

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

Ganho de seleção e parâmetros genéticos em população F2 de soja oriunda de genitor  
resistente ao déficit hídrico

Felipe Guimarães Osório

Monografia apresentada à Coordenação  
do Curso de Biotecnologia, da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Biotecnologia.

Uberlândia - MG  
Fevereiro - 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

Ganho de seleção e parâmetros genéticos em população F2 de soja oriunda de genitor  
resistente ao déficit hídrico

Felipe Guimarães Osório

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Oliveira Nogueira

Monografia apresentada à Coordenação  
do Curso de Biotecnologia, da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Biotecnologia.

Uberlândia - MG  
Fevereiro - 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

Ganho de seleção e parâmetros genéticos em população F2 de soja oriunda de genitor  
resistente ao déficit hídrico

Felipe Guimarães Osório

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Oliveira Nogueira  
Instituto de Biotecnologia

Homologado pela coordenação do Curso  
de Biotecnologia em \_\_/\_\_/\_\_

Nilson Nicolau Junior  
Coordenador do Curso de Graduação em Biotecnologia

Uberlândia - MG  
Fevereiro - 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

Ganho de seleção e parâmetros genéticos em população F2 de soja oriunda de genitor  
resistente ao déficit hídrico

Felipe Guimarães Osório

Aprovado pela Banca Examinadora em: 06/02/2023 Nota: 95

Ana Paula Oliveira Nogueira  
Presidente da Banca Examinadora

Uberlândia, 06 de fevereiro de 2023.

## RESUMO

A soja é uma das espécies mais cultivadas no Brasil e contribui significativamente com a economia brasileira. A escassez hídrica é cada vez mais recorrente no cenário agrícola e é responsável por ameaçar a produção comercial de grãos. O presente trabalho tem como objetivos desenvolver populações segregantes de soja originada de genitores com genes de resistência ao déficit hídrico e estimar parâmetros genéticos e fenotípicos de caracteres agronômicos com a finalidade de selecionar genótipos superiores. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, na estação experimental da Fazenda Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia. Foi realizado cruzamento biparental com as cultivares Embrapa 48 e UFUS Tikuna para obtenção da população F1, depois avançou-se com a semeadura da população F1 para realizar retrocruzamentos e obter sementes F2. Em condição de casa de vegetação, cultivaram-se 30 plantas da cultivar Embrapa 48, 27 plantas da cultivar UFUS Tikuna, 213 plantas da população F2, 52 plantas do retrocruzamento 1 (F1 com Embrapa 48), e 39 plantas do retrocruzamento 2 (F1 com UFUS Tikuna). Adotaram-se todos tratos culturais e controle de pragas e doenças. Em todas as plantas avaliaram-se os caracteres de altura da planta na maturidade (APM), número de nós na maturidade (NNM), altura da planta no florescimento (APF), número de nós no florescimento (NNF), número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturidade (NDM), produção de grãos (PG), número de vagens totais (NVT). Os dados fenotípicos coletados nos genitores e populações segregantes foram submetidos à análise de gerações com auxílio do Programa Genes. Os caracteres APM, APF, NDF e NDM apresentaram resultados considerados altos para a herdabilidade no sentido amplo, 71,15%, 80,72%, 87,90% e 71,51% respectivamente. Nesse estudo foram obtidos e selecionados 11 genótipos de interesse, que estão entre os 30% mais produtivos (acima de 12g) e os 30% mais precoces (ciclos menores que 109 dias).

**Palavras-chave:** *Glycine max*; escassez hídrica; herdabilidade.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS .....	3
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	3
3.1	Local de instalação do experimento .....	3
3.2	Genitores e Híbridações .....	4
3.3	Cruzamentos biparentais para obtenção de população segregante. ....	4
3.4	Condução da população F1, parentais e realização de retrocruzamentos. ....	5
3.5	Instalação e condução das gerações genitoras, F2 e retrocruzamentos. ....	6
3.6	Avaliação da população F2, parentais e retrocruzamentos. ....	6
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
5	CONCLUSÕES.....	20
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21

# 1 INTRODUÇÃO

A soja tem grande importância no mercado mundial, por ser a base da formulação de rações para a alimentação de aves, suínos e bovinos, além de ser utilizada na formulação de inúmeros produtos na indústria de alimentação humana. O interesse socioeconômico do Brasil na soja, além de outros fatores, ocorre devido aos grãos serem ricos em proteínas (cerca de 40%) e lipídios (cerca de 20%) (CASTRO et al., 2023). No cenário econômico de produção de soja, o Brasil tem se destacado, ocupando primeiro lugar entre os maiores produtores mundiais, contribuindo com 125,5 milhões de toneladas de grãos, obtidos em uma área cultivada de 41 milhões de hectares na safra 2021/2022 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2022).

Segundo Chavarria et al. (2015), um dos fatores limitantes de maior impacto no rendimento da cultura da soja é a disponibilidade hídrica para as plantas. A quantidade de água necessária para a cultura da soja durante o seu ciclo completo fica entre 450 a 800 mm, mas é variável com as condições de clima, profundidade do perfil do solo, ciclo da cultivar, manejo, e essa necessidade hídrica é crítica principalmente no período do início do florescimento até o enchimento de grãos (GONCALVES et al., 2019).

Um exemplo do impacto do estresse hídrico ocorreu no Brasil na safra 2021/2022, segundo a CONAB (2022) no Brasil devido à influência do fenômeno La Niña na Região Sul e em Mato Grosso do Sul, houve drástica redução das precipitações em novembro e dezembro de 2021, o que foi determinante para a redução da produtividade nessas áreas. A média da produtividade da região sul na safra 2020/2021 foi  $3477 \text{ kg ha}^{-1}$ , na safra 2021/2022 que ocorreu o déficit hídrico foi de apenas  $1835 \text{ kg ha}^{-1}$  uma redução de 47,2%, já em Mato Grosso do sul a produtividade foi 30,8% menor.

