acordo com a latitude do local em específico (Figura 1).

Nesta condição, a cultura será exposta ao fotoperíodo indutivo no momento da sementeira, e a ausência de período juvenil longo faz com que as plantas iniciem o florescimento muito precocemente, comprometendo o potencial produtivo da cultura. Dessa forma, o fotoperíodo caracteriza-se como um dos principais fatores responsáveis pela adaptação da cultura a sementeira antecipada (FEHR E CAVINESS, 1977).



**Figura 1** – Fotoperíodo (h) ao longo do ano de acordo com o local da realização do trabalho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019) adaptado de SUNRISE, 2019.

A soja no Brasil é classificada por de sistema de grupos de maturidade semelhante ao utilizado na América do Norte, sendo atribuído valores que variam de acordo com a latitude. Sendo atribuído valores que vão de zero a dez de acordo com o distanciamento dos polos em direção da linha do Equador. O grupo de maturação é determinado de acordo com a resposta ao fotoperíodo (ALLIPRANDINI et al., 2009). A classificação das cultivares de acordo com os grupos de maturação substituiu a classificação por ciclo (precoce, semiprecoce, médio e tardio), pois este é um critério muito amplo onde a mesma cultivar pode apresentar tempo de ciclo diferente de acordo com a região semeada.



### **2.2.2. Temperatura**

A temperatura recomendada para o bom desenvolvimento e crescimento da cultura da soja varia entre 20 e 30 °C. (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2019; EMBRAPA, 2011; SETIYONO et al., 2010). Já para Wahid et al. (2007), a temperatura ideal varia entre 30 e 35 °C. Temperaturas abaixo dos 10 °C, ou acima dos 40 °C, comprometem significativamente o desenvolvimento da cultura (FARIAS et al., 2009).

Altas temperaturas, acima no nível crítico, promovem a redução da taxa fotossintética, aborto de flores, e conseqüentemente, redução do potencial produtivo da cultura (PRASAD et al., 2008). Além disso, promovem alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas, alterando a capacidade fotossintética (ASHRAF; HARRIS, 2013), redução do tempo de florescimento e, conseqüentemente, redução do ciclo da cultura (KIM et al., 2012). Quando as altas temperaturas estão associadas a déficit hídrico, principalmente no estágio reprodutivo, a produtividade e a qualidade das sementes são comprometidas significativamente (HATFIELD; PRUEGER, 2015; FARIAS et al., 2009; ALBRECHT et al., 2008).

No entanto, quando a cultura é submetida a semeadura antecipada, geralmente esta é exposta a baixas temperaturas do solo e atmosféricas, a temperatura do solo influencia diretamente na velocidade de germinação (ALSAJRI et al., 2019). Deste modo, recomenda-se como ideal, que a temperatura se encontre entre 20 e 30 °C para que ocorra uma emergência uniforme e rápida (EMBRAPA, 2011; SETIYONO et al., 2010; FARIAS et al., 2009). Além de afetar a emergência das plantas, a temperatura do solo apresenta efeito direto sobre a fixação biológica, afetando a expressão gênica das bactérias fixadoras de nitrogênio (SHIRO et al., 2016) e conseqüentemente afetam o desenvolvimento da cultura (ASHRAF; HARRIS, 2013). Segundo Jumrani et al. (2017) e Alsajri et al. (2019), os efeitos fisiológicos ocasionados pelo estresse térmico, podem ser maximizados ou minimizados dependendo da variabilidade genética das cultivares, o que poderá ser decisivo para a adaptação dos genótipos a condição de semeadura antecipada.

### **2.2.3. Disponibilidade hídrica**

A cultura da soja necessita de 450 a 800 mm de água durante seu ciclo, os quais devem ser bem distribuídos para suprir todas as fases de desenvolvimento da cultura. As fases de germinação das plantas, bem como, o período entre o início de florescimento ao pleno enchimento de grãos, são os períodos mais críticos para o déficit hídrico (EMBRAPA, 2011; CHRISTOPHE et al., 2011).

Durante o desenvolvimento vegetativo da soja, períodos de déficit hídrico propiciam redução da taxa fotossintética e redução do ciclo, comprometendo o potencial produtivo da cultivar (MATZENAUER et al., 2003). Logo, a ocorrência de déficit hídrico reduz a produtividade da cultura, sendo esta redução mais significativa quando ocorre no estágio de enchimento de grãos, fase primordial para a determinação da produtividade da cultura (GAVA, 2016; HATFIELD; PRUEGER, 2015). Em condições de estresse hídrico, ocorre acúmulo de espécies reativas de oxigênio, agindo como sinalizadores, induzindo a planta a desenvolver enzimas antioxidantes para reduzirem a concentração destas nas células (SHI et al., 2012). Vale destacar também, que quando o déficit hídrico está associado com altas temperaturas, aumenta a sensibilidade estomática, induzindo o fechamento dos estômatos, comprometendo assim a eficiência fotossintética (MEDINA; GILBERT, 2015).

Segundo Ferrari et al. (2015), o principal problema enfrentado pelos produtores do estado do Mato Grosso com a antecipação da semeadura, está na possível ocorrência de déficit hídrico durante o desenvolvimento da cultura. A regularidade da distribuição de chuva durante o ano é uma característica do clima subtropical, clima este dos estados da região Sul, onde as chuvas se distribuem regularmente durante todos os meses do ano, embora no verão a pluviosidade é maior do que no inverno. No entanto, Ferreira (2007) analisando dados climáticos de um período de 34 anos, concluiu que a ocorrência de estiagens sempre existiu para a região Sul, porém, com pouca alteração no volume precipitado durante o ano. Vale destacar também, que na região Sul ocorrem os eventos climáticos El Niño e La Niña, fenômenos atmosféricos que podem ocasionar o aumento ou a diminuição das chuvas, sendo mais comuns na estação da primavera. Neste sentido, devido a

semeadura antecipada ser realizada no início da primavera, historicamente, observa-se ocorrência de estiagens (FERREIRA, 2007).

### **2.3. Época de semeadura e semeadura antecipada**

A cultura da soja é tradicionalmente semeada nos meses de outubro e novembro na região Sul do Brasil. Segundo Meotti et al. (2012), este período proporciona maior produtividade para a cultura, quando comparada com a semeadura tardia, realizada no mês de dezembro. Portanto, devido a semeadura da soja se concentrar a partir do mês de outubro, as empresas de melhoramento focaram em desenvolver cultivares adaptadas a este período.

Entretanto, uma tendência percebida nos produtores rurais, foi a de buscar antecipar a semeadura da soja para o mês de setembro. Entre os motivos que tem levado a semeadura antecipada, está a possibilidade de realizar duas safras no mesmo ano agrícola, além de conduzir a lavoura de soja no período de baixa pressão da ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*.

Entre as doenças foliares que acometem a cultura da soja, atualmente a Ferrugem Asiática é considerada a de maior importância, podendo comprometer até 90% da produtividade final da cultura (GODOY et al., 2016). A alta severidade e os potenciais de perdas que esta doença apresenta, associada com a importância da cultura para o agronegócio brasileiro, fizeram com que instituições tomassem medidas de controle, como é o caso da portaria nº 202, de 19 de julho de 2017. Esta portaria limita a semeadura da soja até o dia 31 de dezembro, fazendo com que os produtores que buscam realizar duas safras, realizem a semeadura no início da época recomendada (ADAPAR, 2019b).

Conforme destacado anteriormente, a realização da semeadura antecipada da soja, além do objetivo de escapar do período de maior pressão da ferrugem asiática, também possibilita a realização de uma segunda safra com outra cultura. No entanto, esta mesma portaria limita como período de vazio sanitário o período compreendido entre 10 de junho a 10 de setembro, fazendo com que a semeadura antecipada possa ser realizada a partir do dia 10 de setembro, mês de transição do inverno para a primavera no hemisfério sul (IPMET, 2019).

A mudança da época de semeadura faz com que as plantas fiquem expostas a condições ambientais que não são as ideais para a germinação e desenvolvimento da cultura, comprometendo o rendimento final (RIO et al., 2016; SCHLENKER, ROBERTS, 2009). Conforme destacado anteriormente, para o bom desenvolvimento da soja, alguns fatores como o fotoperíodo, temperatura e disponibilidade hídrica influenciam diretamente no desenvolvimento e na produtividade da cultura, e ambos são afetados pela antecipação da semeadura (MAO et al., 2017).

Portanto, sabendo que a resposta a fatores abióticos é variável de acordo com a cultivar, a identificação de genótipos que apresentam uma maior tolerância as condições ambientais desfavoráveis citadas anteriormente são fundamentais para a adaptação destes a condição de semeadura antecipada. Além disso, pelo fato de haver a necessidade de semeadura antecipada na região Sul, a caracterização e identificação de cultivares que apresentam bom desempenho para esta condição, permitiria a escolha de genitores para comporem blocos de cruzamentos e o melhoramento futuro desta característica.

#### **2.4. Heterose, Heterobeltiose e Depressão Endogâmica**

A heterose é definida como a diferença da média obtida na geração  $F_1$  ou  $F_2$  em relação a média dos genitores, para um determinado caractere. Já a heterobeltiose, consiste na diferença do valor da  $F_1$  em relação à média do melhor genitor (BALDISSERA et al., 2014). O valor obtido através da heterose e/ou da heterobeltiose, evidência a probabilidade da obtenção de genótipos superiores em populações segregantes (SCHNABLE; SPRINGER 2013; BURTON; BROWNIE, 2006). Neste sentido, a superioridade de um híbrido em relação aos seus genitores é em função do efeito da ação gênica presente, podendo ser esta de dominância, sobredominância ou por efeitos epistáticos (LIU et al., 2019; ZHU et al., 2016; BALDISSERA et al., 2014).

Ação genica de dominância está relacionada com a complementariedade dos alelos dominantes de ambas as linhagens endogâmicas, utilizadas como genitores (GUO et al., 2014; DAVENPORT, 1908). Assim, a

combinação dos alelos dominantes nas gerações  $F_1$  determina a heterose, pois, quanto maior o número de alelos dominantes, mais acentuado é o efeito da heterose (ZHU et al., 2016; GUO et al., 2014). Já a ação gênica de sobredominância, consiste na interação alélica de múltiplos loci, possibilitando assim obter características superiores aos genitores (LIU et al., 2019; ZHOU; HUANG 2019). Esse tipo de ação gênica sobre a heterose, está associada a ação de alelos contrastantes em cada loco, criando estímulos fisiológicos que ativaria rotas bioquímicas, aumentando o potencial da planta (BALDISSERA et al., 2014). Por fim, os efeitos epistáticos, que decorrem das interações epistáticas entre os alelos de dois ou mais loci, também tem sido associados a superioridade da expressão de características, podendo este ser através de efeitos epistáticos aditivo x aditivo, aditivo x dominante e dominante x dominante (POWERS, 1945; ZHOU; HUANG 2019; LIU et al., 2019).

Em nível molecular, busca-se elucidar a heterose nas plantas, caracterizando os loci genéticos responsáveis pela heterose. Com o avanço das últimas décadas da genética molecular, o mapeamento genético tem possibilitado genotipar grandes populações com custo cada vez menor (LIU et al., 2019). Segundo Huang et al. (2016), através do sequenciamento do genoma do arroz, foi possível identificar cerca de 16 loci de genes relacionados com a heterose no arroz híbrido. No entanto, após identificados os loci, estes precisam ser elucidados, buscando identificar as funções biológicas destes genes, que na maioria das vezes estão relacionados com inúmeras características de forma simultânea (LIU et al., 2019).

Vale lembrar que há mais de um século a base genética da heterose vem sendo discutida (SHULL 1908), e pesquisas moleculares recentes ainda trabalham com as três hipóteses baseadas no modelo genético clássico de dominância, sobredominância e efeitos epistáticos (LIU et al., 2019; HUANG et al., 2016; ZHOU; HUANG 2019).

No entanto, o grau de heterose varia entre as diferentes espécies e a expressão da heterose na geração  $F_1$  em plantas autógamas é perdida com o avanço das gerações (LIU et al., 2019). Neste caso, ocorre a depressão endogâmica, que se caracteriza pela redução no vigor das plantas com o avanço das gerações, sendo que quanto maior for o grau de heterose, maior será a perda no vigor apresentada (BERTAN et al., 2009). Esta redução do vigor na descendência, ocorre devido ao surgimento de alelos desfavoráveis e deletérios em condições das descendências

homozigotas (BERNINI et al., 2013). No entanto, quando obtidas combinações que apresentem elevado grau de heterose, e a depressão endogâmica seja relativamente pequena, estas se mostram como potenciais para a obtenção de indivíduos superiores (BECHE et al., 2013).

Para se ter uma elevada heterose é necessário que os genitores resultem em combinação superior de alelos (LIU et al., 2019). Desta forma, torna-se possível obter informações sobre a capacidade combinatória e os efeitos heteróticos dos genótipos. Informações estas que podem auxiliar o melhorista na escolha dos genitores para a obtenção de populações segregantes promissoras. Para obtenção destas informações, é necessário a realização de cruzamentos dialélicos, os quais permitem analisar o comportamento “*per se*” dos genótipos (BALDISSERA et al., 2014).

## 2.5. Cruzamentos dialélicos

O termo cruzamentos dialélicos é utilizado para definir um conjunto de cruzamentos híbridos, resultando das combinações de diferentes genitores e que podem predizer as melhores combinações dos genitores (BALDISSERA et al., 2014). Diversas metodologias de análise dialélicas foram propostas, entre elas de Hayman (1954), Gardner e Eberhart (1966), e de Griffing (1956).

O método proposto por Hayman (1954), é utilizado com genitores homozigotos e através de sua metodologia busca-se obter informações sobre o controle genético entre os genitores. Desta forma, busca-se determinar o grau de dominância, separar os genitores de acordo com o grau de genes em homozigose dominante ou recessiva, avaliar a relação entre os alelos, determinar o número de genes dominantes e os limites de seleção. No entanto, este método apresenta algumas limitações para o seu uso, como a ausência de epistasia, efeito materno, alelismo múltiplo, genes distribuídos de forma independente e segregação diploide (CRUZ et al., 2012).

