



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

**KAINAN RIEDSON OLIVEIRA BRITO**

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA TOLERANTES À SECA  
PRODUZIDOS NO MARANHÃO.**

IMPERATRIZ

2021



**KAINAN RIEDSON OLIVEIRA BRITO**

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA TOLERANTES À SECA  
PRODUZIDOS NO MARANHÃO.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica. Orientadora: Dra. Anatercia Ferreira Alves.

IMPERATRIZ

2021

B862i

Brito, Kainan Riedson Oliveira

Identificação de genótipos de soja tolerantes à seca produzidos no maranhão / Kainan Riedson Oliveira Brito. – Imperatriz, MA, 2022.

30 f. ; il.

Monografia (Curso de Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

1. Cultura de soja. 2. Glycine max (L) Merrill. 3. Adubação. I. Título.

CDU 631

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Raniere Nunes da Silva CRB13/729**



**KAINAN RIEDSON OLIVEIRA BRITO**

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA TOLERANTES À SECA  
PRODUZIDOS NO MARANHÃO.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.  
Orientadora: Dra. Anatercia Ferreira Alves.

**Aprovado em:** 13 de outubro de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

*Anatercia F. Alves*

---

**Prof<sup>a</sup> Dra. Anatercia Ferreira Alves**

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
Orientadora

*Thatyane Pereira de Sousa*

---

**Prof<sup>a</sup> Dra. Thatyane Pereira de Sousa**

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
Membro 1

*Nara Priscila Barbosa Bravim*

---

**Prof. Msc. Nara Priscila da Silva Barbosa Bravim**

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
Membro 2

IMPERATRIZ

2021



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

Aos meus familiares, em especial é minha mãe.

**DEDICO.**



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida e por todas as experiências maravilhosas que ele tem me proporcionado. À minha família por todo o apoio e ajuda durante o meu período de graduação. Em especial minha mãe Rejane, que sempre esteve ao meu lado me apoiando em todos os momentos, nunca deixando faltar amor e carinho. À minha irmã Suzana por todo o apoio e motivação, ao meu sobrinho Caio, que mesmo sendo tão pequeno tem enchido nossos corações de amor, e a minha tia Maria de Fátima.

À minha orientadora Dra. Anatercia Ferreira Alves por todas as oportunidades, ensinamentos, sugestões e amizade durante o meu período de graduação. E a Euzy pelo apoio e por toda a ajuda durante a execução do trabalho. A todos os professores da UEMASUL que tanto contribuíram para formar excelentes profissionais para o mercado de trabalho.

Aos meus colegas da Engenharia Agrônômica, em especial a Isabela Oliveira que se tornou uma irmã, de coração. A Leticia Nunes e Leonardo Silva, que estiveram comigo desde o início da graduação, me ajudando em todas as dificuldades nas mais diversas situações dentro da Universidade.

As minhas amigas Isabela Barreto, Talita Lima e Iasmyn Silva, que nunca deixaram de me apoiar e de me incentivar a correr atrás dos meus sonhos. Ao Isac, Jair Cafeszeiro, Felipe, Gustavo, Antônio, João Gabriel, e especialmente ao João Antônio, que infelizmente não está mais entre nós devido a pandemia na qual estamos vivendo, mas ele ainda vive em nossos corações.

A todos os meus amigos pelo incentivo e amizade.

E, enfim, a todos que me ajudaram a chegar até aqui, minha profunda gratidão.



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

“A sabedoria da natureza é tal que não produz nada de  
supérfluo ou inútil.”

Nicolau Copérnico.