Diante deste problema é necessário plantas com resistência ao déficit hídrico, para produzir plantas resistentes à seca é crucial a prospecção de genes envolvidos nos mecanismos de defesa e tolerância da soja (MARINHO et al., 2015). A resposta da planta ao estresse hídrico depende da regulação da expressão gênica de muitos genes, sendo a tolerância à seca considerada uma característica poligênica, ou seja, ela é controlada por vários genes e, portanto, é altamente influenciada pelo ambiente (YOSHIDA et al., 2015). De acordo com Gatut Wahyu et al. (2014) para amenizar os problemas decorrentes da seca nas lavouras de soja, a maturidade precoce é um dos caracteres de maior interesse para os agricultores. Uma das alternativas para contornar as limitações dos fatores abióticos para o desempenho da soja é o uso de cultivares resistentes ao estresse. Nesse intuito, o desenvolvimento do melhoramento de soja com objetivo de obtenção de genótipos resistentes à limitação de disponibilidade hídrica está entre os objetivos de um programa de melhoramento.

A cultivar Embrapa 48 é um genótipo resistente a seca, tem alta estabilidade de produção, características boas para alimentação humana, tipo de crescimento determinado, flor branca e hilo marrom-claro, pertence ao grupo de maturidade relativa 6.8 (LIMA et al., 2019; MESQUITA et al., 2020; COUTINHO et al., 2021). Sua produtividade média é de 3.428 kg ha<sup>-1</sup>. Sendo essa cultivar desenvolvida a partir dos cruzamentos (Mãe) Davis x Paraná (Pai) IAS 4 x BR-5 (HIGASHI et al., 1999; OYA et al., 2004; SANTOS et al., 2015). Utilizar genótipo que apresente características morfológicas e fisiológicas, com adaptação para enfrentar o estresse hídrico, devem ser considerados durante o processo de melhoramento genético para obter novas variedades de soja, que tenham tolerância durável à seca (PRADO et al., 2001). Portanto, dados as características favoráveis da cultivar Embrapa 48, o seu uso como genitor é favorável em um programa de melhoramento de soja visando resistência ao déficit hídrico.

Neste contexto, o desenvolvimento de populações oriundas de genitores resistentes à seca, bem como a obtenção de parâmetros genéticos, é fundamental para orientar o melhorista



na estratégia de seleção. A herdabilidade ( $H^2$ ) é um parâmetro genético fundamental para análise das estratégias de seleção e tal análise é de suma importância, especialmente para os caracteres quantitativos, visto que são altamente influenciáveis pelo ambiente. A herdabilidade possibilita conhecer o que se pode delegar às causas genéticas e ambientais (LEITE et al., 2016). As estimativas de herdabilidade podem ser no sentido amplo ou restrito, sendo a primeira referente à razão entre a variância genética e a variância fenotípica e a segunda refere-se a razão entre a variância aditiva e a variância fenotípica (FALCONER; MACKAY, 1996). A herdabilidade está altamente relacionada com o ganho de seleção, quanto mais elevado o valor de herdabilidade maiores serão as chances do sucesso de seleção (TEIXEIRA et al., 2017).

Diante do exposto, o desenvolvimento de novos genótipos de soja que agreguem caracteres agrônômicos favoráveis e resistência aos fatores bióticos e abióticos constitui premissa fundamental para obtenção de genótipo com elevada produção de grãos e estabilidade de produção.

## **2 OBJETIVOS**

Desenvolver populações segregantes de soja originada de genitores com genes de resistência ao déficit hídrico e estimar parâmetros genéticos e fenotípicos de caracteres agrônômicos com a finalidade de selecionar genótipos superiores.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local de instalação do experimento**

A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, sob condições de casa de vegetação em Uberlândia-MG.

### **3.2 Genitores e Híbridações**

Para a pesquisa foram utilizados dois genótipos de soja, sendo um a Embrapa 48, o qual possui resistência ao estresse hídrico (TEXEIRA et al., 2008; LIMA et al., 2019; MESQUITA et al., 2020; COUTINHO et al., 2021), e o segundo parental foi a cultivar UFUS Tikuna.

### **3.3 Cruzamentos biparentais para obtenção de população segregante.**

As cultivares de soja Embrapa 48 e a UFUS Tikuna foram semeadas em bloco de cruzamento na casa de vegetação para obtenção dos híbridos F1. As sementes dos parentais foram semeadas em vasos de 5 litros previamente preenchidos com 2/3 de solo e 1/3 de matéria orgânica.

O bloco de cruzamento foi implantado ao longo de 9 épocas de semeadura, cujas datas foram: 20/04, 24/04, 27/04, 01/05, 04/05, 08/05, 11/05, 15/05, 18/05 do ano de 2019. A semeadura escalonada dos genitores foi necessária para favorecer a sincronia de florescimento dos genitores femininos e masculinos, bem como para estabelecer um período de floração para realizar as híbridagens artificiais.

Durante todo o ciclo da soja foram realizadas 2 irrigações diárias, eliminação de plantas daninhas dos vasos, adubações com NPK (Nitrogênio, Fósforo, Potássio) a cada 15 dias, aplicação dos defensivos agrícolas, enxofre para o controle de oídio em 2 ocasiões, e bifentrina para o controle de mosca-branca em uma ocasião.

Os cruzamentos foram feitos utilizando as plantas de soja com cor de flor branca servindo somente como genitores femininos e as de flores roxas utilizadas apenas como progenitores masculinos visando a confirmação do cruzamento e obtenção dos indivíduos híbridos, por meio do caráter qualitativo cor de flor.

As flores brancas foram emasculadas para realizar o cruzamento e também retiradas as sépalas para demarcar as vagens resultantes da hibridação e, para sinalizar a localização foram

amarradas linhas com papel nas hastes onde foram feitos os cruzamentos. Após a maturação foi feita a colheita das vagens oriundas dos cruzamentos biparentais e uma análise da quantidade de sementes híbridas obtidas.

A quantidade de sementes obtidas no cruzamento entre Embrapa 48 sendo genitor feminino e a UFUS Tikuna sendo o genitor masculino foi de 29 sementes.

### **3.4 Condução da população F1, parentais e realização de retrocruzamentos.**

Os híbridos e parentais foram semeados na casa de vegetação, de forma escalonada em 14 datas, uma, a cada 4 dias com início em 03/10/2019, visando um maior período para floração de forma síncrona entre as plantas para a realização dos retrocruzamentos.