Já Gardner e Eberhart (1966), desenvolveram metodologia onde é utilizado os “*p*” populações ou variedades e os “ $p(p-1)/2$ ” híbridos  $F_1$ s. No entanto os autores salientam da importância dos genitores estarem em equilíbrio Hardy-

Weinberg, e que através do dialélo destes é possível obter informações detalhadas do potencial “per se” dos genitores e da heterose expressa nos híbridos.

Griffing (1956), relacionou quatro métodos de análise dialélica na sua análise, sendo: I – Inclusão dos genitores, híbridos  $F_1$ 's e recíprocos ( $p^2$ ); II – Sem a utilização dos híbridos  $F_1$  recíprocos ( $p(p+1)/2$ ); III – As combinações híbridas sem os genitores ( $p(p-1)$ ) e IV – Os híbridos  $F_1$  sem a utilização dos genitores e dos híbridos  $F_1$  recíprocos ( $p(p-1)/2$ ). No entanto, cada um desses métodos pode ser utilizado de acordo com a amostra dos genitores através de modelo fixo ou aleatório (CRUZ et al., 2012). Segundo Viana, (2000) e Cruz et al. (2012), o método proposto por Griffing (1956) é o mais utilizado nos programas de melhoramento, sendo estimado com esta metodologia as somas de quadrados de efeitos da capacidade geral e específica de combinação.

Através de sistema de cruzamentos dialélicos, o termo capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação foi definido por Sprague e Tatum (1942), onde os autores definiram CGC como o comportamento médio de uma linhagem genitora através de uma série de combinações híbridas, sendo este comportamento resultado ao efeito gênico aditivo dos alelos. Já para CEC, os mesmos autores definiram como o vigor de um cruzamento em relação ao esperado pela estimativa de CGC dos genitores utilizados na hibridação, sendo determinado através dos efeitos gênicos de dominância (completa ou parcial) e, ou epistasia.

Segundo Ramalho et al., (2012), as hibridações podem ser obtidas através de diferentes esquemas de combinações de cruzamentos, sendo esses classificados em:

- Dialélos balanceados: Cruzamento de todos os genitores, obtendo assim, todas as combinações possíveis, podendo ainda incluir os progenitores e os recíprocos.
- Dialélo parcial: Formado através de dois grupos de genitores, sendo possível obter informações sobre os genitores com um número reduzido de cruzamentos.
- Dialélo circulante: É realizado o mesmo número de cruzamentos para todos os genitores, porém inferior a  $p-1$ .
- Dialélo incompleto: O número de cruzamentos para cada um dos genitores é diferente, podendo ser ocasionada através de falhas das combinações híbridas, ou por escolha do melhorista.

- Dialélo desbalanceado: Quando o número de repetições é desigual para cada genitor, ou para as combinações híbridas que se tinha originalmente, podendo ser causada por perda de parcelas, ou por número limitado de sementes.

A escolha do esquema de cruzamentos dialélicos deve se balizar em diversos fatores, entre eles a mão de obra disponível, a estrutura física, o número de genitores que se deseja utilizar, entre outros. Segundo Kempthorne e Curnow (1961), o esquema dialélo parcial foi desenvolvido com o objetivo de aumentar o número de genitores envolvidos nos cruzamentos. Este permite que seja realizado estudos de capacidade combinatória em situações onde o número de genitores é muito grande, e desta forma, se tornaria inviável em outros esquemas devido a necessidade de se obter várias combinações híbridas (CRUZ et al., 2012). Assim é possível avaliar um número maior de genitores e identificar através da análise de CGC e CEC os genitores mais promissores e as combinações híbridas que resultem nas populações segregantes superiores (BENIN et al., 2010; CRUZ et al., 2012).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Material genético e delineamento experimental**

O trabalho foi conduzido durante duas safras agrícolas (2017/18 e 2018/19) em uma propriedade rural no município de Laranjeiras do Sul – PR (25°22'17"S, 52°22'39"W e 780 m de altitude), pertencente à região fisiográfica denominada de Terceiro Planalto Paranaense. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (IAPAR, 2019), é do tipo Cfb - clima temperado, com verões frescos e sem estação seca definida. O solo é profundo, bem drenado, mas também apresenta boa capacidade de retenção de água (EMBRAPA, 2006). O relevo do local é do tipo ondulado, não restringindo o uso de máquinas. O histórico da área é de aveia preta, milho, feijão e cevada anterior a implantação do experimento no ano de 2017, e de aveia preta antecedendo a implantação do experimento no ano de 2018.

Foram utilizadas nove cultivares comerciais de soja, de diferentes empresas obtentoras e grupos de maturação, com tipo de crescimento indeterminado



e tecnologia IPRO. As cultivares avaliadas com seus respectivos grupos de maturação, estão apresentadas na Tabela 1. A data de semeadura em ambas as safras agrícolas foi 10 de setembro, data de início do zoneamento agrícola para a região e caracterizando semeadura antecipada.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais foram compostas por quatro (4) linhas de 4 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre linhas. A densidade de semeadura utilizada foi de 44 plantas m<sup>-2</sup>, sendo realizado o desbaste quando as plantas atingiram o estágio V1 (Folhas unifoliadas completamente desenvolvidas), (FEHR; CAVINESS, 1977), permanecendo a densidade de plantas recomendadas para cada cultivar de acordo com os obtentores.

Devido ao curto prazo para a realização do trabalho, este foi dividido em duas frentes, sendo:

- Semeadura das nove cultivares elites na data de 10 de setembro de 2017 e 2018, com o objetivo de verificar o comportamento dos genitores em semeadura antecipada.
- Hibridação artificial de forma dialélica parcial para obtenção das sementes F<sub>1</sub> (verão de 2017) e semeadura destas para obtenção das populações F<sub>2</sub> (inverno de 2018).

Desta forma foi possível avaliar a semeadura antecipada das nove cultivares apresentadas na Tabela 01 em duas safras (2017/18 e 2018/19) e os genitores e suas combinações (Tabela 02) nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> semeadas em campo na safra 2018/19.

Como os dois trabalhos foram realizadas simultaneamente, os grupos de cultivares formados para a realização dos cruzamentos dialélicos parcial foram formados de acordo com o grupo de maturação e do conhecimento técnico prévio do desempenho destas em campo.

**Tabela 1** – Cultivares de soja utilizadas, grupos de maturação e seus respectivos mantenedores. UTFPR, Pato Branco, 2019.

CULTIVARES	GM <sup>1</sup>	MANTENEDORES
NS 5445 IPRO	5.4	NIDERA SEMENTES LTDA
5855RSF IPRO	5.8	GDM GENÉTICA DO BRASIL LTDA
5958RSF IPRO	5.8	GDM GENÉTICA DO BRASIL LTDA
M5917IPRO	5.9	MONSOY LTDA.
NS 5959 IPRO	5.9	NIDERA SEMENTES LTDA
58I60RSF IPRO	5.8	GDM GENÉTICA DO BRASIL LTDA
50I52RSF IPRO	5.0	GDM GENÉTICA DO BRASIL LTDA
NS 6909 IPRO	6.3	NIDERA SEMENTES LTDA
53I54RSF IPRO	5.3	GDM GENÉTICA DO BRASIL LTDA

<sup>1</sup>GM: Grupo de maturação.

A cultivar de menor grupo de maturação (GM) é a 50I52RSF IPRO com 5.0 e de maior GM à NS 6909 IPRO com 6.3. Segundo Alliprandini et al., 2009, a alteração de um décimo do GM resulta em variação de aproximadamente dois dias no ciclo da cultivar. No entanto, o ciclo da mesma cultivar pode apresentar variação entre as regiões que é semeada.

### 3.2. Híbridos e obtenção das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>

As populações F<sub>1</sub> foram obtidas em casa de vegetação. Nove genitores (Tabela 1), foram hibridizados na forma de dialélo parcial, obtendo-se 14 diferentes cruzamentos (Tabela 2).

Para a realização das híbridizações os genitores foram semeados em vasos plásticos com capacidade de 5L, preenchidos com solo (20 cm superficiais). A adubação utilizada foi o formulado (NPK) 02-20-20. Antecedendo a semeadura foi realizado o tratamento das sementes com fungicida e inseticida (Fipronil - 250 g/L, Piraclostrobina - 25 g/L, Tiofanato-Metílico - 225 g/L), e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A irrigação foi fornecida através de sistema de gotejamento e o controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado sempre que necessário de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

Devido aos genitores utilizados nas híbridizações pertencerem a diferentes grupos de maturação (Tabela 1), foi necessário a realização de semeadura intercalada, em intervalos de 15 dias, buscando sincronizar o período de florescimento de todos os genitores.

Foram semeadas cerca de dez sementes por vaso e realizado o desbaste quando estas estavam em estágio fenológico V2 - primeiro trifólio completamente expandido (FEHR; CAVINESS, 1977), buscando manter quatro plantas por vaso.

**Tabela 2** – Híbridações realizadas entre os grupos de genitores de soja para a obtenção dos híbridos F<sub>1</sub>. UTFPR, Pato Branco, 2019.

N <sup>o1</sup>	GEM <sup>2</sup>		GEF <sup>3</sup>
1	53I54RSF IPRO	x	NS 5445 IPRO
2	53I54RSF IPRO	x	5855RSF IPRO
3	53I54RSF IPRO	x	5958RSF IPRO
4	53I54RSF IPRO	x	M5917IPRO
5	53I54RSF IPRO	x	NS 5959 IPRO
6	53I54RSF IPRO	x	58I60RSF IPRO
7	53I54RSF IPRO	x	50I52RSF IPRO
8	NS 6909 IPRO	x	NS 5445 IPRO
9	NS 6909 IPRO	x	5855RSF IPRO
10	NS 6909 IPRO	x	5958RSF IPRO
11	NS 6909 IPRO	x	M5917IPRO
12	NS 6909 IPRO	x	NS 5959 IPRO
13	NS 6909 IPRO	x	58I60RSF IPRO
14	NS 6909 IPRO	x	50I52RSF IPRO

<sup>1</sup>N<sup>o</sup>: sequência numérica; <sup>2</sup>GEM: genitor masculino; <sup>3</sup>GEF: genitor feminino.

As híbridações foram realizadas em vasos que apresentavam os genitores em estágio fenológico R2 (pleno florescimento), sendo destes coletados as inflorescências do que estavam liberando pólen (genitor masculino). Foram identificadas as melhores inflorescências com genitor feminino, nas quais foi realizada a emasculação. A emasculação e fecundação das flores foi realizado com auxílio de uma pinça. Após a realização das híbridações, estas foram identificadas com etiquetas, contendo ambos os genitores e a data da realização da híbridação. Foram realizadas diversas híbridações por combinação, sendo realizado estes em campo no verão de 2017 e em casa de vegetação no inverno de 2018.

No estágio de maturação fisiológica (R8), foi realizada a colheita das sementes F<sub>1</sub> oriundas das híbridações (FEHR; CAVINESS, 1977). As sementes obtidas foram semeadas em vasos em casa de vegetação na safra agrícola (2017/18), objetivando o avanço para a geração F<sub>2</sub>, e obtenção de volume adequado de

sementes para à semeadura em campo das duas gerações e seus genitores (Tabela 02) na safra agrícola 2018/19.

### **3.3. Delineamento, implantação e condução experimental das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>.**

Os genitores e as gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> foram semeados à campo no dia 10 de setembro, em uma propriedade rural no município de Laranjeiras do Sul – PR, (25°22'17"S, 52°22'39"W, e 780 m de altitude), na safra agrícola 2018/19. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por duas linhas de 1,5m, com espaçamento de 0,45m entre linhas, e 0,10m entre plantas, totalizando 30 plantas por parcela para os genitores e F<sub>1s</sub> e 90 plantas por parcela para as populações F<sub>2</sub>. A adubação de base utilizada foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação de NPK (02-20-20). Antecedendo a semeadura no campo, as sementes foram tratadas com fungicida e inseticida, e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. O controle das plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

### **3.4. Caracteres avaliados**

Para a avaliação dos caracteres agrônômicos foram coletadas, aleatoriamente, 10 plantas representativas de cada unidade experimental. A coleta foi realizada nas duas linhas centrais de cada parcela, desconsiderando as plantas das extremidades das linhas. Os caracteres avaliados foram:

- Dias da emergência ao florescimento (DEF): Tempo decorrido entre a emergência (VE) e o estágio R1 (FEHR; CAVINESS, 1977);
- Dias à maturação (DEM): Tempo decorrido entre os estádios VE e R8, ou seja, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura;
- Altura de inserção da primeira vagem (AL1V): Medida da base da planta, no solo, até a inserção da primeira vagem.

- Altura final de planta (ALT): Medida da base da planta, no solo, até a inserção do racimo no ápice da haste principal no estágio R8.
- Número de nós produtivos por planta (NNos): Número de nós produtivos por planta na haste principal.
- Número de vagens por planta (NVP): Número de vagens formadas contendo grão.
- Número de grãos por vagem (NGV): Número médio de grãos por vagem.
- Número de ramos por planta (NRP): Número de ramificações provenientes da haste principal.
- Peso de mil grãos (g) (PMG): Massa de 1000 grãos obtido. Resultados expressos em gramas, com correção de umidade para 13% (base úmida).
- Rendimento de grãos (kg/ha) (RG): Rendimento obtido em kg ha<sup>-1</sup> referente à área útil de cada parcela, corrigida para 13% de umidade.

### 3.5. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk), homogeneidade de variância dos dados (teste de Cochran), seguido de análise de variância (ANOVA). Para os caracteres que apresentaram significância, foi realizada análise de comparação das médias pelo teste de Scott Knott (SCOTT; KNOTT, 1974), a nível de 5% de probabilidade de erro ( $p \leq 0,05$ ). As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2009).

As medidas de dissimilaridade foram determinadas segundo o modelo de análise multivariada, permitindo assim a obtenção de matriz de dissimilaridade, de covariância residual e das médias dos genótipos. Através da matriz de covariância residual e das médias dos genótipos foi determinado o grau de dissimilaridade genética, sendo utilizada a estatística de Mahalanobis. Os genótipos foram agrupados através do método de distâncias hierárquico, formando assim dendogramas que permitem agrupar e determinar a distância dos genótipos (CRUZ, 2006). A análise da importância de caracteres para estudo da dissimilaridade genética foi estimada por meio da participação dos componentes principais relativos a cada característica, no total da dissimilaridade observada, conforme método proposto por Singh (1981).