## RESUMO

A cultura da soja apresenta-se como uma relevante importância econômica em muitos países, ocupa posição de destaque na economia brasileira, justificando a necessidade de pesquisas. Considerando que grande parte das áreas de cultivo com a cultura são feitas sem o uso de irrigação, os riscos no processo produtivo são elevados em função das restrições hídricas. Assim, o objetivo deste trabalho é selecionar genótipos de soja com resistência a diferentes níveis de estresse hídrico. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três genótipos e três tratamentos, em cinco repetições. As sementes foram plantadas em vasos plásticos de 7,5dm<sup>3</sup> preenchidos com solo. A adubação de base foi realizada no mesmo dia do plantio. As plantas foram irrigadas pela manhã e tarde. Os tratamentos foram: tratamento irrigado, seca moderada com irrigação a cada seis dias e seca severa com irrigação a cada 12 dias. Após 24 dias foi realizado a coleta das plantas em cada tratamento para avaliação dos seguintes parâmetros: altura da planta; diâmetro do caule; número de folhas e número de folíolos. Posteriormente, as plantas foram retiradas do solo e lavadas com água destilada para medição do comprimento das raízes e, divididas em raiz, caule e folha para a determinação da massa fresca e massa seca. Após as análises, foi observado que o estresse hídrico é um fator que prejudica drasticamente o desenvolvimento das plantas. O genótipo TMG2383 I PRO obteve resultados significativos em relação as condições de ambiente a partir dos parâmetros analisados. Os genótipos FT4 I PRO E SYN I PRO mostraram-se resistentes a falta de água, mas o desenvolvimento da planta durante a fase reprodutiva foi afetado, reduzindo o diâmetro do caule, altura da planta, número de folhas e folíolos. O genótipo TMG2383 I PRO dentre os analisados, foi que obteve melhor desenvolvimento, mostrando- se resistente a baixa disponibilidade hídrica.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L) Merrill. Cultivares. Resistência ao estresse hídrico.



## ABSTRACT

Soybean culture presents itself as a relevant economic importance in many countries, occupying a prominent position in the Brazilian economy, justifying the need for research. Considering that a large part of the cultivation areas with the crop are made without the use of irrigation, the risks in the production process are high due to water restrictions. Thus, the objective of this work is to select soybean genotypes with resistance to different levels of water stress. The experiment was carried out in a completely randomized design, with three genotypes and three treatments, in five replications. Seeds were planted in 7.5dm<sup>3</sup> plastic pots filled with soil. Base fertilization was carried out on the same day as planting. Plants were irrigated in the morning and afternoon. The treatments were: irrigated treatment, moderate drought with irrigation every six days and severe drought with irrigation every 12 days. After 24 days, the plants were collected in each treatment to evaluate the following parameters: plant height; stem diameter; number of leaves and number of leaflets. Subsequently, the plants were removed from the soil and washed with distilled water to measure the length of the roots, and divided into root, stem and leaf for the determination of fresh and dry mass. After the analyses, it was observed that water stress is a factor that drastically impairs plant development. The TMG2383 I PRO genotype obtained significant results regarding the environmental conditions from the analyzed parameters. The FT4 I PRO and SYN I PRO genotypes were resistant to water shortage, but plant development during the reproductive phase was affected, reducing stem diameter, plant height, number of leaves and leaflets. Among those analyzed, the TMG2383 I PRO genotype had the best development, being resistant to low water availability.

**Keywords:** Glycine max (L) Merrill. Cultivate. Drought resistance.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. JUSTIFICATIVA.....	12
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4.1 Aspectos culturais da soja no Brasil.....	13
4.2 Importância econômica.....	14
4.3 O estresse hídrico na cultura da soja.....	15
4. METODOLOGIA.....	17
4.1 Local de execução do projeto.....	17
4.2 Execução do experimento.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....;	19
6. CONCLUSÕES.....	25
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
9. ANEXOS.....	29



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Nome dos genótipos utilizados, quantidade de tratamentos para cada genótipo equantidade de repetições para cada tratamento.....	18
<b>Tabela 2</b> - Resumo da análise de variância do número de folhas (NF), número de folíolos (NFLI). comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), parte aérea fresca (PFA), parte fresca da raiz (PFR), parte aérea seca (PSA) e parte seca da raiz (PSR).....	19
<b>Tabela 3</b> - Dados médios de número de folhas (NF), número de folíolos (NFLI). comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), parte aérea fresca (PFA), parte fresca da raiz(PFR), parte aérea seca (PSA) e parte seca da raiz (PSR) referente aos tratamentos avaliados.....	20
<b>Tabela 4</b> - Dados médios de genótipos para número de folhas (NF), número de folíolos (NFLI).comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), parte aérea fresca (PFA), partefresca da raiz (PFR), parte aérea seca (PSA) e parte seca da raiz (PSR) dos genótipos.....	20