A semeadura foi feita em vasos de 5 litros previamente preparados com 2/3 de solo e 1/3 de matéria orgânica, nos vasos de F1 foram adicionadas 2 sementes, já nos vasos com parentais foram semeadas 4 sementes.

Para confirmação de que as sementes F1 eram híbridas, durante o ciclo foi observado a cor do hipocótilo, e a cor da flor dessas plantas, logo plantas oriundas de cruzamentos que possuíam hipocótilo verde e flor branca foram eliminadas.

Durante todo o período foram feitas 2 irrigações diárias, eliminação de plantas daninhas, adubações com NPK a cada 15 dias, e aplicação dos defensivos agrícolas, enxofre para o controle de oídio em 2 ocasiões, e bifentrina para o controle de mosca-branca em 2 ocasiões.

Foram realizados 153 retrocruzamentos da F1 com o parental Embrapa 48 sendo denominado o RC1, e 144 retrocruzamentos da F1 com o parental UFUS Tikuna sendo denominado o RC2. Após a maturação da soja foi feita a colheita das vagens oriundas de cruzamentos, e das vagens oriundas de autofecundações das plantas F1, para uma análise da quantidade de sementes obtidas.

### **3.5 Instalação e condução das gerações genitoras, F2 e retrocruzamentos.**

Foram preparados vasos com volume de 5 litros preenchidos com substrato (2/3 de solo e 1/3 de esterco curtido). No dia 03/09/2020 realizou-se a semeadura manual, com a semente na profundidade de 2cm. Adotou-se a semeadura aleatorizada e foram utilizadas 4 bancadas na casa de vegetação. As populações genitoras, F2 e de retrocruzamentos foram cultivadas e avaliadas em condições de casa de vegetação. Foram avaliadas 30 plantas da cultivar Embrapa 48, 27 plantas da cultivar UFUS Tikuna, 213 plantas da população F2, 52 plantas do retrocruzamento 1 (F1 cruzada com Embrapa 48) e 39 plantas do retrocruzamento 2 (F1 cruzada com UFUS Tikuna).

Os vasos durante todo o ciclo foram irrigados 2 vezes ao dia, foram feitas as eliminações de plantas daninhas dos vasos com capina manual, as adubações com NPK a cada 15 dias, aplicação conjunta dos defensivos agrícolas enxofre e folpete para o controle de oídio e bifentrina para controle de mosca-branca em duas ocasiões.

### **3.6 Avaliação da população F2, parentais e retrocruzamentos.**

Conforme os estádios de desenvolvimento da soja propostos por Fehr e Caviness (1977), foi avaliado em cada planta:

- a) Altura da planta na maturidade (APM): medida da superfície do solo até o topo da planta no estágio R8;
- b) Número de nós na maturidade (NNM): quantidade de nós na haste principal no estágio R8;
- c) Altura da planta no florescimento (APF): medida da superfície do solo até o último nó da haste principal no estágio R1;
- d) Número de nós no florescimento (NNF): quantidade de nós na haste principal no estágio R1;
- e) Número de dias para o florescimento (NDF): período que corresponde ao número de dias decorridos entre a emergência e o florescimento (estádio R1);

f) Número de dias para maturidade (NDM): período que corresponde ao número de dias decorridos desde a emergência até a data em que 95% das vagens apresentaram-se na cor de maturação típica da planta no estágio R8;

g) Produção de grãos (PG): Após a debulha das vagens, por meio da pesagem das sementes de cada planta.;

h) Número de vagens Totais (NVT) – posterior a colheita será contado o número total de vagens em cada planta.

Os dados foram submetidos à análise de gerações (CRUZ, CARNEIRO, REGAZZI, 2012) cujos estimadores estão apresentados a seguir, e a análise processada com auxílio do Programa Genes (Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística) (CRUZ, 2016).

### **Variância genotípica em F2**

$$\hat{\sigma}_{g(F2)}^2 = \hat{\sigma}_{f(F2)}^2 - \hat{\sigma}_{e(F2)}^2$$

$\hat{\sigma}_{g(F2)}^2$ : variância genética da população F2;

$\hat{\sigma}_{f(F2)}^2$ : variância fenotípica da população F2;

$\hat{\sigma}_{e(F2)}^2$ : variância ambiental da população F2.

### **Variância ambiental**

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{1}{2} [\hat{\sigma}_{(P1)}^2 + \hat{\sigma}_{(P2)}^2]$$

$\hat{\sigma}_e^2$ : variância ambiental;

$\hat{\sigma}_{f(P1)}^2$ : variância fenotípica do parental 1 (Embrapa 48);

$\hat{\sigma}_{f(P2)}^2$ : variância fenotípica do parental 2 (UFUS Tikuna).

### **Variância aditiva**

$$\hat{\sigma}_a^2 = 2\hat{\sigma}_{f(F2)}^2 - [\hat{\sigma}_{f(RC1)}^2 + \hat{\sigma}_{f(RC2)}^2]$$

$\hat{\sigma}_a^2$  : variância aditiva;

$\hat{\sigma}_{f(F2)}^2$ : variância fenotípica da população F2;

$\hat{\sigma}_{f(RC1)}^2$  : variância fenotípica da população RC1;

$\hat{\sigma}_{f(RC2)}^2$  : variância fenotípica da população RC2.

### **Herdabilidade no sentido amplo**

$$h_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_{g(F2)}^2}{\hat{\sigma}_{f(F2)}^2} * 100$$

$h_a^2$ : herdabilidade no sentido amplo;

$\hat{\sigma}_{g(F2)}^2$ : variância genética da população F2;

$\hat{\sigma}_{f(F2)}^2$ : variância fenotípica da população F2.

### **Herdabilidade no sentido restrito**

$$h_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_{a(F2)}^2}{\hat{\sigma}_{f(F2)}^2} * 100$$

$h_r^2$ : herdabilidade no sentido restrito;

$\hat{\sigma}_{a(F2)}^2$ : variância aditiva da população F2;

$\hat{\sigma}_{f(F2)}^2$ : variância fenotípica da população F2.