Os coeficientes de correlação fenotípica entre as características avaliadas foram determinados via correlação linear de Pearson, de acordo com a fórmula proposta por Steel e Torrie (1980).

$$r_p(xy) = \frac{COVp(xy)}{\sqrt{\sigma p(x) * \sigma p(y)}}$$

Onde:

COVp (xy) = covariância fenotípica entre os caracteres X e Y;

$\sigma p(x)$ ;  $\sigma p(y)$  = desvio padrão dos caracteres X e Y.

As significâncias das correlações foram testadas através do teste T, a nível de 5% de probabilidade de erro ( $p \leq 0,05$ ).

Para as análises dialélicas, os dados também foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk), homogeneidade de variância (teste de Cochran), seguido de análise de variância (ANOVA), para cada geração. As análises do dialélio parcial foram realizadas segundo modelo proposto por Griffing (1956), para dialélio completo e adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988), para dialélio parcial. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = u + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g_j + S_{ij} + e_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$ : média da população  $F_1$  e  $F_2$  resultante do cruzamento do  $i$ -ésimo genitor de um grupo e o  $j$ -ésimo genitor do outro grupo;

$u$ : Média geral;

$d_1$  e  $d_2$ : Média geral e os contrastes médios entre os grupos;

$g_i$ : Capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo genitor de um grupo;

$g_j$ : Capacidade geral de combinação do  $j$ -ésimo genitor do outro grupo;

$S_{ij}$ : Capacidade específica de combinação da população;

$e_{ij}$ : Média do erro experimental.

Os efeitos aditivos e não aditivos foram determinados através da relação da soma de quadrados entre a capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC). Adicionalmente, foi estimado os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres fenotípicos e a CGC e CEC, em ambas as gerações.

A determinação da heterose e heterobeliose, foi realizada de acordo com o modelo matemático descrito por Gardner e Eberhart, (1966).

$$(H_{MP} = \frac{\bar{F}_1 - \bar{M}\bar{G}}{\bar{M}\bar{G}} * 100) \quad (H_{PS} = \frac{\bar{F}_1 - \bar{G}\bar{S}}{\bar{G}\bar{S}} * 100)$$

Onde:

$H_{MP}$  = estimativa da heterose em relação à média dos genitores;

$H_{PS}$  = estimativa da heterobeliose;

$\bar{F}_1$  = média do híbrido;

$\bar{M}\bar{G}$  = média dos genitores;

$\bar{G}\bar{S}$  = média do genitor superior.

A significância dos valores de heterose e heterobeliose foi determinada através do teste “T” de Student. Adicionalmente, foi realizada a estimativa de correlação da heterose entre os caracteres para as duas gerações avaliadas.

A depressão endogâmica foi determinada a partir da diferença de desempenho médio das populações  $F_1$  e  $F_2$ , como descrito na seguinte fórmula:

$$\left( DE = \frac{\bar{F}_1 - \bar{F}_2}{F_1} * 100 \right)$$

Onde:

DE: depressão endogâmica;

$F_1$ : média do caráter avaliado na geração  $F_1$ ;

$F_2$ : média do caráter avaliado na geração  $F_2$ ;

As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2009).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Condições climáticas

As condições climáticas durante o período de cultivo esta apresentada na tabela 3, sendo obtidos através do banco de dados meteorológicos do Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR.

**Tabela 3** – Valores médios mensais de temperatura (°C) e precipitação mensal acumulada (mm) durante o período de cultivo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Meses	Temperatura média (°C)		Precipitação acumulada (mm)	
	2017/18 <sup>1</sup>	2018/19	2017/18 <sup>1</sup>	2018/19
Setembro	18,96	16,56	68	141
Outubro	17,83	17,72	139	181
Novembro	19,07	19,90	195	77
Dezembro	20,60	22,20	159	56
Janeiro	21,12	23,05	186	149
Set - Jan	19,52	19,89	746	604

Fonte:<sup>1</sup> Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR, 2019.

O ano de 2017 apresentou temperatura média do mês de setembro superior de aproximadamente dois graus celsius em comparação ao mesmo mês de 2018. A precipitação acumulada no mês de setembro de 2017 foi cerca de 48% inferior ao mesmo mês de 2018. Em 2018 os meses de novembro e dezembro foram meses de estiagem, com precipitação acumulada respectivamente de aproximadamente 39% e 35% inferior ao mesmo período do ano anterior. A tabela 3 mostra que setembro de 2017 e novembro e dezembro de 2018 foram meses quentes e de baixa precipitação, com volumes de precipitação muito baixo justamente nos meses mais críticos de déficit hídrico, fase de germinação das plantas e o período entre o início de florescimento ao pleno enchimento de grãos (GAVA, 2016; CHRISTOPHE et al., 2011).

#### 4.2. Caracterização das cultivares

A análise de variância (ANOVA) apresentou significância para o efeito de genótipos para todos os caracteres avaliados, com exceção do número de nós produtivos por planta (NNós) e número de grãos por vagem (NGV). Esses resultados demonstram a existência de variabilidade genética entre as cultivares testadas, possibilitando a obtenção de progresso genético para os caracteres avaliados (Tabela 4). Não houve interação significativa entre os genótipos e os anos avaliados.

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os obtidos por Almeida et al., (2011) e Daronch et al., (2019), que também observaram efeito significativo para dias da emergência ao florescimento (DEF), dias à maturação (DEM), altura de inserção da primeira vagem (AL1V), altura final de planta (ALT),



número de vagens por planta (NVP), peso de mil grãos (g) (PMG) e para rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) (RG), em soja.

**Tabela 4** - Análise de variância (ANOVA) para dez caracteres agronômicos avaliados em nove cultivares de soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

	Fonte de Variação					Média	CV <sup>2</sup>
	Bloco	Genótipo (G)	Ambiente (A)	AxG	Resíduo		
GL <sup>1</sup>	2	8	1	8	32		
Caracteres	Quadrados Médios						
DEF	5,407	463,907 **	12,519 ns	7,352 ns	1,407	68,03	1,74
DEM	20,222	62,417 **	2831,130 **	21,546 ns	15,433	132,05	2,97
AL1V	14,519	139,179 **	166,778 *	2,792 ns	2,786	17,11	9,76
ALT	393,136	973,523 **	4446,296 *	34,660 ns	28,849	84,60	6,35
NNos	2,631	20,438 ns	152,342 **	0,709 ns	5,135	16,95	13,37
NVP	771,709	499,545 **	486,600 ns	1,146 ns	65,929	55,61	14,60
NGV	0,004	0,004 ns	0,0130 ns	0,007 ns	0,010	2,78	3,63
NRP	0,981	1,399 **	0,409 ns	0,056 ns	0,307	2,02	27,38
PMG	35,204	892,928 **	2642,641 **	132,900 ns	52,459	185,07	3,91
RG	6,787	4,554 **	8,139 ns	0,148 ns	0,748	5,240	16,49

<sup>1</sup>GL: Graus de Liberdade; DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

<sup>2</sup>CV: coeficiente de variação (%). ns, \*\* e \*, são valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Os valores dos coeficientes de variação (CV) para as características analisadas variaram de 1,74 a 27,38%. Valores elevados de CV indicam baixo valor de média geral da característica avaliada (STORCK et al., 2010). Desta forma, o alto valor de CV apresentado para número de ramos por planta (NRP) chama a atenção ao fato que, das 9 cultivares avaliadas, dois diferiram dos demais, sendo que, a média destes se apresenta cerca de 37% acima da média geral da característica em questão (Tabela 5).

**Tabela 5** – Agrupamento de médias de Scott Knott para dez caracteres agrônômicos avaliados em nove cultivares de soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Nº	Cultivares	Caracteres				
		DEF <sup>1</sup>	DEM	AL1V	ALT	NNos
1	NS 5445 IPRO	71,33 b	132,67 a	17,13 b	80,47 b	16,43
2	5855RSF IPRO	71,67 b	132,83 a	17,87 b	91,83 a	18,15
3	5958RSF IPRO	72,33 b	133,17 a	20,92 a	92,27 a	19,87
4	M5917IPRO	75,33 a	131,50 a	20,53 a	95,30 a	15,9
5	NS 5959 IPRO	71,67 b	134,17 a	18,85 b	99,67 a	19,48
6	58160RSF IPRO	72,67 b	135,33 a	19,75 a	79,43 b	16,13
7	50152RSF IPRO	52,67 c	124,00 b	8,73 c	58,50 c	15,35
8	NS 6909 IPRO	72,00 b	132,83 a	21,02 a	89,27 a	16,75
9	53154RSF IPRO	52,67 c	132,00 a	9,15 c	74,67 b	14,45
Média		68,04	132,06	17,11	84,60	16,95
		NVP	NGV	NRP	PMG	RG
1	NS 5445 IPRO	44,00 c	2,74	1,58 b	200,96 a	4,452 b
2	5855RSF IPRO	50,62 c	2,80	1,92 b	187,43 b	4,802 b
3	5958RSF IPRO	74,13 a	2,78	2,83 a	181,72 c	7,016 a
4	M5917IPRO	56,62 b	2,74	1,38 b	164,49 d	4,585 b
5	NS 5959 IPRO	58,55 b	2,80	1,75 b	175,60 c	5,269 b
6	58160RSF IPRO	50,23 c	2,78	2,10 b	173,74 c	4,469 b
7	50152RSF IPRO	59,57 b	2,80	2,73 a	188,37 b	5,721 a
8	NS 6909 IPRO	46,33 c	2,80	1,93 b	196,54 a	4,822 b
9	53154RSF IPRO	60,40 b	2,77	1,98 b	196,79 a	6,062 a
Média		55,61	2,78	2,02	185,07	5,244

<sup>1</sup>DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

A partir da análise de agrupamento de médias de Scott Knott foi observado que as cultivares 50152RSF IPRO e 53154RSF IPRO apresentaram os menores períodos para o florescimento (DEF) e inserção da primeira vagem (AL1V) (Tabela 5). Segundo Aguila et al. (2011), a menor altura de inserção da primeira vagem faz com que a colheita mecânica seja dificultada, além de aumentar as perdas de grãos durante a colheita. A cultivar 50152RSF IPRO foi o mais precoce em DEM, diferindo estatisticamente dos demais, além de apresentar a menor altura final de planta. Segundo Daronch et al. (2019), DEF e DEM são importantes características que devem ser observadas na escolha da cultivar, informações estas de período de enchimento de grãos e de ciclo, além que, a precocidade é uma característica desejável quando se objetiva a semeadura antecipada.

5958RSF IPRO foi a cultivar que apresentou o maior número de vagens por planta (NVP), e está também no grupo de maior rendimento de grãos (RG). Segundo Suhre et al. (2014), cultivares modernas de soja tem apresentado aumento no NVP, sendo um dos caracteres mais correlacionados com o aumento da produtividade. No entanto, esta cultivar está entre os que apresentaram o menor PMG, um importante componente de rendimento da cultura. Este resultado indica que a maior produtividade da cultivar 5958RSF IPRO foi em função do maior número de grãos por planta, analisando de forma conjunta o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem. A cultivar 5958RSF IPRO, juntamente com o 50152RSF IPRO, também apresentaram o maior número de ramos por planta (NRP), também estando no grupo das mais produtivas e com menor PMG. Portanto, as cultivar com maior RG compensaram o menor PMG com o aumento no número de grãos por planta. Segundo Meotti et al. (2012), cultivares que apresentam maior número de grãos por planta geralmente apresentam maior produtividade.

### **4.3. Dissimilaridade Genética**

A partir da análise das variáveis canônicas, observou-se que os escores das duas primeiras variáveis (VC1 e VC2) explicaram aproximadamente 97% da variação total dos dados originais (Tabela 6). Isto permite estudar o comportamento das cultivares por meio de duas variáveis canônicas, pois explicam a maior parte da variação total (Figura 2) (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Pereira et al. (2017) e Machado et al. (2017), avaliando 14 e 24 cultivares de soja respectivamente, obtiveram cerca de 80% da variância total explicada pelas duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2).

**Tabela 6** - Contribuição relativa dos caracteres (CRC) para a dissimilaridade genética, variáveis canônicas, estimativas das variâncias (autovalores) e variâncias percentuais acumuladas entre nove cultivares de soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

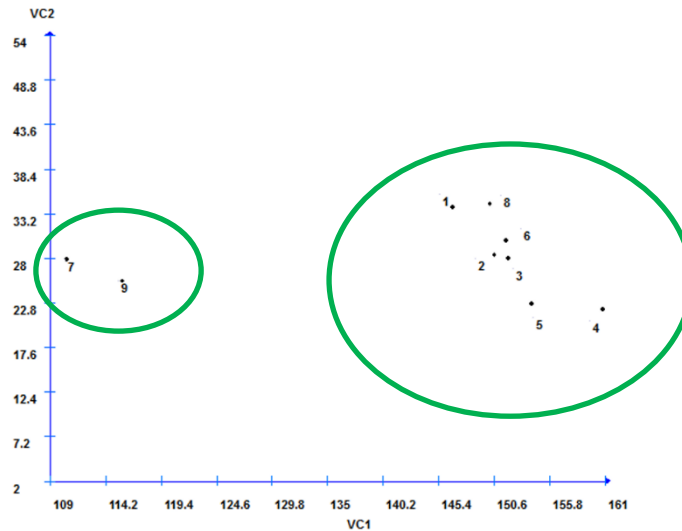
Caracteres	CRC	%	Variáveis Canônicas	Autovalores	Acumuladas %
DEF <sup>1</sup>	16446,50	66,83	VC 1	91,94	91,94
DEM	705,59	2,87	VC 2	5,54	97,48
AL1V	1851,33	7,52	VC 3	1,60	99,09
ALT	3313,83	13,47	VC 4	0,42	99,50
NNos	-80,51	-0,33	VC 5	0,25	99,76
NVP	267,59	1,09	VC 6	0,13	99,89
NGV	3,42	0,01	VC 7	0,10	99,99
NRP	480,99	1,95	VC 8	0,01	100,00
PMG	747,91	3,04	VC 9	0,00	100,00
RG	874,10	3,55	VC 10	0,00	100,00

<sup>1</sup>DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

Considerando o conjunto total de caracteres avaliados, o caractere dias da emergência ao florescimento (DEF) foi o que apresentou a maior contribuição para a divergência genética entre as cultivares, contribuindo com aproximadamente 66% na divergência total. Este resultado era esperado devido as cultivares apresentarem diferentes grupos de maturação (Tabela 1), como pode ser observado na Tabela 5 de forma mais clara em condições de semeadura antecipada. Outros autores observaram contribuição de 49% (DARONCH et al., 2019), 1 % (SANTOS et al., 2013), e 14% (ALMEIDA et al., 2011) para DEF. Os valores relativos de contribuição podem apresentar variações decorrentes de diversos fatores, tais como, cultivares utilizadas, fatores ambientais, entre outros. Os caracteres NVP, PMG e RG apresentaram contribuição conjunta de aproximadamente 8% na divergência total.