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Resultado da interação entre o número de folhas (A), número de folíolos (B), Comprimento da parte aérea (C), comprimento da raiz (D)..... 22
- Figura 2** - Resultado da interação entre o peso da parte aérea fresca (A), peso da raiz fresca (B), peso da parte aérea seca (C) e peso da raiz seca (D)..... 23

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja oferece benefícios valiosos como produto, pois a composição das suas sementes compreende altos teores de proteínas e lipídios, com grande quantidade de ácidos insaturados, por essa razão há grande utilização desse vegetal na nutrição humana e animal (CHUFFA et al., 2014). Assim o aumento da área de produção de soja vem crescendo em todas as regiões do País, principalmente no Nordeste, um dos territórios que possui maiores concentrações de solos salinos e pequenos índices pluviométricos (CIRILO et al. 2010).

O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja no Brasil sempre esteve atrelado aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo. Com a criação da Embrapa Soja o avanço da cultura teve uma evolução mais rápida, principalmente devido às técnicas de melhoramento genético de cultivares adaptadas às diferentes condições de solo e climáticas dos principais estados produtores (EMBRAPA, 2004).

O cultivo da soja na região nordeste no Brasil situa-se em uma grande área geográfica com significativas variações de temperatura e luminosidade. Em determinadas épocas do ano, esses fatores tornam-se desfavoráveis ao desenvolvimento da planta, causando diversos problemas como redução no porte das plantas e baixa inserção das vagens inferiores (PEREIRA et al., 2011).

Para evitar prejuízos que possam afetar a cultura durante o seu desenvolvimento, um dos caminhos viáveis que a ciência agrícola encontrou foi a determinação de épocas de máxima produtividade para as cultivares a serem utilizadas pelos produtores. Após numerosos experimentos, em vários locais e anos, foi constatado que a época ideal de semeadura no Nordeste e Sul do Maranhão, é entre novembro e janeiro (PEREIRA et al., 2011).

Um dos fatores mais importantes dentro da produção agrícola é a disponibilidade de água, visto que uma disponibilidade hídrica adequada para a planta auxilia seus processos metabólicos e fotossintéticos. Entretanto, quando esses ambientes apresentam déficit de água para a manutenção hídrica, o desenvolvimento das cultivares pode ser afetado, muitas vezes de forma severa, podendo ocasionar a perda (FIOREZE, et al., 2011).

Considerando a importância socioeconômica da soja em escala mundial, torna-se imprescindível a realização de estudos voltados para a investigação do desempenho de cultivares capazes de se adaptarem às condições ambientais adversas e reduzir as perdas de produtividade, principalmente decorrente dos períodos de seca.



Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as principais características de desenvolvimento de cultivares de soja, quando submetidas a situações de déficit hídrico, desde o moderado até o severo, em casa de vegetação.

## 2 JUSTIFICATIVA

As áreas cultivadas e a produtividade da soja vêm crescendo anualmente, o que proporciona um incremento na produção. Os desafios para sustentar este crescimento reflete-se principalmente em determinadas regiões do país como o Norte e Nordeste, que ainda sofrem com o fenômeno da escassez hídrica que vem sendo considerado como uma das principais barreiras para a produção da soja, uma vez que a falta de água afeta negativamente a produtividade desta cultura, principalmente quando ocorre entre os estágios de emergência e de enchimento dos grãos.

Quando o estresse é relacionado aos estádios de desenvolvimento da soja, em fase reprodutiva, a cultura tende a sofrer mais danos irreversíveis referentes ao estresse quando comparados ao estágio vegetativo (KRON et al., 2008). Nas fases iniciais de formação da vagem, no início e fim da formação das sementes o estresse age de forma mais agressiva dentro do estágio reprodutivo (DOMUTA et al., 2018).