### **Predição de ganhos de seleção**

$$DS = \bar{x}_o - \bar{x}_s$$

$$GS = DS * h^2$$

$$GS\% = \frac{GS}{\bar{x}_o}$$

$GS$ : ganho de seleção;

$h^2$ : herdabilidade;

$DS$ : diferencial de seleção;

$\bar{x}_o$ : média observada;

$\bar{x}_s$ : média dos selecionados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando as médias dos genitores verificou-se que as cultivares Embrapa 48 e UFUS Tikuna, foram contrastantes para maioria dos caracteres avaliados, mas para produção de grãos e número de vagens totais as médias foram muito próximas (Tabela 1). De acordo com Borém; Miranda (2017) em estudos de herança deve-se adotar genitores divergentes, a divergência entre os genitores é necessária para a estimativa dos parâmetros genéticos.

**Tabela 1:** Médias e variâncias dos caracteres agrônômicos em população F2 e retrocruzamentos oriundos de Embrapa 48 x UFUS Tikuna.

Caracteres		Embrapa48	Tikuna	F2	RC1	RC2
APM	$\bar{x}_o(\text{cm})$	89,93	109,92	115,89	103,76	118,05
	$\hat{\sigma}_f^2$	234,68	332,07	982,48	602,45	685,99
NNM	$\bar{x}_o$	11,66	15,18	14,03	13,32	15,25
	$\hat{\sigma}_f^2$	1,05	3,38	3,8	2,1	5,3
APF	$\bar{x}_o(\text{cm})$	65,46	95,22	95,21	77,23	99,33
	$\hat{\sigma}_f^2$	110,46	226,41	874	502,06	575,01
NNF	$\bar{x}_o$	9,4	13,1	12,14	10,92	13,17
	$\hat{\sigma}_f^2$	0,8	1,41	3,46	1,40	2,15
NDF	$\bar{x}_o(\text{dias})$	30,86	47,88	39,45	34,59	42,71
	$\hat{\sigma}_f^2$	2,94	5,48	34,86	12,20	27,26
NDM	$\bar{x}_o(\text{dias})$	100,5	124,51	115,46	110,5	119,15
	$\hat{\sigma}_f^2$	48,67	21,49	123,17	92,17	76,02
PG	$\bar{x}_o(\text{g})$	10,03	9,37	10,27	11,5	11,87
	$\hat{\sigma}_f^2$	12,72	12,78	16,45	16,80	14,58
NVT	$\bar{x}_o$	30,9	31,22	30,80	34,80	39,23
	$\hat{\sigma}_f^2$	101,81	123,64	150,21	156,7	134,34

APM: altura de planta na maturação; NNM: número de nós na maturidade; APF: altura de planta no florescimento; NNF: número de nós no florescimento; NDF: número de dias para florescimento; NDM: número de dias para maturidade; PG: produção de grãos da planta; NVT: número vagens totais;  $\sigma^2$ : variância;  $\bar{x}_o$ : média observada.

No que diz respeito aos dias de maturidade, as cultivares de maturação precoce têm sido alvo de programas de melhoramento. Vianna et al. (2019), obtiveram nos genótipos estudados, resultado de número de dias para maturidade variando de 97 a 142 dias. Pela Tabela 1, verifica-se que a Embrapa 48 apresentou ciclo total de 100,5 dias, a UFUS Tikuna 124,51 dias, a F2

115,46 dias, o RC1 110,5 dias e o RC2 119,15 dias para maturar. A média do número de dias até a maturidade da população Embrapa 48 foi menor que 101 dias, mas segundo Higashi et al. (1999), o número médio de dias até a maturidade da Embrapa 48 é de 120 dias. O cultivo das populações fora da época convencional de semeadura e diferente latitude influenciam a duração do ciclo e o desenvolvimento das plantas, os quais são afetados diretamente pelo fotoperíodo (DONG et al., 2021).

A altura da planta é uma característica importante para adequação à colheita mecanizada. Segundo Sedyama et al. (2016), a altura ideal da soja é entre 60 e 110 cm para facilitar a colheita e evitar o acamamento. Vianna et al. (2019) obtiveram resultados para altura média da planta na maturidade separados em três grupos, as plantas menores com altura entre 64 e 87 cm, plantas intermediárias entre 100 e 105 cm e as plantas mais altas de 112 a 118 cm. Na Tabela 1, observou-se que a altura média das plantas maduras foi de 89,93cm (Embrapa 48); 109,92cm (UFUS Tikuna); 115,89cm (F2); 103,76cm (RC1); 118,05cm (RC2). De acordo com Higashi et al. (1999), a altura média da Embrapa 48 é de 84cm, o que é próximo do encontrado neste trabalho (89,93cm). Observa-se que a média da altura das variedades, com exceção da Embrapa 48, foram muito próximas do limite da altura ideal proposta por Sedyama et al. (2016) contudo a média da F2 e RC2 até ultrapassaram um pouco esse limite, para Silva et al. (2021) o sombreamento da casa de vegetação gera alteração no crescimento devido a alongação das plantas em busca de luminosidade. Follmann et al. (2017) verificaram no estudo de soja que a altura de planta tem relação linear positiva com a produtividade de grãos e pode ser usada para seleção indireta de cultivares mais produtivas.

O número de nós é outra característica importante no melhoramento da soja, pois tem boa correlação com a produtividade (NOGUEIRA et al., 2012). Segundo Sedyama et al. (2016), plantas de soja com alto potencial de produção devem apresentar caule principal médio de 17 ou 18 nós. Glasenapp et al. (2015) obtiveram uma média de 12,75 e 12,38 NNM. Neste



experimento (Tabela 1) a quantidade média de nós, foi de 14,03 para F2, 11,66 para Embrapa 48, 15,18 para UFUS Tikuna, 13,32 para RC1, 15,25 para RC2. Embora as médias de número de nós estejam abaixo das preconizadas por Sedyama et al. (2016), pode-se observar na população segregante F2, valores superiores, pois a amplitude do número de nós foi de 9 a 20 nós na população F2.