O agrupamento das cultivares de forma bidimensional em gráfico de dispersão, através da primeira (x) e da segunda (y) variável canônica, está apresentado na Figura 2. Foi possível observar a formação de dois grupos de cultivares, sendo o primeiro grupo formado pelas cultivares 7 (50I52RSF IPRO) e 9 (53I54RSF IPRO), e o segundo grupo formado pelas demais cultivares avaliadas (1 - NS 5445 IPRO; 2 - 5855RSF IPRO; 3 - 5958RSF IPRO; 4 - M5917IPRO; 5 - NS 5959 IPRO; 6 - 58I60RSF IPRO; 8 - NS 6909 IPRO). O agrupamento de cultivares em grupos distantes indicam haver dissimilaridade genética entre os grupos, indicando

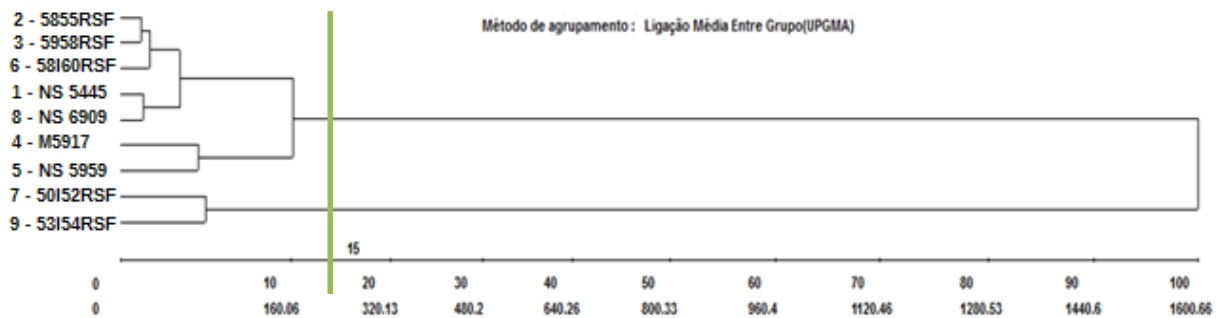
serem promissoras para a realização de hibridações, porém, estes devem ser complementares nas características de interesse do programa (MACHADO et al., 2017).



**Figura 2** - Gráfico de dispersão de escores de nove cultivares de soja em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2). UTFPR, Pato Branco – PR, 2019. Cultivares avaliadas: 1 - NS 5445 IPRO; 2 - 5855RSF IPRO; 3 - 5958RSF IPRO; 4 - M5917IPRO; 5 - NS 5959 IPRO; 6 - 58160RSF IPRO; 7 - 50152RSF IPRO; 8 - NS 6909 IPRO; 9 - 53154RSF IPRO.

Adicionalmente à análise de variáveis canônicas, também foi obtido um dendrograma a partir da distância de Mahalanobis, utilizando o método hierárquico do vizinho mais próximo, com ponto de corte de 15%, formando dois grupos principais (Figura 3).

O primeiro grupo foi formado pelas cultivares 7 e 9, e o segundo grupo pelas demais cultivares avaliadas, confirmando os resultados obtidos a partir da análise de variáveis canônicas (Tabela 6). Tais resultados indicam que os métodos de agrupamento foram concordantes e geraram resultados confiáveis. Segundo Hamawaki et al. (2012), método de otimização e hierárquicos podem ser utilizados de forma complementar, proporcionando mais confiabilidade na escolha de genitores em programas de melhoramento.



**Figura 3** - Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre nove cultivares de soja, obtido pelo método de agrupamento do vizinho mais próximo e utilizando a distância de Mahalanobis como medida de distância genética. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Cultivares avaliados: 1 - NS 5445 IPRO; 2 - 5855RSF IPRO; 3 - 5958RSF IPRO; 4 - M5917IPRO; 5 - NS 5959 IPRO; 6 - 58I60RSF IPRO; 7 - 50I52RSF IPRO; 8 - NS 6909 IPRO; 9 - 53I54RSF IPRO. Linha verde limita ponto de corte de 15%.

#### 4.4. Capacidade Combinatória

A partir das análises de dissimilaridade e agrupamento, é possível identificar os grupos de cultivares mais dissimilares, para utilização em hibridações em blocos de cruzamentos. Neste sentido, com o intuito de realizar cruzamentos dialélicos parciais, a recomendação é de que se realizem cruzamentos entre cultivares pertencentes a grupos distintos, aumentando assim a probabilidade de um maior efeito heterótico na progênie, e a maior chance de obtenção de genótipos superiores em populações segregantes. Assim, para a realização das análises dialélicas, foram realizados os cruzamentos entre as cultivares NS 6909 IPRO e 53I54RSF IPRO, formando o Grupo I, com as cultivares NS 5445 IPRO, 5855RSF IPRO, 5958RSF IPRO, M5917IPRO, NS 5959 IPRO, 58I60RSF IPRO e 50I52RSF IPRO (Grupo II).

A análise de variância (ANOVA) do modelo dialélico parcial para as gerações  $F_1$ ,  $F_2$  e genitores, revelou a existência de efeito significativo para todos os caracteres avaliados, demonstrando haver variabilidade genética para os genitores e suas combinações híbridas (Tabela 7). Para o efeito entre os grupos, obteve-se diferença significativa em ambas as gerações para os caracteres DEF, DEM e NGV, e para ALT e PMG foi obtido efeito entre grupos na geração  $F_1$ . A existência de efeito significativo de CGC indica a presença de variabilidade associada a efeitos gênicos aditivos (BERTAN et al., 2009).

**Tabela 7** - Quadrados médios da análise de variância dialélica parcial para dez caracteres agrônômicos, avaliados nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, oriundos de hibridações entre nove cultivares de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

ANOVA	Fontes de Variação											CV <sup>2</sup>	
	Tratamento		Grupos	CGC <sup>1</sup> I		CGC II		CEC I x II		Resíduo			
GL <sup>3</sup>	22		1	1		6		14		66			
Caracteres	Quadrados Médios												
DEF	F <sub>1</sub>	199,747	**	282,786	**	1966,546	**	340,318	**	7,371	ns	4,514	3,19
	F <sub>2</sub>	192,680	**	325,902	**	2200,000	**	275,048	**	4,484	ns	8,498	4,40
DEM	F <sub>1</sub>	187,589	**	633,154	**	0,727	ns	70,762	**	219,179	**	13,656	2,79
	F <sub>2</sub>	91,273	**	267,407	**	30,727	ns	63,048	**	95,113	**	12,207	2,69
AL1V	F <sub>1</sub>	39,082	**	13,600	ns	272,307	**	64,057	**	13,539	ns	8,686	18,57
	F <sub>2</sub>	42,132	**	5,064	ns	358,429	**	57,160	**	15,747	ns	9,541	19,98
ALT	F <sub>1</sub>	327,513	**	393,421	**	148,200	ns	490,100	**	265,934	**	61,310	9,36
	F <sub>2</sub>	257,825	**	99,323	ns	231,725	ns	492,088	**	170,612	**	69,250	10,29
NNos	F <sub>1</sub>	10,436	**	0,001	ns	41,046	**	17,980	**	5,762	**	1,822	8,26
	F <sub>2</sub>	6,746	**	1,856	ns	23,319	**	14,466	**	2,603	ns	2,122	9,13
NVP	F <sub>1</sub>	204,893	**	2,363	ns	922,364	**	529,414	**	29,031	ns	36,812	11,30
	F <sub>2</sub>	192,112	**	27,893	ns	1127,557	**	487,601	**	10,386	ns	41,061	12,17
NGV	F <sub>1</sub>	0,025	**	0,046	**	0,096	**	0,038	**	0,013	*	0,006	2,80
	F <sub>2</sub>	0,023	**	0,036	*	0,157	**	0,026	**	0,010	*	0,005	2,64
NRP	F <sub>1</sub>	0,530	**	0,080	ns	0,021	ns	1,741	**	0,080	ns	0,123	17,42
	F <sub>2</sub>	0,462	**	0,183	ns	0,121	ns	1,553	**	0,038	ns	0,127	18,12
PMG	F <sub>1</sub>	564,940	**	377,929	*	362,704	*	537,230	**	604,620	**	88,215	5,02
	F <sub>2</sub>	372,111	**	171,221	ns	200,407	ns	258,891	**	447,248	**	82,865	4,92
RG	F <sub>1</sub>	2,833	**	0,565	ns	1,945	ns	0,753	ns	3,950	**	0,640	15,27
	F <sub>2</sub>	2,125	**	1,914	ns	1,731	ns	0,806	ns	2,733	**	0,669	16,16

<sup>1</sup>CGC I: Capacidade geral de combinação grupo 1; CGC II: Capacidade geral de combinação grupo II; CEC: Capacidade específica de combinação.

<sup>2</sup>CV: coeficiente de variação (%). ns, \*\* e \*, são valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

<sup>3</sup>GL: Graus de liberdade; DEF: dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

Para CGC do grupo I houve efeito significativo para os caracteres DEF, AL1V, NNos, NVP e NGV nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>. Já para a CGC do grupo II apenas RG não apresentou efeito significativo em ambas as gerações. Para capacidade específica de combinações (CEC), os caracteres que apresentaram efeito significativo para as duas gerações, os valores dos quadrados médios foram superiores para geração F<sub>1</sub> em relação a F<sub>2</sub>. Segundo Cruz et al. (2012), a CGC e a CEC auxiliam na escolha de genitores, visto que tais estimativas estão associadas com a média e com a variabilidade genética, e quando combinadas resultam em populações segregantes promissoras.

Analisando a magnitude dos quadrados médios dos caracteres DEF, AL1V, NNos, NVP e NGV, as CGC I e II foram superiores a CEC em ambas as gerações avaliadas, o que evidência a maior contribuição da ação gênica aditiva no controle destes caracteres (CRUZ et al., 2012). Em trabalho realizado por Assunção Filho (2016), também utilizando análise dialélica parcial em soja, observou que o caractere DEM apresentou efeito significativo na geração F<sub>2</sub> para CGC e CEC, corroborando com os resultados do presente estudo.

Valores positivos ou negativos de CGC indicam que o genitor é superior ou inferior à média dos demais genitores, tendo a diferença expressa de acordo com o valor obtido (CRUZ et al., 2012). Neste sentido, a cultivar 53I54RSF IPRO apresentou valores positivos para NVP, NRP, PMG e RG, e a cultivar NS 6909 IPRO apresentou valores negativos (Tabela 8).

Considerando o objetivo da escolha de genitores visando a semeadura antecipada, a precocidade é uma característica importante que favorece a semeadura de outra cultura como segunda safra na mesma área. Neste sentido, o genitor 53I54RSF IPRO apresentou estimativa negativa para DEF em ambas as gerações (-4.727 e -5.000), além de valor negativo para DEM na geração F<sub>1</sub> (-0.091). Desta forma, a cultivar 53I54RSF IPRO reúne alelos favoráveis à redução do ciclo, podendo ser utilizado em hibridações com o objetivo de se obter linhagens de ciclo precoce. Além de que, as combinações da cultivar 53I54RSF IPRO resultaram em redução dos caracteres DEF, AL1V, ALT e NNós para ambas as gerações. No entanto, para NVP e RG houve aumento na média, tanto em F<sub>1</sub>, quanto em F<sub>2</sub>, indicando superioridade desta cultivar em transmitir alelos favoráveis às suas populações dessas características.

Considerando caracteres quantitativos, a cultivar 5958RSF IPRO, se destaca por apresentar a maior média das populações em ambas as gerações para NVP e RG. no grupo II, a cultivar 50I52RSF IPRO foi a única que apresentou valores negativos para DEF nas duas gerações (F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>), indicando que esta cultivar possui alelos para a redução no número de dias para o florescimento, quando comparado com as demais cultivares do grupo. Para esta cultivar, os valores de CGC só foram positivos para os caracteres NVP, NRP e PMG. Portanto, visando precocidade e potencial produtivo, a hibridação das cultivares 53I54RSF IPRO (Grupo I) com



50I52RSF IPRO (Grupo II) indica ser promissora, pois reúne alelos favoráveis para ambas as características.