Assim, a irrigação vem sendo uma alternativa para obtenção de boas produtividades para a maioria das culturas. No entanto, ainda são poucas as áreas de cultivo de soja que são irrigadas, tornando-se importante a realização de estudos para avaliar o desempenho de cultivares de soja sob condições variadas de estresse hídrico, bem como a seleção destas cultivares com boa adaptabilidade às condições hídricas do estado do Maranhão.

Este trabalho justifica-se devido a busca de informações sobre a necessidade hídrica de uma das principais culturas de interesse econômico para a região Sudoeste do estado Maranhão, auxiliando os produtores e técnicos na escolha das cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas deste estado.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos gerais da cultura da soja no Brasil

O primeiro registro do cultivo da soja no Brasil ocorreu em 1882 por Gustavo D'utra, professor da Faculdade de Agronomia de Cruz das Almas localizada na Bahia, porém as tentativas de produção comercial da cultura não obtiveram sucesso, devido principalmente, as variedades soja existentes pelo mundo serem adaptadas somente a climas frios e temperados com latitude 30° C (GAZZONE & DALL'AGNOL, 2018).

No ano de 1981 foram realizados testes em variedades de soja pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC-SP), onde ocorreram análises da capacidade da cultura para o seu plantio como planta forrageira para alimentação de gado, a partir daí sementes de soja foram distribuídas pelo IAC para produtores rurais. A cultura da soja somente teve êxito no cenário agrícola brasileiro quando foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul, onde o clima que prevalece é o subtropical, sendo utilizado apenas para o consumo animal (GAZZONE & DALL'AGNOL, 2018).

Os primeiros aparecimentos de plantio comercial da soja ocorreram em 1924 no município de Santa Rosa no estado do Rio Grande do Sul, e em meados de 1940. Em 1941 ocorreu o primeiro registro de plantio comercial de soja, no Anuário Agrícola do RS, com área cultivada de 640 ha, produção de 450t e rendimento de 700 kg/ha (GAZZONE & DALL'AGNOL, 2018).

A produção de soja cresceu comercialmente em 1960, quando o Brasil também iniciava um esforço para produção de suínos e aves, gerando uma demanda maior para a produção da cultura. Desde a explosão do preço da soja no mercado internacional, em 1970, o Brasil começou a investir em novas tecnologias para a produção da cultura, principalmente por conta do escoamento da safra brasileira que ocorre na entressafra americana, trazendo benefícios para a economia brasileira (EMBRAPA, 2013).

Na década de 1960 a soja obteve um grande crescimento econômico do país, tornando-se uma das principais culturas que movimentavam a economia do país, Entretanto, foi na década seguinte que a soja se consolidou como a principal lavoura do agronegócio brasileiro, sua produção passou de 1,5 milhões de toneladas em 1970 para mais de 15 milhões de toneladas no

ano de 1979, devido ao aumento da área cultivada (1,3 milhões de hectares para 8,8 milhões de hectares) e também expressivo incremento da produtividade que subiu de 1.140 kg/ha para 1.730 kg/ha (DALLAGNOL, 2011).

Apesar desse crescimento significativo, soja para a alimentação humana ainda é algo muito restrito no Brasil, simplesmente pelo fato da cultura ainda não fazer parte do hábito alimentar de boa parte dos brasileiros, apenas 3,5% da produção em média é destinada ao consumo humano, o mesmo é observado em países orientais (MANDARINO, 2017).

### **3.2 Importância econômica**

A soja é considerada a principal fonte de proteína para a produção animal, a produtividade da cultura tem crescido de forma suficiente para atender a demanda total por esse produto no país. Entre o período de 1980 e 2005 a produção expandiu-se em 174,3 milhões de toneladas, ou 2,8 vezes em uma base mundial (PINAZZA, 2007).

Segundo Dall'agnol (2015), o crescimento mais expressivo da soja no Brasil ocorreu entre o período 1970 e 2011, onde houve um grande crescimento na área plantada, produção e produtividade. O crescimento nesse período foi de 1.762% para a área (1,3 para 24,2 milhões de hectares), 4.907% para a produção (1,5 para 75,1 milhões de toneladas) e 271% para a produtividade (1.144 kg/ha para 3.106 kg/ha).