Na Tabela 1, observou-se que a altura média das plantas no florescimento foi de 65,46cm (Embrapa 48); 95,22cm (UFUS Tikuna); 95,21cm (F2); 77,23cm (RC1); 99,33cm (RC2). Esses resultados demonstram plantas com bom desenvolvimento vegetativo. A altura no florescimento é uma característica importante no desenvolvimento de cultivares de soja, pois plantas muito baixas podem comprometer a produção de grãos.

Este estudo teve os seguintes resultados para número de vagens totais, 30,8 (F2); 30,9 (Embrapa 48); 31,22 (UFUS Tikuna); 34,8 (RC1); 39,23 (RC2). Na média do número de vagens totais, ambos os parentais e a F2 tiveram a média muito semelhante, somente em RC1 e RC2 as médias foram superiores à dos pais. As cultivares nacionais de soja apresentam em média de 30 a 80 vagens por planta (Sedyama et al., 2016), analisando esta informação, a média de NVT obtida nesse estudo está inserida no intervalo estipulado para as cultivares nacionais.

Glaserapp et al. (2015) obtiveram médias de 5,5g e 7,26g de produção de grãos por planta. Na Tabela 1 o resultado obtido no presente estudo, para a média da F2 foi de 10,27g por planta; RC1 média de 11,5g por planta; RC2 média de 11,87g por planta; Embrapa 48 média de 10,03g por planta; UFUS Tikuna média de 9,37g por planta.

Os componentes de variância são de extrema importância na tomada de decisão no programa de melhoramento (HAMAWAKI et al., 2012). Na Tabela 2 estão apresentadas as estimativas de variância e herdabilidade para caracteres agrônômicos e produtividade de grãos.

**Tabela 2:** Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de caracteres agrônômicos de soja, obtidos em populações oriundas Embrapa 48 x UFUS Tikuna.

	APM	NNM	APF	NNF	NDF	NDM	PG	NVT
$\hat{\sigma}_f^2$	982,4	3,8	874	3,46	34,86	123,1	16,45	150,2
$\hat{\sigma}_g^2$	699,1	1,58	705,5	2,35	30,64	88,02	3,7	37,48
$\hat{\sigma}_a^2$	676,5	0,15	670,9	3,37	30,25	78,14	1,41	10
$\hat{\sigma}_e^2$	283,37	2,22	168,43	1,1	4,21	35,08	12,75	112,72
$h_a^2(\%)$	71,15	41,59	80,72	68,01	87,90	71,51	22,5	24,95
$h_r^2(\%)$	68,85	3,96	76,76	97,33	86,79	63,44	9,23	6,66

$\hat{\sigma}_f^2$ : variância fenotípica;  $\hat{\sigma}_g^2$ : variância genotípica;  $\hat{\sigma}_a^2$ : variância aditiva;  $\hat{\sigma}_e^2$ : variância ambiental;  $h_a^2(\%)$ : herdabilidade no sentido amplo em %;  $h_r^2(\%)$ : herdabilidade no sentido restrito em %; APM: altura de planta na maturação; NNM: número de nós na maturidade; APF: altura de planta no florescimento; NNF: número de nós no florescimento; NDF: número de dias para florescimento; NDM: número de dias para maturidade; PG: produção de grãos da planta; NVT: número vagens totais.

Na Tabela 2, observou-se que a variância fenotípica variou de 3,46 a 982,4 para NNF e APM, respectivamente. A variância genética foi superior à variância ambiental para os caracteres APM, APF, NNF, NDF e NDM, o que pode promover a seleção de genótipos superiores. Os caracteres altura de planta no florescimento e altura de planta na maturidade tiveram as maiores variâncias genéticas, de 705,5 e 699,1 respectivamente, indicando alto potencial para seleção. A variância aditiva variou de 0,15 (NNM) a 676,5 (APM), e os 4 caracteres com maiores valores de variância aditiva foram APM (676,5), APF (670,9), NDM (78,14), NDF (30,25). Segundo Cruz; Regazzi e Carneiro (2012), a presença de variância aditiva é um indício de facilidade para indicar genótipos geneticamente superiores, que propiciarão ganhos mais vantajosos em atribuição de sua seleção.

A herdabilidade é um parâmetro que depende do ambiente e da população examinada, sua aferição varia de 0 a 100% sendo classificada alta quando os valores são superiores a 70% (VISSCHER; HILL; WRAY, 2008). Para Zhang et al. (2015) as estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram de 95,6% para NDF, 94,2% para NDM e 82,8% para APM. No parâmetro herdabilidade no sentido amplo, resultados de alta magnitude, no presente estudo, são vistos nos caracteres de APM (71,15%), APF (80,72%), NDF (87,90%) e NDM (71,51%). A herdabilidade está fortemente relacionada com o ganho de seleção, quanto maior o valor de herdabilidade maiores serão as chances do sucesso de seleção.

A herdabilidade no sentido restrito é mais efetiva porque quantifica a importância relativa da proporção da variância genética que se soma e pode ser passada para a próxima geração (BORÉM; MIRANDA, 2017). Segundo Falconer e Mackay (1996), uma importante contribuição da herdabilidade de sentido restrito é seu papel na previsão do ganho seletivo, expressando assim a confiança nos valores fenotípicos como estimadores do valor genético. Neste estudo foram obtidos para herdabilidade no sentido restrito, resultados de alta magnitude para NNF (97,33%), APF (76,76%) e NDF (86,79%). O caráter número de dias para florescimento e para maturidade são determinantes para o ciclo vegetativo e total, os quais são importantes para previsões sobre a precocidade dos genótipos, frequentemente almejada em programas de melhoramento de soja.

A possibilidade de previsão do ganho de seleção é uma das principais contribuições da genética quantitativa ao melhoramento. Usando de base essas informações, é possível orientar de maneira eficaz o programa de melhoramento, prever o sucesso do método de seleção adotado e determinar cientificamente quais técnicas podem ser mais efetivas (HAMAWAKI et al., 2012). A partir da estimativa dos parâmetros genéticos, verificou-se a possibilidade de sucesso na seleção de genótipos superiores na geração F2. Assim, estimou-se o ganho de seleção obtido na população de selecionados, como dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3:** Predição de ganho de seleção e média predita para caracteres agronômicos em soja, proveniente de seleção em população F2 obtida pela hibridação entre Embrapa 48 x UFUS Tikuna.