**Tabela 8** - Capacidade geral de combinação (CGC) e suas respectivas médias ( $\mu$ ) referentes à avaliação de nove genitores de soja em esquema dialelo parcial para dez caracteres agrônômicos avaliados nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Caracteres <sup>1</sup>	DEF		DEM		AL1V		ALT		NNos	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
Geração Cultivares										
1- NS 5445 <sup>2</sup>	0,857	0,714	0,024	0,548	-1,463	-1,358	-6,074	-5,587	-0,316	-0,402
$\mu$	68,08	67,58	132,33	131,08	14,02	13,78	76,07	74,00	16,06	15,46
2 - 5855RSF	1,357	1,381	0,857	1,048	1,962	1,875	4,96	5,005	0,209	0,348
$\mu$	69,25	68,67	133,83	131,25	18,12	17,50	90,72	87,77	16,75	16,60
3 - 5958RSF	1,191	1,048	0,857	0,714	-0,405	-0,267	0,010	0,013	1,096	0,977
$\mu$	68,17	67,58	134,33	131,25	15,72	15,55	85,15	82,12	17,98	17,32
4 - M5917	2,357	2,048	-1,476	-0,619	1,920	1,942	5,835	6,071	-0,995	-0,585
$\mu$	70,58	69,67	131,08	129,92	18,33	17,93	92,02	89,45	15,01	15,40
5 - NS 5959	1,357	1,048	1,357	0,881	-0,288	-0,317	1,676	1,546	1,155	0,986
$\mu$	69,25	68,25	135,58	131,67	15,87	15,37	88,90	85,60	18,23	17,47
6 - 58I60RSF	1,357	1,381	1,524	0,881	0,654	0,333	-1,849	-2,37	-0,287	-0,356
$\mu$	68,92	68,33	135,75	131,67	16,82	15,73	81,43	77,35	16,32	15,75
7 - 50I52RSF	-8,476	-7,619	-3,143	-3,452	-2,380	-2,208	-4,557	-4,679	-0,862	-0,969
$\mu$	55,08	56,58	128,67	125,42	12,05	11,95	76,15	72,87	15,35	14,71
8 - NS 6909	4,727	5,127	0,091	-0,591	1,759	2,018	1,298	1,623	0,683	0,515
$\mu$	70,82	70,75	137,96	132,75	18,65	18,39	90,61	86,56	17,66	16,75
9 - 53I54RSF	-4,727	-5,000	-0,091	0,591	-1,759	-2,018	-1,298	-1,623	-0,683	-0,515
$\mu$	60,34	59,41	135,13	132,44	13,87	12,93	84,14	79,70	15,79	15,46
Caracteres	NVP		NGV		NRP		PMG		RG	
1- NS 5445 <sup>2</sup>	-5,836	-5,246	0,012	0,016	-0,177	-0,173	2,325	1,593	-0,158	-0,113
$\mu$	45,84	45,87	2,78	2,88	1,76	1,73	194,27	190,85	5,080	4,980
2 - 5855RSF	-2,498	-1,971	0,010	0,014	-0,154	-0,117	-0,800	-1,390	0,121	0,171
$\mu$	50,28	50,18	2,78	2,98	1,83	1,86	188,57	185,43	5,400	5,310
3 - 5958RSF	8,106	7,812	0,014	0,009	0,317	0,263	0,945	1,447	0,303	0,286
$\mu$	64,83	63,09	2,80	2,78	2,49	2,34	189,72	188,76	5,990	5,760
4 - M5917	0,648	-0,163	-0,035	-0,027	-0,331	-0,315	-8,708	-5,935	-0,011	0,007
$\mu$	55,38	52,61	2,71	2,72	1,59	1,58	175,45	179,04	5,270	5,110
5 - NS 5959	0,764	1,220	0,061	0,044	-0,101	-0,101	1,823	1,297	-0,176	-0,184
$\mu$	54,91	54,67	2,85	2,81	1,86	1,82	189,48	186,47	5,230	5,020
6 - 58I60RSF	-4,102	-4,471	0,002	0,002	0,049	0,036	-2,178	-1,404	0,068	0,038
$\mu$	49,38	47,48	2,78	2,77	2,13	2,06	184,99	184,58	5,380	5,130
7 - 50I52RSF	2,919	2,820	-0,065	-0,057	0,397	0,406	6,593	4,392	-0,146	-0,205
$\mu$	57,98	56,63	2,70	2,70	2,54	2,52	197,85	191,49	5,420	5,100
8 - NS 6909	-3,238	-3,580	0,033	0,042	-0,015	-0,037	-2,030	-1,509	-0,149	-0,140
$\mu$	51,60	49,34	2,82	2,82	2,02	1,92	192,39	190,27	5,290	5,010
9 - 53I54RSF	3,238	3,580	-0,033	-0,042	0,015	0,037	2,030	1,509	0,149	0,140
$\mu$	57,64	56,60	2,76	2,74	2,03	2,00	192,86	189,57	5,630	5,360

<sup>1</sup>DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

<sup>2</sup>1 - NS 5445 IPRO; 2 - 5855RSF IPRO; 3 - 5958RSF IPRO; 4 - M5917IPRO; 5 - NS 5959 IPRO; 6 - 58I60RSF IPRO; 7 - 50I52RSF IPRO; 8 - NS 6909 IPRO; 9 - 53I54RSF IPRO.

Em relação aos caracteres ALT e NVP, a cultivar NS 5445 IPRO apresentou os menores valores de CGC. Considerando apenas o caractere ALT, o maior valor foi obtido com M5917IPRO, e para NVP com a 5958RSF IPRO, sendo que este também apresentou o maior valor para RG (Tabela 8). A menor altura final de planta está diretamente relacionada com a resistência das plantas ao acamamento, evitando assim perdas de produção a nível de campo (RINCKER et al., 2014). Vale destacar que, devido a CGC representar a ação de genes de efeito aditivo, que podem ser estabelecidos nas populações segregantes, a escolha dos genitores deve ser baseada naqueles que apresentam os maiores valores para as características alvo (MATHER, JINKS, 1982). Neste sentido, a escolha de cultivares com elevada CGC aumenta a probabilidade de obtenção de linhagens endogâmicas superiores.

Segundo Teodoro et al. (2015), existe correlação positiva entre NGV e PMG, e estes contribuem diretamente para o aumento no RG. Neste sentido, 5958RSF IPRO apresentou valores positivos de CGC para essas características, diferentemente das cultivares NS 5445 IPRO e NS 5959 IPRO, que embora apresentaram valores positivos para NGV e PMG, também apresentaram valor negativo para RG em ambas as gerações avaliadas. Já para Pelúzio et al. (2005), o RG está relacionado com o aumento de NVP, mesmo que não se tenha ganho em relação a PMG. Foi observado que as cultivares 53I54RSF IPRO e 5958RSF IPRO apresentaram essa tendência, com valores positivos para NVP, RG e também para PMG. Assim, a hibridação entre as cultivares 9 x 3 (53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO) indica ser promissor para obtenção de genótipos com elevado potencial produtivo em condições de semeadura antecipada, pois reúnem alelos favoráveis para ambas as características.

Em relação as estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) apresentada na Tabela 9, foi observado que alguns cruzamentos apresentaram valores divergentes nas gerações avaliadas, caracterizando-se como dominância bidirecional (CRUZ, VENCOVSKY, 1989). Porém, a escolha das melhores combinações deve ser realizada através dos resultados mais consistentes, o que demonstra a importância da realização de avaliações em mais de uma geração. A seleção de combinações a partir de uma única geração, pode ser baseada na maior participação de genes de efeito não aditivos.

O menor efeito médio de CEC para ambas as gerações para o caractere DEF foi observado no cruzamento 9 x 7 (53I54RSF IPRO x 50I52RSF IPRO), e o maior no cruzamento 9 x 2 (53I54RSF IPRO x 5855RSF IPRO). Segundo Cruz et al. (2012), os cruzamentos que apresentam desempenho próximo ao esperado na CGC tendem a apresentar menores valores de CEC. No entanto, quando o resultado está acima do esperado, o valor de CEC também será superior.

O cruzamento 8 x 6 (NS 6909 IPRO x 58I60RSF IPRO) apresentou o maior efeito médio da CEC em ambas as gerações para os caracteres DEM, NVP e NRP. No entanto, para os caracteres AL1V e ALT, os maiores efeitos de CEC foram observados nos cruzamentos 8 x 3 e 8 x 5. No entanto, para Sedyama et al. (2015), as plantas de soja devem apresentar altura entre 60 e 90 cm, apresentando resistência ao acamamento e não comprometendo assim a produtividade, devendo ser observado estes caracteres na seleção de cruzamentos promissores à semeadura antecipada (Tabela 8).

A combinação 9 x 3 (53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO) se destaca por apresentar o maior efeito médio de CEC para NGV e RG, evidenciando ser um cruzamento promissor em relação ao potencial produtivo. No entanto, para o caractere PMG, o maior efeito médio de CEC foi observado no cruzamento 8 x 1 (NS 6909 IPRO x NS 5445 IPRO). Vale destacar também, que estes cruzamentos além de elevada estimativa para o efeito da CEC, apresentaram pelo menos um dos genitores também com elevada CGC, resultado relacionado ao efeito gênico aditivo. Desta forma, a seleção a partir destes resultados aumentar a probabilidade de retenção das características dos genitores nas populações segregantes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

As cultivares 8 e 9 (NS 6909 IPRO e 53I54RSF IPRO) nas análises de dissimilaridade (Figura 2 e 3) ficaram em grupos distinto com grande dissimilaridade entre elas, sendo corroborado essa diferença na Tabela 9 com a CEC. Apesar das cultivares 7 e 9 (50I52RSF IPRO e 53I54RSF IPRO) estarem no mesmo grupo de dissimilaridade formado, o resultado obtido com o cruzamento destas se mostrou mais promissor para seleção de linhagens superiores visando a semeadura antecipada que o cruzamento entre as cultivares 7 e 8 (50I52RSF IPRO e NS 6909 IPRO). Indicando que cultivares de grupo de maturação menor são mais adaptadas a semeadura antecipada, mesmo apresentando pouca dissimilaridade genética.

**Tabela 9** - Capacidade específica de combinação (CEC) e suas respectivas médias ( $\mu$ ) para dez caracteres agrônômicos avaliados nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, para hibridações envolvendo nove genitores de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Caracteres <sup>1</sup>	Combinção	Geração									
		DEF		DEM		AL1V		ALT		NNos	
Cruzamentos		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
NS 6909 IPRO x NS 5445 IPRO	8 x 1	0,20	-0,54	1,44	2,41	0,59	1,44	0,79	5,69	0,59	0,37
$\mu$		71,50	71,25	134,50	133,25	16,90	17,65	82,45	83,00	17,30	16,38
NS 6909 IPRO x 5855RSF IPRO	8 x 2	-0,30	-0,21	4,60	1,91	-0,13	-0,94	4,91	1,59	0,24	0,19
$\mu$		72,00	71,50	138,75	132,50	19,60	18,50	95,60	89,50	17,48	16,95
NS 6909 IPRO x 5958RSF IPRO	8 x 3	0,86	0,13	2,60	1,25	2,69	2,85	7,16	5,69	0,81	-0,19
$\mu$		72,50	71,50	136,75	131,75	20,05	20,15	92,90	88,60	18,93	17,20
NS 6909 IPRO x M5917IPRO	8 x 4	0,70	0,13	1,94	5,58	0,21	1,09	3,03	5,13	-0,63	0,68
$\mu$		73,75	73,25	134,00	134,50	19,90	20,60	94,60	94,10	15,40	16,50
NS 6909 IPRO x NS 5959 IPRO	8 x 5	0,70	0,13	8,10	3,08	1,82	1,50	12,34	10,25	1,82	0,13
$\mu$		73,00	71,75	143,00	134,00	19,30	18,75	99,75	94,70	20,00	17,53
NS 6909 IPRO x 58160RSF IPRO	8 x 6	0,70	0,80	8,94	4,08	1,43	0,20	6,97	0,47	1,37	1,15
$\mu$		73,50	72,50	144,25	134,75	19,85	18,10	90,85	81,00	18,10	17,20
NS 6909 IPRO x 50152RSF IPRO	8 x 7	-1,47	0,80	4,60	2,41	-0,44	-0,36	-1,08	-3,22	0,27	0,09
$\mu$		60,50	63,50	134,50	128,50	14,95	15,00	80,10	75,00	16,43	15,53
53154RSF IPRO x NS 5445 IPRO	9 x 1	-0,35	-0,54	2,62	1,23	0,46	-0,37	4,64	-1,12	0,26	-0,25
$\mu$		61,75	60,50	135,50	133,00	13,25	11,80	81,70	72,95	15,60	14,73
53154RSF IPRO x 5855RSF IPRO	9 x 2	2,15	1,80	0,78	1,73	-1,61	-1,56	0,15	0,84	0,56	0,77
$\mu$		64,75	63,50	135,25	133,75	14,60	13,85	88,25	85,50	16,43	16,50
53154RSF IPRO x 5958RSF IPRO	9 x 3	-1,68	-1,87	4,78	3,06	0,10	0,09	4,10	2,78	0,30	0,42
$\mu$		60,50	59,75	139,25	135,00	13,95	13,35	87,25	82,45	17,05	16,78
53154RSF IPRO x M5917IPRO	9 x 4	1,15	0,13	4,12	1,40	-0,32	-1,52	2,83	-1,13	0,61	0,56
$\mu$		65,00	62,75	136,25	132,25	15,85	13,95	91,80	84,60	15,28	15,35
53154RSF IPRO x NS 5959 IPRO	9 x 5	1,15	0,13	3,28	3,90	0,94	0,74	8,09	6,85	0,31	0,94
$\mu$		63,75	62,00	138,25	135,50	14,90	13,95	92,90	88,05	17,13	17,30
53154RSF IPRO x 58160RSF IPRO	9 x 6	-0,85	-1,21	3,12	2,90	-0,50	-0,97	-3,14	-1,54	0,81	0,35
$\mu$		62,25	60,50	137,50	134,75	14,40	12,90	78,15	75,75	16,18	15,38
53154RSF IPRO x 50152RSF IPRO	9 x 7	-2,02	-1,21	2,78	1,23	-2,97	-2,77	-5,13	-6,28	0,71	0,06
$\mu$		50,75	52,25	132,50	128,75	8,90	8,55	73,45	68,70	15,50	14,48

(Continuação)