<b>Caracteres</b>	$\bar{x}_{F2}$	$\bar{x}_s$	<b>GS(%)</b>	<b>média predita para o 1º ciclo após seleção</b>
<b>APF (cm)</b>	95,21	132,01	29,66	123,46
<b>APM (cm)</b>	115,89	153,76	22,5	141,96
<b>NNF</b>	12,14	14,2	16,51	14,15
<b>NNM</b>	14,03	16,23	0,62	14,12
<b>NDF (dias)</b>	39,45	32,63	-14,99	33,53
<b>NDM (dias)</b>	115,46	101,33	-7,76	106,49
<b>PG (g)</b>	10,27	15,15	4,38	10,72
<b>NVT</b>	30,8	46,15	3,31	31,83

$\bar{x}_{f2}$ : média original da f2;  $\bar{x}_s$ : média dos indivíduos selecionados; GS(%): ganho de seleção em %; APM: altura de planta na maturação(cm); APF: altura de planta no florescimento(cm); NNF: número de nós no florescimento; NNM: número de nós na maturação; NDF: número de dias para florescimento; NDM: número de dias para maturidade; PG: produção de grãos por plantas(g); NVT: número vagem totais.

Os maiores ganhos de seleção foram encontrados para os caracteres altura de planta no florescimento (29,66%), altura de planta na maturidade (22,5%), número de nós no florescimento (16,51%), número de dias para o florescimento (-14,99%). Sendo esses caracteres importantes e relacionados à produtividade de soja. Teixeira et al. (2017) observaram ganho de 31,99% em população segregante F2 para número de vagens, indicando a possibilidade de obter ganhos com a seleção em gerações iniciais. Resultado diferente do presente estudo que teve apenas 3,31% ganho de seleção para número de vagens totais, o que pode ser explicado pela variância ambiental ser maior que a genética.

Na Tabela 3 para os caracteres NDF e NDM, foram selecionados os indivíduos com menores valores, por isso o ganho de seleção negativo. O ganho está diretamente relacionado com a diferença da média do grupo selecionado e da média da população original. Quanto mais variada for uma população, maiores as chances de ganho de seleção, devido a este se basear em

diferenças genéticas. Entretanto, alta pressão seletiva gera um risco maior de redução da variabilidade genética, o que pode prejudicar o ganho em ciclos sucessivos (HAMAWAKI et al., 2012).

Na Tabela 4 estão dispostos os dados dos 63 melhores genótipos para cada característica, e também o ganho de seleção e a média dos genótipos que foram selecionados para os caracteres de número de dias para florescimento (NDF), número de dias para maturidade (NDM), produção de grãos (PG) e número de vagens totais (NVT).

**Tabela 4:** Indivíduos selecionados na população F2 de soja, proveniente do cruzamento de Embrapa 48 com UFUS Tikuna, média dos indivíduos selecionados e ganho de seleção (%) de caracteres agrônômicos.

Indivíduos selecionados	NDF (Dias)	Indivíduos selecionados	NDM (Dias)	Indivíduos selecionados	PG (g)	Indivíduos selecionados	NVT
1	31	1	95	5	14	8	47
2	32	2	96	8	14	9	40
3	33	3	102	9	12	10	36
4	30	4	87	10	12	11	44
5	34	5	109	11	14	12	47
6	35	6	105	12	14	15	42
7	35	7	107	15	12	16	46
11	30	8	109	16	18	18	70
15	36	11	103	18	22	24	45
17	29	15	108	24	15	29	52
18	35	17	86	28	12	32	58
24	31	22	102	29	24	37	42
27	30	23	85	37	15	38	41
28	32	24	102	38	13	41	43
30	29	25	107	42	15	43	38
31	32	27	103	43	14	45	36
33	29	28	103	45	15	46	49
34	30	30	102	46	19	50	43
39	30	31	103	49	12	54	44
41	34	33	102	50	15	56	44
42	33	34	96	54	14	57	55
44	32	39	85	56	19	61	45
45	34	41	96	57	13	63	43
50	36	46	109	63	12	74	39
52	32	48	103	64	12	75	36
55	29	50	108	67	14	76	57
58	33	55	95	69	14	78	51
62	34	58	95	71	12	92	47
63	34	62	94	76	15	97	43
66	31	65	108	78	14	100	42
68	33	66	95	80	12	102	64

Continuação Tabela 4:

Indivíduos selecionados	NDF (Dias)	Indivíduos selecionados	NDM (Dias)	Indivíduos selecionados	PG (g)	Indivíduos selecionados	NVT
73	30	81	107	92	14	110	59
80	35	83	107	98	12	119	39
81	35	85	108	100	14	121	53
83	32	94	104	101	12	122	45
87	35	107	101	102	16	123	46
92	35	109	101	103	13	124	50
97	31	116	103	104	13	125	47
107	30	123	102	110	17	127	40
109	32	126	102	120	13	128	58
111	34	127	102	121	17	133	44
116	32	137	101	122	13	134	40
128	35	138	100	124	20	135	48
130	35	139	103	125	12	149	46
137	35	140	102	128	26	150	47
138	33	145	95	133	14	151	43
145	31	146	107	134	16	152	39
146	32	149	101	135	19	154	36
147	32	156	108	144	13	160	35
156	33	158	101	146	13	161	45
157	33	166	102	147	13	164	43
164	31	174	95	151	19	176	62
167	32	177	102	152	14	180	44
174	35	179	103	160	14	183	53
179	31	182	95	161	15	184	37
182	33	185	106	164	17	187	58
184	31	186	107	167	13	192	39
185	33	193	102	176	17	196	48
191	35	194	101	183	24	199	36
194	35	204	106	196	14	202	38
202	35	207	102	203	14	205	38
Media dos selecionados:	32,63	Media dos selecionados:	101,33	Media dos selecionados:	15,15	Media dos selecionados:	46,15
Ganho de seleção %:	-14,99	Ganho de seleção %:	-7,76	Ganho de seleção %:	4,38	Ganho de seleção %:	3,31

NDF: número de dias para florescimento; NDM: número de dias para maturidade; PG: produção de grãos por plantas(g); NVT: número vagem totais.

Na tabela 4 a média dos 63 genótipos selecionados para a característica de número de dias para florescimento foi de 32,63 dias, essa média dos selecionados possibilita um ganho de seleção de -14,99%; para número de dias para maturidade a média dos selecionados foi de 101,33 dias possibilitando um ganho de -7,76%; para produção de grãos por planta a média dos selecionados foi de 15,15 gramas gerando ganho de seleção de 4,38%; para número de vagens totais por planta a média dos selecionados foi de 46,15 vagens o que gerou um ganho de seleção

de 3,31%. Teixeira et al. 2017 obtiveram resultados de ganho de seleção de -10,10% para NDF, de -4% para NDM, de 31,99% para NVT e de 29,54% para PG.

Na Tabela 5 estão dispostos os dados dos 63 melhores genótipos para cada característica, e também o ganho de seleção e a média dos genótipos que foram selecionados para os caracteres de número de nós na haste principal no florescimento (NNF), altura de planta no florescimento (APF), altura da planta na maturidade (APM), número de nós na haste principal na maturidade (NNM).

**Tabela 5:** Indivíduos selecionados na população F2 de soja, proveniente do cruzamento de Embrapa 48 com UFUS Tikuna, média dos indivíduos selecionados e ganho de seleção (%) de caracteres agrônômicos.

Indivíduos selecionados	APF (cm)	Indivíduos selecionados	APM (cm)	Indivíduos selecionados	NNF	Indivíduos selecionados	NNM
8	137	8	145	5	13	5	15
9	130	9	148	8	13	8	15
12	119	14	163	9	17	9	18
14	135	15	140	10	14	12	16
15	117	16	142	12	14	14	15
16	130	18	164	14	14	23	19
18	136	19	145	16	14	29	17
19	125	20	144	18	13	32	17
20	130	21	157	21	15	37	15
21	150	22	167	22	15	41	16
23	190	23	223	23	18	45	15
26	126	26	148	29	15	49	15
29	140	29	157	32	14	53	15
32	155	32	190	35	14	54	15
37	146	35	140	37	13	56	16
38	127	37	170	38	14	57	15
40	140	40	154	40	13	64	15
43	128	44	140	43	15	67	16
49	126	53	160	49	13	71	16
53	150	54	140	53	14	74	15
56	129	56	158	54	13	75	16
57	156	57	180	56	14	76	15
60	113	59	142	64	13	77	16
64	144	60	143	67	13	78	16
65	117	64	167	69	13	80	15
69	122	65	145	71	14	82	19
75	140	69	145	72	14	87	15
77	115	75	160	75	14	96	18
78	138	77	137	76	13	99	16
82	130	78	151	77	15	101	15

Continuação Tabela 5:

Indivíduos selecionados	APF (cm)	Indivíduos selecionados	APM (cm)	Indivíduos selecionados	NNF	Indivíduos selecionados	NNM
91	128	89	161	82	15	103	18
96	139	91	140	96	14	104	16
97	126	96	140	97	14	105	16
99	158	97	150	99	14	106	17
100	131	99	186	102	13	110	16
101	114	100	152	103	13	113	17
102	126	102	145	105	15	114	16
103	135	103	153	110	15	118	17
105	125	106	145	114	14	119	16
106	129	108	147	118	16	121	17
108	124	110	174	121	15	124	16
110	160	113	142	124	14	126	16
113	120	114	146	128	13	128	15
114	135	118	143	134	13	129	18
118	131	120	173	150	15	134	15
120	143	121	176	153	14	142	20
121	150	124	167	154	16	149	16
124	144	125	138	160	14	150	18
128	124	128	146	168	15	151	17
129	116	129	150	170	14	154	16
134	133	134	143	172	14	155	16
136	120	136	158	175	16	160	16
150	120	143	150	180	14	170	16
154	137	150	143	187	15	175	16
155	117	154	151	189	14	180	16
160	128	155	157	190	16	181	16
168	116	156	171	196	14	187	18
169	121	160	146	197	14	189	16
170	116	169	140	203	14	190	17
175	131	175	145	205	15	205	17
190	120	181	147	208	14	208	19
Media dos selecionados:	132,01	Media dos selecionados:	153,76	Media dos selecionados:	14,20	Media dos selecionados:	16,23
Ganho de seleção %:	29,66	Ganho de seleção %:	22,5	Ganho de seleção %:	16,51%	Ganho de seleção %:	0,62

APF: altura planta no florescimento; APM: altura planta na maturidade; NNF: número de nós no florescimento; NNM: número de nós na maturidade.

Na parte inferior da Tabela 5 estão as médias dos 63 genótipos selecionados e o ganho de seleção para cada característica. Teixeira et al. 2017 obtiveram resultados de ganho de seleção de 10,62% para APM e de 4,02% para NNM. Neste estudo (Tabela 5), a média dos 63 genótipos selecionados para a característica de altura de planta no florescimento foi de 132,01 centímetros, possibilitando ganho de seleção de 29,66%; para altura da planta na maturidade a



média dos selecionados foi de 153,76 centímetros, gerando um ganho de seleção de 16,51%; para número de nós na haste principal no florescimento a média dos selecionados foi de 14,2 nós, essa média dos selecionados possibilita um ganho de seleção de 16,51%; para número de nós na haste principal na maturidade a média dos selecionados foi de 16,23 nós, possibilitando ganho de seleção de 0,62%.

Nas tabelas 4 e 5 estão dispostos os dados dos 30% melhores genótipos para cada característica (APF, APM, NNF, NNM, NDF, NDM, PG, NVT) de um total de 213 indivíduos, ou seja, foram selecionadas as 63 plantas mais bem avaliadas em cada característica.

Analisando as Tabelas 4 e 5, é perceptível que os genótipos 5, 8, 11, 15, 24, 28, 42, 46, 50, 101, 146 se destacaram, pois foram selecionados tanto entre os 30% com maior peso de grãos, como também entre os 30% com menor número de dias para maturidade, devido à combinação destas características eles são prováveis genótipos promissores.