Caracteres		NVP		NGV		NRP		PMG		RG	
NS 6909 IPRO x NS 5445 IPRO	8 x 1	-2,63	1,33	-0,03	-0,04	-0,20	-0,04	15,63	14,16	-0,367	0,032
μ		41,95	44,95	2,79	2,69	1,60	1,71	203,66	199,96	4,537	4,787
NS 6909 IPRO x 5855RSF IPRO	8 x 2	0,66	0,53	0,00	-0,01	0,06	0,11	12,32	8,00	-0,057	-0,191
μ		48,58	47,43	2,82	2,62	1,89	1,91	197,23	190,81	5,125	4,848
NS 6909 IPRO x 5958RSF IPRO	8 x 3	0,58	-0,81	0,01	0,04	0,16	-0,05	4,12	2,80	0,644	0,525
μ		59,10	55,88	2,84	2,86	2,46	2,13	190,77	188,45	6,008	5,679
NS 6909 IPRO x M5917IPRO	8 x 4	3,29	-0,03	-0,02	0,01	0,01	0,08	-1,77	9,03	-0,128	-0,073
μ		54,35	48,68	2,75	2,79	1,66	1,68	175,24	187,29	4,923	4,802
NS 6909 IPRO x NS 5959 IPRO	8 x 5	0,95	2,38	0,01	-0,02	0,02	-0,14	4,15	-1,30	0,544	0,451
μ		52,13	52,48	2,88	2,83	1,90	1,68	191,69	184,20	5,429	5,134
NS 6909 IPRO x 58160RSF IPRO	8 x 6	4,54	0,60	0,04	0,03	0,24	0,11	4,38	7,29	0,092	-0,295
μ		50,85	45,00	2,85	2,84	2,28	2,07	187,91	190,09	5,221	4,61
NS 6909 IPRO x 50152RSF IPRO	8 x 7	0,95	-0,74	0,05	0,06	0,00	-0,02	7,90	2,49	0,873	0,557
μ		54,28	50,95	2,80	2,81	2,39	2,31	200,21	191,08	5,788	5,219
53154RSF IPRO x NS 5445 IPRO	9 x 1	1,93	-0,73	0,04	0,06	0,10	-0,10	11,87	8,60	0,583	0,184
μ		52,98	50,05	2,80	2,60	1,94	1,72	203,97	197,41	5,784	5,219
53154RSF IPRO x 5855RSF IPRO	9 x 2	-1,46	-0,28	0,01	0,03	0,02	0,09	5,95	6,10	-0,036	0,122
μ		52,93	53,78	2,77	2,57	1,88	1,96	194,92	191,93	5,444	5,441
53154RSF IPRO x 5958RSF IPRO	9 x 3	1,13	0,28	0,08	0,02	0,15	0,11	7,08	8,59	1,324	1,196
μ		66,13	64,13	2,83	2,76	2,49	2,36	197,79	197,26	6,985	6,63
53154RSF IPRO x M5917IPRO	9 x 4	1,39	0,41	0,01	0,00	0,07	0,02	4,58	3,07	0,301	0,136
μ		58,93	56,28	2,72	2,70	1,75	1,69	185,64	184,36	5,648	5,291
53154RSF IPRO x NS 5959 IPRO	9 x 5	-0,05	-0,73	0,04	0,00	-0,12	-0,01	-1,41	0,12	0,747	0,631
μ		57,60	56,53	2,85	2,77	1,80	1,88	190,18	188,64	5,931	5,595
53154RSF IPRO x 58160RSF IPRO	9 x 6	2,09	3,49	0,02	0,02	0,05	0,09	3,42	1,80	0,131	0,22
μ		54,88	55,05	2,77	2,75	2,12	2,10	191,02	187,61	5,557	5,406
53154RSF IPRO x 50152RSF IPRO	9 x 7	1,17	1,40	0,06	0,08	-0,01	0,00	6,93	1,73	1,261	1,158
μ		60,98	60,25	2,74	2,75	2,40	2,10	203,30	193,34	6,474	6,101

<sup>1</sup>DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

O cruzamento mais promissor em relação a NGV e RG foi o 9 x 3 (53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO), pois este cruzamento apresentou estimativas elevadas e positivas de CEC para estas características. Além que, o genitor 5958RSF IPRO já havia apresentado valores elevados de CGC na Tabela 8, para ambas as gerações avaliadas. Desta forma, Daronch et al. (2014), afirma que elevadas estimativas de CGC e CEC para caracteres relacionados com o RG são eficientes para seleção na geração F<sub>2</sub>. Portanto, o cruzamento 9 x 3 (53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO) se mostra promissor, indicando que essas características podem ser rapidamente incorporadas nas linhagens, visto o elevado grau de complementaridade alélica.

A partir da análise de correlação entre as médias dos caracteres e a capacidade geral de combinação (CGC), foi observada associação positiva de moderada magnitude entre a CGC e DEF, para ambas as gerações avaliadas. Estes resultados indicam que este pode ser um critério útil na seleção de genitores para comporem blocos de cruzamentos, visando a melhoria da característica (Tabela 10).

**Tabela 10** - Valores de correlação entre as médias dos caracteres agrônômicos com a capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Correlações	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>	
	CGC <sup>2</sup>	CEC	CGC	CEC
DEF <sup>1</sup>	0,5014 *	-0,3705 ns	0,4842 *	0,0353 ns
DEM	-0,3403 ns	0,0395 ns	-0,1788 ns	-0,0494 ns
AL1V	0,4382 ns	-0,0603 ns	0,4024 ns	0,0143 ns
ALT	-0,1122 ns	0,2357 ns	-0,1074 ns	0,2773 ns
NNos	0,1348 ns	-0,0089 ns	0,1361 ns	0,0882 ns
NVP	-0,0431 ns	0,8587 **	0,0261 ns	0,6164 *
NGV	0,0021 ns	-0,3821 ns	-0,1842 ns	-0,0953 ns
NRP	-0,2705 ns	0,7142 **	-0,2812 ns	0,7805 **
PMG	0,3136 ns	-0,3279 ns	0,3343 ns	-0,2152 ns
RG	-0,4405 ns	0,0563 ns	-0,4419 ns	0,005 ns

<sup>1</sup>DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

<sup>2</sup>ns, \*\* e \*, são valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Em relação a capacidade específica de combinação (CEC), houve associação positiva de elevada magnitude, entre a CEC e os caracteres NVP e NRP,

em ambas as gerações avaliadas, visto que NVP apresenta efeito direto na produtividade de grãos (NOGUEIRA et al., 2012). Estes resultados indicam a predominância da ação gênica de dominância e epistasia para esses caracteres, favorecendo a alta expressão destes em gerações iniciais. No entanto, a superioridade destes caracteres pode ser reduzida com o avanço das gerações, enfatizando desta forma, a importância de que pelo menos um dos genitores apresente elevada CGC, contribuindo também com ação gênica aditiva na combinação (BENIN et al., 2009).

#### **4.5. Heterose, Heterobeltiose e Depressão Endogâmica**

A heterose no sentido tradicional é definida como a tendência de um indivíduo híbrido apresentar rendimento superior em comparação com os pais. Desta forma, nas Tabelas 11 e 12 podem ser observadas as estimativas de heterose, heterobeltiose para as gerações  $F_1$  e  $F_2$ , bem como a correspondente redução de vigor decorrente da endogamia. Foi observado que para o caractere DEF, as estimativas de heterose variaram de -3 a 2,5 na geração  $F_1$ , e de -3 a 1,5 na geração  $F_2$ . O cruzamento 9 x 2 (53I54RSF IPRO x 5855RSF IPRO) apresentou os maiores valores de heterose em ambas as gerações avaliadas para DEF, e os cruzamentos 9 x 1, 9 x 3, 9 x 6 (53I54RSF IPRO x NS 5445 IPRO, 53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO, 53I54RSF IPRO x 58I60RSF IPRO) os menores valores.

Para o caractere DEM, os percentuais variam de 7,5 a 20 em  $F_1$  e de 6 a 12,5 em  $F_2$ . No entanto, os cruzamentos 8 x 4 e 8 x 6 (NS 6909 IPRO x M5917IPRO e NS 6909 IPRO x 58I60RSF IPRO) se destacaram, visto que o primeiro apresentou o maior valor de heterose e de heterobeltiose na geração  $F_2$ , e o segundo o maior valor para a geração  $F_1$  (Tabelas 11 e 12). O cruzamento 8 x 6 (NS 6909 IPRO x 58I60RSF IPRO) apresentou a maior depressão por endogamia nas gerações  $F_1$  e  $F_2$  para DEM. Segundo Bertan et al. (2009), um indicativo da maior participação de efeitos gênicos aditivos em relação aos não-aditivos é quando a média da geração  $F_2$  se mostra superior à da geração  $F_1$ . Portanto, os resultados apresentados pelos cruzamentos 9 x 1, 9 x 3, 9 x 6 (53I54RSF IPRO x NS 5445 IPRO, 53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO, 53I54RSF IPRO x 58I60RSF IPRO) em relação a DEF corroboram

com Bertan et al. (2009) e Bonato e Vello (1999), indicando que esta característica é principalmente controlada por genes aditivos.

Os cruzamentos 8 x 3 e 8 x 5 (NS 6909 IPRO x 5958RSF IPRO e NS 6909 IPRO x NS 5959 IPRO) apresentaram os maiores valores de heterose e heterobeltiose nas duas gerações para os caracteres AL1V e ALT, respectivamente. No entanto, a maior estimativa de redução de vigor decorrente da endogamia foi nos cruzamentos 9 x 4 (53I54RSF IPRO x M5917IPRO) para AL1V e 8 x 6 (NS 6909 IPRO x 58I60RSF IPRO) para ALT, indicando que estes dois cruzamentos tendem a gerar populações que apresentem redução destes caracteres. Segundo Aguila et al. (2011), e que, a menor altura final de planta proporciona maior resistência ao acamamento e maior eficiência de colheita, desta forma, as perdas de produção a nível de campo são minimizadas (RINCKER et al., 2014).

A combinação 8 x 6 (NS 6909 IPRO x 58I60RSF IPRO) se destacou, por apresentar o maior valor de heterose e heterobeltiose para os caracteres DEM, NVP e NRP na geração  $F_1$ , e para NNós na geração  $F_2$  (Tabelas 11 e 12). No entanto, os cruzamentos 8 x 1 e 9 x 6 (NS 6909 IPRO x NS 5445 IPRO e 53I54RSF IPRO x 58I60RSF IPRO) apresentaram valor superior de heterose da geração  $F_1$  em comparação com a geração  $F_2$  para NVP, indicando maior participação de efeitos gênicos aditivos em relação aos não-aditivos. Segundo Friedrichs et al. (2016), a heterose na geração  $F_2$  é um bom preditor da diversidade genética, porém não se mostra suficiente para identificar populações segregantes promissoras.

Os cruzamentos da cultivar 9 (53I54RSF IPRO) com as sete cultivares do outro grupo de cruzamentos se mostrou mais promissor que os realizados com a cultivar 8 (NS 6909 IPRO) (Tabelas 9 e 11), visto que, a 53I54RSF IPRO ficou em grupo distinto das demais nas análises de dissimilaridade (Figuras 2 e 3), indicando que os cruzamentos são mais distintos e apresentam maior complementariedade alélica.



**Tabela 11** - Valores de heterose e depressão endogâmica entre as gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, para dez caracteres agronômicos avaliados em 14 progênies de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Cruzamentos		NS 6909 IPRO x NS 5445 IPRO	NS 6909 IPRO x 5855RSF IPRO	NS 6909 IPRO x 5958RSF IPRO	NS 6909 IPRO x M5917IPRO	NS 6909 IPRO x NS 5959 IPRO	NS 6909 IPRO x 58I60RSF IPRO	NS 6909 IPRO x 50I52RSF IPRO
Combinação		8 x 1	8 x 2	8 x 3	8 x 4	8 x 5	8 x 6	8 x 7
Caracteres <sup>1</sup>		Heterose nas gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> e depressão endogâmica (DE = F <sub>1</sub> – F <sub>2</sub> )						
DEF	F <sub>1</sub>	0,500	0,500	1,000	1,500	1,500	1,000	-2,000
	F <sub>2</sub>	-0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	1,000	1,000
	DE	1,000	0,000	0,500	1,000	1,000	0,000	-3,000
DEM	F <sub>1</sub>	10,500	14,000	12,500	11,500	19,000	20,000	14,500
	F <sub>2</sub>	8,500	8,000	7,500	12,500	10,000	11,000	8,500
	DE	2,000	6,000	5,000	-1,000	9,000	9,000	6,000
AL1V	F <sub>1</sub>	2,400	0,975	4,925	1,725	4,050	3,200	0,250
	F <sub>2</sub>	3,150	-0,125	5,025	2,425	3,500	1,450	0,300
	DE	-0,750	1,100	-0,100	-0,700	0,550	1,750	-0,050
ALT	F <sub>1</sub>	10,675	14,700	18,500	13,025	25,975	16,450	5,900
	F <sub>2</sub>	13,225	8,600	14,200	12,525	20,925	6,600	0,800
	DE	-2,550	6,100	4,300	0,500	5,050	9,850	5,100
NNos	F <sub>1</sub>	1,925	1,563	2,200	0,488	3,475	3,025	1,625
	F <sub>2</sub>	1,000	1,038	0,475	1,588	1,000	2,125	0,725
	DE	0,925	0,525	1,725	-1,100	2,475	0,900	0,900
NVP	F <sub>1</sub>	-0,713	2,550	3,100	6,550	3,263	8,288	3,563
	F <sub>2</sub>	2,288	1,400	-0,125	0,875	3,613	2,438	0,238
	DE	-3,000	1,150	3,225	5,675	-0,350	5,850	3,325
NGV	F <sub>1</sub>	-0,013	0,015	0,050	-0,013	0,033	0,070	0,095
	F <sub>2</sub>	-0,013	0,015	0,070	0,028	-0,013	0,060	0,110
	DE	0,000	0,000	-0,020	-0,040	0,045	0,010	-0,015
NRP	F <sub>1</sub>	-0,160	0,156	0,313	0,096	0,061	0,388	0,073
	F <sub>2</sub>	-0,058	0,168	-0,020	0,121	-0,163	0,178	-0,008
	DE	-0,102	-0,012	0,333	-0,025	0,223	0,210	0,080
PMG	F <sub>1</sub>	34,180	28,561	18,593	10,617	16,518	18,007	23,289
	F <sub>2</sub>	30,473	22,141	16,272	22,674	9,031	20,181	14,166
	DE	3,707	6,420	2,321	-12,057	7,487	-2,174	9,123
RG	F <sub>1</sub>	0,088	0,321	1,536	0,316	1,267	0,548	1,806
	F <sub>2</sub>	0,338	0,043	1,207	0,195	0,972	-0,063	1,237
	DE	-0,250	0,278	0,329	0,121	0,295	0,611	0,570

(Continuação)