Outro genótipo que se destacou, foi o 128, por ser a planta que produziu maior peso de grãos (26g) e estar selecionada entre os 30% melhores para quase todas as características avaliadas, exceto para número de dias para maturidade, o qual seu ciclo foi de 120 dias.

Também é perceptível que os genótipos 9, 29, 37, 56, 64, 78, 102, 103, 110, 121, 124, 134, 160, se destacaram bastante, sendo selecionados em todos os caracteres, exceto para número de dias para florescimento e número de dias para maturidade. Indicando que são materiais produtivos, mas que não estão entre os mais precoces.

## 5 CONCLUSÕES

A população segregante oriunda da hibridação entre Embrapa 48 e UFU Tikuna permitiu estimar parâmetros genéticos úteis para o melhoramento de soja, cujas estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram superiores a 70% para os caracteres APM (71,15%), APF (80,72%), NDF (87,90%) e NDM (71,51%).

Na população segregante originada do cruzamento Embrapa 48 e UFU Tikuna foi possível selecionar 11 genótipos superiores para produção de grãos e ciclo cujas médias dos selecionados foram respectivamente de 15,15 gramas por planta e 101,33 dias para maturidade.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 7. ed. Viçosa: Editora UFV. 2017. 523 p.
- CASTRO, C. de, et al. População de plantas no rendimento de óleo e proteína em soja cultivada no cerrado. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 1, p. 1-20, 2023.
- CHAVARRIA, G. et al. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1387-1393, 2015.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Companhia Nacional de Abastecimento**. V. 9 - SAFRA 2021/22 - N. 12 - Décimo segundo levantamento, 2022.
- COUTINHO, F. S. et al. Remodeling of the cell wall as a drought-tolerance mechanism of a soybean genotype revealed by global gene expression analysis. **Abiotech**, v. 2, p. 14-31, 2021.
- CRUZ, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético. **Viçosa: UFV, Imprensa Universitária**. 514p, 2012.
- DONG, Lidong et al. Genetic basis and adaptation trajectory of soybean from its temperate origin to tropics. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 5445, 2021.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. New York: Longman, 464 p. 1996.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Iowa State University. **Coop. Ext. Ser. Spec. Rep**, v. 80, 1977.
- FOLLMANN, D. N. et al. Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 213-221, 2017.
- GATUT-WAHYU, A. S. et al. Mode of inheritance of genes control maturity in soybean. **ARPN J. Agric. Biol. Sci**, v. 9, n. 5, p. 178-182, 2014.
- GLASENAPP, J. S. et al. Diversidade de características agronômicas e moleculares em cultivares de soja com diferentes graus de resistência à *Phakopsora pachyrhizi*. **Bioscience J**, v. 31, p. 25-36, 2015.
- GONCALVES, S. L. Impactos da deficiência hídrica e de altas temperaturas na produtividade da soja no estado do Paraná, safra 2018/2019. **Embrapa Soja - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2019.
- HAMAWAKI, O. T. et al. Genetic parameters and variability in soybean genotypes. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 2, p. 76-83, 2012.

HIGASHI, W. H.; BABA, K. J.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; MIRANDA, L. C. Cultivar de soja Embrapa 48. **Londrina: Embrapa Soja**, 1999.

LEITE, W. de S. et al. Genetic parameters estimation, correlations and selection indexes for six agronomic traits in soybean lines F8. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 302-310, 2016.

LIMA, L. L. et al. Proteomic and Metabolomic Analysis of a Drought Tolerant Soybean Cultivar from Brazilian Savanna. **Crop Breeding, Genetics and Genomics**, v. 1, n. 2, 2019.

MARINHO, J. P. et al. Análise da expressão de genes induzidos por déficit hídrico em soja. **Londrina: Embrapa Soja**, 2015.

MESQUITA, R. O. et al. Physiological approach to decipher the drought tolerance of a soybean genotype from Brazilian savana. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 151, p. 132-143, 2020.

NOGUEIRA, A. P. O. et al. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal (Online)**, p. 877-888, 2012.

OYA, T. et al. Drought Tolerance Characteristics of Brazilian Soybean Cultivars—Evaluation and characterization of drought tolerance of various Brazilian soybean cultivars in the field—. **Plant Production Science**, v. 7, n. 2, p. 129-137, 2004.

PRADO, E. E. do et al. Adaptability and stability of soybean cultivars in five planting dates in the Rondonian Cerrado, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 625-635, 2001.

SANTOS, E. L. dos et al. Níveis de disponibilidade hídrica sobre componentes de produção e rendimento de cultivares de soja. **Global Science and technology**, v. 7, n. 3, p. 1-11, 2014.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. **A soja**. 1. ed. Londrina: Editora Mecenaz LTDA, v. 1, p. 11-18, 2016.

SILVA, A. F. da et al. O sombreamento e densidade modificam a eficiência do uso da radiação, crescimento e produtividade da soja. **Agrometeoros**, v. 29, 2021.

TEIXEIRA, F. G., HAMAWAKI, O. T., NOGUEIRA, A. P. O., HAMAWAKI, R. L., JORGE, G. L., HAMAWAKI, C. L., ... & SANTANA, A. J. O. Genetic parameters and selection of soybean lines based on selection indexes. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, 2017.

TEXEIRA, L. R. et al. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato contendo polietileno glicol. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 217-223, 2008.

VIANNA, M. S. et al. Selection of lineages, genetic parameters, and correlations between soybean characters. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 5, p. 1300-1314, 2019.

VISSCHER, P. M.; HILL, W. G.; WRAY, N. R. Heritability in the genomics era - concepts and misconceptions. **Nature reviews genetics**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 255, 2008.

YOSHIDA, T.; MOGAMI, J.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. ABA-dependent and ABA-independent signaling in response to osmotic stress in plants. **Current opinion in plant biology**, v. 21, p. 133-139, 2014.

ZHANG, J.; SONG, Q.; CREGAN, P. B.; NELSON, R. L.; WANG, X.; WU, J.; JIANG, G. L. Genome-wide association study for flowering time, maturity dates and plant height in early maturing soybean (*Glycine max*) germplasm. **BMC genomics**, v. 16, n. 1, p. 217, 2015.