Cruzamentos		53I54RSF IPRO x NS 5445 IPRO	53I54RSF IPRO x 5855RSF IPRO	53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO	53I54RSF IPRO x M5917IPRO	53I54RSF IPRO x NS 5959 IPRO	53I54RSF IPRO x 58I60RSF IPRO	53I54RSF IPRO x 50I52RSF IPRO
Combinação <sup>1</sup>		9 x 1	9 x 2	9 x 3	9 x 4	9 x 5	9 x 6	9 x 7
DEF	F <sub>1</sub>	-0,500	2,500	-2,000	1,500	1,500	-1,000	-3,000
	F <sub>2</sub>	-1,500	1,500	-3,000	-0,500	-0,500	-2,000	-2,000
	DE	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	1,000	-1,000
DEM	F <sub>1</sub>	9,000	7,500	12,000	11,000	11,500	11,500	10,000
	F <sub>2</sub>	6,000	6,500	8,000	7,000	9,500	8,500	6,000
	DE	3,000	1,000	4,000	4,000	2,000	3,000	4,000
AL1V	F <sub>1</sub>	-0,250	-3,025	-0,175	-1,325	0,650	-1,250	-4,800
	F <sub>2</sub>	-1,700	-3,775	-0,775	-3,225	-0,300	-2,750	-5,150
	DE	1,450	0,750	0,600	1,900	0,950	1,500	0,350
ALT	F <sub>1</sub>	8,875	4,300	9,800	7,175	16,075	0,700	-3,800
	F <sub>2</sub>	0,125	1,550	5,000	-0,025	11,225	-1,700	-8,550
	DE	8,750	2,750	4,800	7,200	4,850	2,400	4,750
NNos	F <sub>1</sub>	1,363	1,650	1,463	1,500	1,738	2,238	1,838
	F <sub>2</sub>	0,488	1,725	1,188	1,575	1,913	1,438	0,813
	DE	0,875	-0,075	0,275	-0,075	-0,175	0,800	1,025
NVP	F <sub>1</sub>	3,300	-0,113	3,113	4,113	1,725	5,300	3,250
	F <sub>2</sub>	0,375	0,738	1,113	1,463	0,650	5,475	2,525
	DE	2,925	-0,850	2,000	2,650	1,075	-0,175	0,725
NGV	F <sub>1</sub>	0,110	0,083	0,163	0,070	0,120	0,103	0,158
	F <sub>2</sub>	0,110	0,071	0,088	0,050	0,040	0,088	0,163
	DE	0,000	0,000	0,075	0,020	0,080	0,015	-0,005
NRP	F <sub>1</sub>	0,135	0,108	0,298	0,153	-0,080	0,190	0,048
	F <sub>2</sub>	-0,077	0,185	0,173	0,093	0,008	0,193	0,023
	DE	0,212	-0,077	0,125	0,060	-0,088	-0,003	0,000
PMG	F <sub>1</sub>	28,347	20,116	19,479	14,888	8,875	14,976	20,246
	F <sub>2</sub>	21,789	17,122	18,940	13,599	7,328	11,571	10,287
	DE	6,558	2,994	0,539	1,289	1,547	3,405	9,959
RG	F <sub>1</sub>	1,715	1,019	2,893	1,420	2,148	1,263	2,872
	F <sub>2</sub>	1,150	1,016	2,538	1,064	1,813	1,112	2,499
	DE	0,564	0,002	0,355	0,356	0,335	0,151	0,373

<sup>1</sup>DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: Altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). Valores expressos em percentagem.

Para os caracteres NGV e NRP, os cruzamentos 8 x 4 e 9 x 2 (NS 6909 IPRO x M5917IPRO e 53I54RSF IPRO x 5855RSF IPRO) se mostraram mais promissores, pois foram os que apresentaram aumento na heterose e heterobeltiose da geração F<sub>1</sub> para a F<sub>2</sub> para os dois caracteres. O cruzamento 9 x 7 (53I54RSF IPRO x 50I52RSF IPRO) também apresentou aumento de heterose e heterobeltiose para NGV, já para NRP o valor foi o mesmo para as duas gerações. No cruzamento 8 x 1 (NS 6909 IPRO x NS 5445 IPRO) se destacou com os maiores valores de heterose e heterobeltiose para PMG em ambas as gerações. Porém, em relação ao caracter RG, os cruzamentos 9 x 3 e 9 x 7 (53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO e 53I54RSF IPRO x 50I52RSF IPRO) apresentaram os maiores valores de heterose e heterobeltiose (Tabelas 11 e 12). Estes cruzamentos indicam serem promissores, pois o efeito de heterose ao caractere RG possibilita a exploração de combinações híbridas (CRUZ et al., 2012). O maior valor de depressão endogâmica de todos os caracteres avaliados foi observado no cruzamento 9 x 7 (53I54RSF IPRO x 50I52RSF IPRO) em relação a PMG, visto que, quanto maior for o efeito de predominância de ação gênica aditiva e/ou complementaridade genética, menor será o efeito correspondente à redução de vigor decorrente da endogamia.

**Tabela 12** – Valores de heterobeltiose nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, para dez caracteres agronômicos avaliados em 14 progênies de soja em esquema de dialelo parcial. UTFPR, Pato Branco – PR, 2019.

Cruzamentos		NS 6909 IPRO x NS 5445 IPRO	NS 6909 IPRO x 5855RSF IPRO	NS 6909 IPRO x 5958RSF IPRO	NS 6909 IPRO x M5917IPRO	NS 6909 IPRO x NS 5959 IPRO	NS 6909 IPRO x 58I60RSF IPRO	NS 6909 IPRO x 50I52RSF IPRO
Combinação		8 x 1	8 x 2	8 x 3	8 x 4	8 x 5	8 x 6	8 x 7
Caracteres <sup>1</sup>		Heterobeltiose nas gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub>						
DEF	F <sub>1</sub>	0,00	0,70	1,40	1,03	2,10	0,89	-15,38
	F <sub>2</sub>	-0,35	0,10	0,11	0,34	0,35	0,67	-11,19
DEM	F <sub>1</sub>	5,91	8,82	7,68	8,94	13,94	14,94	10,25
	F <sub>2</sub>	4,92	3,92	3,74	9,35	6,77	7,37	5,33
AL1V	F <sub>1</sub>	-1,17	-2,73	17,25	3,38	12,87	16,08	-12,57
	F <sub>2</sub>	3,22	-8,19	17,84	7,01	9,65	5,85	-12,28
ALT	F <sub>1</sub>	9,46	8,27	23,37	5,52	34,71	20,65	6,94
	F <sub>2</sub>	12,93	1,36	17,66	4,96	27,89	7,57	0,13
NNos	F <sub>1</sub>	11,79	6,88	5,29	-0,48	13,80	16,96	6,14
	F <sub>2</sub>	5,82	3,67	-4,31	6,62	-0,28	11,15	0,32
NVP	F <sub>1</sub>	-1,81	-1,52	-14,69	2,79	-5,23	19,02	-7,54
	F <sub>2</sub>	5,21	-3,85	-19,34	-7,94	-4,59	5,32	-13,20
NGV	F <sub>1</sub>	-2,31	-1,23	-0,53	-3,51	0,88	0,40	-1,93
	F <sub>2</sub>	-2,11	-1,18	0,18	-2,11	-0,70	-0,35	-1,40
NRP	F <sub>1</sub>	-9,72	6,62	-2,48	-6,62	-0,13	13,75	-16,32
	F <sub>2</sub>	-3,94	7,32	-15,64	-5,21	-11,84	3,25	-19,12
PMG	F <sub>1</sub>	16,25	13,64	5,64	5,91	2,75	6,75	5,34
	F <sub>2</sub>	14,14	9,94	4,36	13,19	-1,27	7,98	0,54
RG	F <sub>1</sub>	-7,78	-8,98	21,00	-5,98	24,95	-2,74	45,23
	F <sub>2</sub>	-2,69	-13,91	14,38	-8,29	18,16	-14,11	30,94

(Continuação)

Cruzamentos		53I54RSF IPRO x NS 5445 IPRO	53I54RSF IPRO x 5855RSF IPRO	53I54RSF IPRO x 5958RSF IPRO	53I54RSF IPRO x M5917IPRO	53I54RSF IPRO x NS 5959 IPRO	53I54RSF IPRO x 58I60RSF IPRO	53I54RSF IPRO x 50I52RSF IPRO
Combinação		9 x 1	9 x 2	9 x 3	9 x 4	9 x 5	9 x 6	9 x 7
DEF	F <sub>1</sub>	-13,03	-8,80	-15,38	-10,96	-10,21	-13,54	-6,02
	F <sub>2</sub>	-14,79	-10,56	-16,43	-14,04	-12,68	-15,97	-3,24
DEM	F <sub>1</sub>	6,69	6,08	9,65	7,71	9,29	8,70	4,74
	F <sub>2</sub>	4,72	4,90	6,30	4,55	7,11	6,52	1,78
AL1V	F <sub>1</sub>	-12,25	-27,54	-7,62	-17,66	-1,32	-11,11	-41,06
	F <sub>2</sub>	-21,85	-31,27	-11,59	-27,53	-7,62	-20,37	-43,38
ALT	F <sub>1</sub>	2,64	-0,06	9,61	2,40	16,71	-1,82	-7,73
	F <sub>2</sub>	-8,35	-3,17	3,58	-5,63	10,62	-4,84	-13,69
NNos	F <sub>1</sub>	2,13	0,46	-5,15	6,45	-2,56	10,22	9,73
	F <sub>2</sub>	-3,60	0,92	-6,68	6,97	-1,56	4,77	2,48
NVP	F <sub>1</sub>	-6,65	-6,74	-4,55	3,83	1,50	-3,30	3,88
	F <sub>2</sub>	-11,81	-5,24	-7,43	-0,84	-0,40	-3,00	2,64
NGV	F <sub>1</sub>	1,45	0,55	4,04	1,50	0,35	2,03	4,78
	F <sub>2</sub>	1,22	0,23	1,29	0,75	-2,47	1,48	4,97
NRP	F <sub>1</sub>	4,59	1,76	-1,58	-5,27	-5,53	5,75	-15,88
	F <sub>2</sub>	-6,89	5,95	-6,53	-8,51	-0,92	5,87	-15,31
PMG	F <sub>1</sub>	15,86	10,72	9,53	5,45	1,94	8,50	6,97
	F <sub>2</sub>	12,13	9,02	9,23	4,72	1,11	6,57	1,73
RG	F <sub>1</sub>	17,57	-3,32	40,68	7,87	36,46	3,52	62,45
	F <sub>2</sub>	6,10	-3,37	33,53	1,06	28,75	0,70	53,08

<sup>1</sup>DEF: Dias da emergência ao florescimento; DEM: dias da emergência à maturação; AL1V: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altura final de planta; NNós: número de nós produtivos por planta; NVP: número de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; NRP: número de ramos por planta; PMG: peso de mil grãos (g); RG: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). Valores expressos em percentagem.

## 5. CONCLUSÕES

Há significativa dissimilaridade genética entre as cultivares de soja avaliadas em condições de semeadura antecipada, com possibilidade de ganhos em gerações segregantes. Os caracteres que mais contribuíram para a dissimilaridade foram dias da emergência ao florescimento e estatura de planta.

Foi observada a formação de dois grupos de cultivares na análise de agrupamento, sendo o primeiro grupo formado pelas cultivares 50I52RSF IPRO e 53I54RSF IPRO, e o segundo pelas cultivares NS 5445 IPRO, 5855RSF IPRO, 5958RSF IPRO, M5917IPRO, NS 5959 IPRO, 58I60RSF IPRO e NS 6909 IPRO.

Os cruzamentos entre a cultivar 53I54RSF IPRO com as a cultivares 5958RSF IPRO e 50I52RSF IPRO se mostraram os mais promissores por apresentarem elevada média produtiva, CEC e pelo menos uma das cultivares com elevada CGC. Devendo estas serem indicadas para comporem blocos de cruzamentos que objetivam o melhoramento para a semeadura antecipada da soja, pois apresentam complementariedade alélica.

O cruzamento entre as cultivares 53I54RSF IPRO e 50I52RSF IPRO se mostrou promissor, apesar destas terem baixa dissimilaridade na análise de agrupamento, gerando desta forma o interesse da realização de análises moleculares em trabalhos futuros para elucidar melhor este fato.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPAR. Agência de defesa agropecuária do paraná. **Portaria n  264**, de 11 de setembro de 2018. Disponível em: [http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GABINETE/PORTARIAS/2018/264\\_18.pdf](http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GABINETE/PORTARIAS/2018/264_18.pdf). Acesso em: 03 jan. 2019a.

ADAPAR. Agência de defesa agropecuária do paraná. **Portaria n  202**, de 19 de julho de 2017. Disponível em: [http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GABINETE/PORTARIAS/2017/202\\_17.pdf](http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GABINETE/PORTARIAS/2017/202_17.pdf) < >. Acesso em: 04 jan. 2019b.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; AGUIAR, C. G.; ÁVILA, M. R.; ST LP, M. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.445-454, 2008.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFF RRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condi es de  rzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agron mica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.

ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, P. F.; BERTAGNOLLI, J. E.; CAVASSIM, H. L.; GABE, A.; KUREK, M. N.; MATSUMOTO, M. A. R.; OLIVEIRA, C.; PITOL, L. C.; PRADO, C. STECKLING. Understanding Soybean Maturity Groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification, and Stability. **Crop Science**. v. 49, 2009.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**. v. 51: p. 163–190, 2013.

ALSAJRI, F. A.; SINGH, B.; WIJEWARDANA, C.; IRBY, J. T.; GAO, W.; REDDY, K. R. Evaluating Soybean Cultivars for Low- and High-Temperature Tolerance During the Seedling Growth Stage. **Agronomy**. v. 9, p. 13, 2019.

ASSUN O FILHO, J. R. **Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de gr os e tolerância   ferrugem**. 2016. 92p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

AGUILA, L. S. H. D.; AGUILA, J. S. D.; THEISEN, G. Perdas na colheita na cultura da soja. Embrapa Clima Temperado. **Comunicado técnico**, n. 271, 2011.

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

BECHE, E.; LEMES, C.; PAGLIOSA, E. S.; CAPELLI, M. A.; FRANKE, G.; MATEI, Gilvani; BENIN, G. Hybrid performance and heterosis in early segregant populations of Brazilian spring wheat. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, p. 51-51, 2013.

BENIN, G.; SILVA, G. O.; PAGLIOSA, E. S.; LEMES, C.; SIGNORINI, A.; BECHE, E.; CAPELIN, M. A. Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1145–1151, 2010.

BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. Parental selection strategies in plant breeding programs. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, Seul, v. 10, n. 4, p. 211-222, 2007.

BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; BENIN, G.; HARTWIG, I. SCHMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; FONSECA, D. R.; SILVEIRA, G. Efeitos da heterose e endogamia em caracteres de importância agrônômica em trigo. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, 2009.

BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIMARÃES, P. S.; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F<sub>2</sub> de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 217-223, 2013.

BONATO, E. R.; VELLO, N. A. E6, a dominant gene conditioning early flowering and maturity in soybeans. **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 229-232, 1999.

BURTON, J. W.; BROWNIE, C. Heterosis and Inbreeding Depression in Two Soybean Single Crosses. **Crop Science**, v. 46, n. 6, p. 2643–2648, 2006.

CARPENTIERI-PIPOLO, V.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; PAGLIOSA, E. S. Inheritance of late flowering in natural variants of soybean cultivars under short-day conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 10, p. 796-803, 2014.

CARPENTIERI-PIPOLO, V.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; ROSOLEM, C. A. Inheritance of long juvenile period under short day conditions for the BR80-6778 soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) line. **Euphytica**, v. 112, p. 203-209, 2012.

CHRISTOPHE, B. S.; JEAN-CHRISTOPHE, A.; ANNABELLE, L.; ALAIN, O.; MARION, P.; ANNE-SOPHIE, V. Plant N Fluxes and Modulation by Nitrogen, Heat and Water Stresses: A Review Based on Comparison of Legumes and Non Legume Plants. In *Abiotic Stress in Plants—Mechanisms and Adaptations*. **IntechOpen**. p. 79-118. 2011.

COBER, E. R. Long juvenile soybean flowering responses under very short photoperiods. **Crop Science**, v.51, p.140-145, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica de Produção. Safras 1976/77 a 2016/17**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 17 jan. 2019a.



CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Planilhas de custos de produção - culturas de 1ª Safra**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/406-planilhas-de-custos-de-producao-culturas-de-1-safra>>. Acesso em: 17 jan. 2019b.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: análise multivariada e simulação**. Viçosa: UFV, v.1, 2006. 175p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes – Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV. 2009.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011, 620p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 2012.

CRUZ, C. D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, p. 425-438, 1989.

DARONCH, D. J.; JOÊNES M. P.; AFFERRI, F. S.; TAVARES, A. T.; SOUZA, C. M. **Revista Cultura Agrônômica**. Ilha Solteira, v. 28, Ed. 1, 2019.

DARONCH, D. J.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRRRI, F. S.; NASCIMENTO, M. O. Capacidade combinatória de cultivares de soja em F<sub>2</sub>, sob condições de cerrado tocantinense. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 688-695, 2014.

DAVENPORT, C. B. Degeneration, albanism and inbreeding. **Science**. v. 28, p. 454-455. 1908.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

FAO. Food And Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT-Production Crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Árvore do conhecimento-soja. Temperatura**. Informação tecnológica, Disponível em: <http://https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fzr67cri02wx5ok0cpoo6aeh331my.html#targetText=A%20faixa%20de%20temperatura%20do,soja%20%C3%A9%20pequeno%20ou%20nulo>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.

FARIAS, J. R. B; NEUMAIER, N; NEPOMUCENO, A. L. Soja. **Agrometeorologia dos cultivos**. Brasília DF, p. 263-277, 2009.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C.; Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 01, p. 67-77, 2015.

FERREIRA, M. E. **Estiagens no Estado do Paraná 1971 – 2004**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba. 162 p. 2007.

FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12p. (Special Report, 80). Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/STAGES.+FEHR\\_000g50w2l4s02wx5ok0dkla0sik2sqav.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/STAGES.+FEHR_000g50w2l4s02wx5ok0dkla0sik2sqav.pdf)>. Acesso em: 21 jan. 2019.

FREITAS, E. **Expansão da Soja no Brasil**. Brasil Escola. 2015. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-expansao-soja-no-brasil.htm>>. Acesso em 22 de setembro de 2019.

FRIEDRICHS, M. R.; BURTON, J. W.; BROWNIE, C. Heterosis and genetic variance in soybean recombinant inbred line populations. **Crop Science**. v. 56, p. 2072–2079, 2016.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. v. 10, p. 305-315, 2016.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, 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. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, n.2, p.419-430, 1988.

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**. v. 34, n. 1, p. 56-61, 2009.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L.M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016.

GUO, T.; YANG, N.; TONG, H.; PAN, Q.; YANG, X.; TANG, J.; WANG, J.; LI, J.; YAN, J. Genetic basis of grain yield heterosis in an “immortalized F2” maize population. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 127, p. 2149-2158, 2014.

GRIFFING, B. Concept of general and specific ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, n.4, p.462-93, 1956.

HAMAWAKI, O. T. et al. Genetic parameters and variability in soybean genotypes. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 2, p. 76-83, 2012.

HAN, T.; WU, C.; TONG, Z.; MENTREDDY, R. S.; TAN, K.; GAI, J. Post flowering photoperiod regulates vegetative growth and reproductive development of soybean. **Environmental and Experimental Botany**. v. 55, p. 120-129, 2006.

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

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. Weather and Climate Extremes. **Weather and Climate Extremes**. v. 10, p. 4-10, 2015.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa Soja – Documentos: 349, Londrina, 2014. 37 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>>. Acesso em 22 de setembro de 2019.

HUANG, X.; YANG, S.; GONG, J.; ZHAO, Q.; FENG, Q.; ZHAN, Q.; ZHAO, Y.; LI, W.; CHENG, B.; XIA, J.; CHEN, N.; HUANG, T.; ZHANG, L.; FAN, D.; CHEN, J.; ZHOU, C.; LU, Y.; WENG, Q.; HAN, B. Genomic architecture of heterosis for yield traits in rice. **Nature**, v. 537, p. 629-633, 2016.

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IPMET. Centro de Meteorologia de Bauru. **Estações do Ano**. Disponível em: <<https://www.ipmet.unesp.br/4estacoes/#>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

ITIS. Integrated Taxonomic Information System. **Glycine max (L.) Merr.** Disponível em: <[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=26716#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=26716#null)>. Acesso em: 30 jan. 2019.

JIANG, Y.; WU, C.; ZHANG, L.; HU, P.; HOU, W.; ZU, W.; HAN, T. Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] variety. **Plant Science**, v.180, p.504-510, 2011.

JUMRANI, K.; BHATIA, V. S.; PANDEY, G. P. Impact of elevated temperatures on specific leaf weight, stomatal density, photosynthesis and chlorophyll fluorescence in soybean. **Photosynthesis Research**. v.131, p. 333–350, 2017.

KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R. N. The partial diallel cross. **Biometrics**, v. 17, p. 229-250, 1961.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008.

- KIM, J. J.; LEE, J. H.; KIM, W.; JUNG, H. S.; HUIJSER, P.; AHN, J. H. The micro RNA156 – SQUAMOSA PROMOTER BINDING PROTEIN-LIKE3 Module Regulates Ambient Temperature - Responsive Flowering via FLOWERING LOCUS T in Arabidopsis. **Plant Physiology**. v. 159, p. 461–478. 2012.
- KURASCH, A. K. et al. Identification of mega-environments in Europe and effect of allelic variation at maturity E loci on adaptation of European soybean. **Plant, Cell e Environment**, v. 40, n. 5, p. 765–778, 2017.
- LIU, J., LI, M., ZHANG, Q., WEI, X., & HUANG, X. Exploring the molecular basis of heterosis for plant breeding. **Journal of Integrative Plant Biology**. 2019.
- MACHADO, B. Q. V.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, O. T.; JORGE, G. L., REZENDE, G. F.; GLASENAPP, J. S.; HAMAWAKI, R. L.; HAMAWAKI, C. D. L. Agronomic performance and genetic diversity among lines and soybean cultivars. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 6, 2017.
- MAO, T., LI, J., WEN, Z., WU, T., WU, C., SUN, S., JIANG, B., HOU, W., LI, W., SONG, Q., WANG, D., HAN, T. Association mapping of loci controlling genetic and environmental interaction of soybean flowering time under various photo-thermal conditions. **Biomed Central - BMC Genomics**. v. 18p. 415. 2017.
- MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MALUF, J. R. T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1013-1019, 2003.
- MATHER, K. e JINKS, J. L. **Biometrical Genetics**, 3rd Edn. Chapman and Hall, London. 1982.
- MEDINA, V.; GILBERT, M. E. Physiological trade-offs of stomatal closure under high evaporative gradients in field grown soybean. **Functional Plant Biology**. v. 43, p. 40-51, 2015.
- MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v.47, n.1, p.14-21, 2012.
- MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; BRACCINI, M. C. L. Características agrônômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista brasileira de sementes**, v. 22, n. 2, p. 153-162, 2000.
- NOGUEIRA, A. P. O., SEDIYAMA, T., SOUSA, L. B., HAMAWAKI, O. T., CRUZ, C. D., PEREIRA, D.G., MATSUO, É. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, 2012.

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

PEREIRA, E. M.; SILVA, F. M.; VAL, B. H. P.; PIZOLATO NETO, A.; MAURO, A. O.; MARTINS, C. C. UNEDA-TREVISOLI, S. H. Canonical correlations between agronomic traits and seed physiological quality in segregating soybean populations. **Genetics And Molecular Research**. Ribeirao Preto, v. 16, n. 2, 11 p., 2017.

POWERS, L. An expansion of Jone's theory for the explanation of heterosis. **The American Naturalist**. v. 78, p. 275-280, 1945.

PRASAD, P. V. V.; PISIPATI, S. R.; MUTAVA, R. N.; TUINSTRA, M. R. Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development. **Crop Science**. v. 48: p. 1911–1917, 2008.

RAMALHO, M.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na Agropecuária**. 5. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 565p.

RIO, A.; SENTELHAS, P. C.; FARIAS, J. R. B.; SIBALDELLI, R. N. R.; FERREIRA, R. C. Alternative sowing dates as a mitigation measure to reduce climate change impacts on soybean yields in southern Brazil. **International Journal of Climatology**. v. 36, p. 3664-3672, 2016.

RINCKER, K.; NELSON, R.; SPECHT, J.; SLEPER, D.; CARY, T.; CIANZIO, S. R.; CASTEEL, S.; CONLEY, S.; CHEN, P.; DAVIS, V.; FOX, C.; GRAEF, G.; GODSEY, C.; HOLSHOUSER, D.; JIANG, G. L.; KANTARTZI, S. K.; KENWORTHY, W.; LEE, C.; MIAN, R.; MCHALE, L.; NAEVE, S.; ORF, J.; POYSA, V.; SCHAPAUGH, W.; SHANNON, G.; UNIATOWSKI, R.; WANG, D.; DIERS, B. Genetic improvement of U.S. soybean in maturity groups II, III, and IV. **Crop Science**, v.54, p.1419-1432, 2014.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

SANTOS, E. R.; SANTOS, A. F.; CAPONE, A.; SANTOS, W. R.; MOURA, S. G.; BARROS, H. B. Dissimilaridade genética entre genótipos de soja cultivados em várzea irrigada no período de entressafra. **Journal Biotechnology Biodiversity**, Gurupi, v. 4, n. 3, 2013.

SANTOS, M. T. **Análise do custo, volume e resultado da cultura da soja em três áreas distintas de uma empresa rural**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). IJUÍ, RS. 2017. 57p.

SHIRO, S.; KURANAGA, C.; YAMAMOTO, A.; SAMESHIMA-SAITO, R.; SAEKI, Y. Temperature-dependent expression of nodC and community structure of soybean-nodulating bradyrhizobia. **Microbes Environ**. v. 31, n. 1. 2016.

SILVA, M. S.; NAVES, M. M. V.; OLIVEIRA, R. B.; LEITE, O. S. M. Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 571-576, 2006.

SCHLENKER, W.; ROBERTS M. J. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 106, p. 15594–15598. 2009.

SCHNABLE, P. S.; SPRINGER, N. M. Progress Toward Understanding Heterosis in Crop Plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, p. 71-88, 2013.

SHULL, G. H. The composition of a field of maize. **Journal of Heredity**. v. 4, p. 296-301, 1908.

SETIYONO, T. D.; CASSMAN, K. G.; SPECHT, J. E.; DOBERMANN, A.; WEISS, A.; YANG, H.; CONLEY, S. P.; ROBINSON, A. P.; PEDERSEN, P.; BRUIN, J. L. Simulation of soybean growth and yield in near-optimal growth conditions. **Field Crops Research**, v. 119, n. 1, p. 161–174, 2010.

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

SHI, H.; WANG, Y.; CHENG, Z.; YE, T.; CHAN, Z. Analysis of natural variation in Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) reveals physiological responses underlying drought tolerance. **Plos One**. v. 7, 2012.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. **Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance**. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633 p.

STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A. D.; MISSIO, E. L.; RUBIN, S. A. L. Avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 572-578, 2010.

SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; ROWNTREE, S. C.; WILSON, E. W.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P.; CASTEEL, S. N.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; SPECHT, J. E.; DAVIS, V. M. Soybean Yield Partitioning Changes Revealed by Genetic Gain and Seeding Rate Interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, p. 1631-1642, 2014.

SUNRISE. **Sunrise and Sunset - Fotoperíodo**. Disponível em: <<https://www.sunrise-and-sunset.com/pt/sun>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General and specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v.34, n.10, p.923-932, 1942.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 719.
- TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; CORRÊA, C. C. G.; LUZ JÚNIOR, R. A. A.; ZANUNCIO, A. S.; CAPRISTO, D. P.; TORRES F. E. Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 794-7, 2015.
- VALE, N. M.; BARILI, L. D.; SOUZA, M. H.; MOURA, L. M. M.; CARNEIRO, J. E. S.; CARNEIRO, P. C.; SILVA, F. L. 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.
- VIANA, J. M. S. The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model: combining ability analysis. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, n.4, p.877-881, 2000.
- WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**. v. 61: p. 199–223, 2007.
- WATANABE, S.; HARADA, K.; ABE, J. Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean. **Breeding Science**, v.61, p.531-543, 2012.
- ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, A. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER, P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**. v. 74, n. 3, p. 279-290, 2015.
- ZHOU, X.; HUANG, X. Genome-wide association studies in rice: How to solve the low power problems? **Molecular plant**, v. 12, p.10-12, 2019.
- ZHU, D.; ZHOU, G.; XU, C.; ZHANG, Q. Genetic Components of Heterosis for Seedling Traits in an Elite Rice Hybrid Analyzed Using an Immortalized F<sub>2</sub> Population. **Journal of Genetics and Genomics**, v. 43, n. 2, p. 87–97, 2016.