As taxas médias anuais da soja no ano de 1980 eram de 3%, em 1990 as taxas anuais aumentaram para 5,5%, a partir de então, uma nova aceleração na porcentagem foi observada na taxa de crescimento mundial do consumo de soja, que nos anos seguintes cresceu para uma taxa média anual de 5,6%, com pico de 10,4% no ano comercial de 2004/2005 (PINAZZA, 2007).

Em 1980 também é observado um comportamento similar na demanda mundial pelo óleo de soja, que acelerou 3,9% ao ano, vindo ter um crescimento nos anos 1990 quando chegou a uma taxa anual de 5,9%, chegando a um ritmo de crescimento da demanda atingindo a taxa anual de 6,7%. Embora ainda seja uma base pequena de comparação, é observado que o uso industrial do óleo de soja, desde o começo da década de 1980 até o ano de 2005, cresceu 5,3 vezes, enquanto o consumo tradicional aumentou 3,2 vezes (PINAZZA, 2007).

O preço da soja no mercado internacional em meados da década de 1970 foi o que impulsionou o cultivo da soja no Brasil, iniciando-se na região sul do país, onde foi observado uma boa adaptação das cultivares introduzidas dos Estados Unidos. O elevado preço local das terras foi um obstáculo para os produtores para a ampliação do cultivo, o que fez com que os

produtores venderem suas propriedades para comprar áreas maiores no Paraná, no Paraguai e na região do Cerrado, onde a terra era mais barata e abundante para a produção (DALLAGNOL, 2016).

As cultivares introduzidas dos Estados Unidos e cultivadas no sul do Brasil, não se adaptaram às baixas latitudes do Cerrado e não havia outro lugar onde se pudesse encontrar cultivares de soja adaptadas às condições tropicais brasileiras. Os pesquisadores brasileiros, buscaram desenvolver variedades adaptadas a região, o que foi conseguido incorporando características genéticas (período juvenil longo) que inibem o florescimento precoce da soja em condições de baixa latitude, resultando em cultivares perfeitamente adaptadas às condições do Cerrado (DALLAGNOL, 2016).

Em 7 de setembro de 1972 foi homologada a criação da Embrapa soja através da lei 5.851/72 e suas atividades foram iniciadas no dia 26 de abril de 1976 após a aprovação dos estatutos da empresa. A posse da primeira Diretoria foi do Presidente José Irineu Cabral e Diretores-Executivos: Eliseu Roberto de Andrade Alves, Edmundo da Fontoura Gastal e Roberto Meirelles de Miranda, que logo foi substituído por Almiro Blumenschein. Entretanto, a empresa só foi de fato criada e começou a realizar operações dia 16 de abril de 1975 (DALLAGNOL, 2016).

A participação do Cerrado (região tropical) na produção nacional de soja passou de 14% para 61%, de 1980 para 2015: 2,1 milhões de toneladas em 1980 vs. 57,9 milhões de toneladas em 2015, um salto de quase 28 vezes em 35 anos. A produção na região Sul (subtropical) também cresceu, mas apenas cerca de 3 vezes (11,7 milhões de toneladas em 1980 vs. 36,2 milhões de toneladas em 2015 (DALLAGNOL, 2016).

Segundo a Embrapa, atualmente a soja é uma cultura que gera muita renda para os produtores e uma das cultivares que mais movimentam a economia do país. Análises de viabilidade feitas anualmente pela empresa indicam ganhos positivos para o produtor com o cultivo da soja na safra 2020/2021. No entanto, os preços que são praticados no mercado, no momento da comercialização não podem estar abaixo do preço de nivelamento, para que se obtenha renda positiva.

### 3.3 O estresse hídrico na cultura da soja

Um dos principais fatores que geram estresse nas plantas e afetam a sua produtividade é o déficit hídrico, é comum durante o desenvolvimento da planta ocorrer deficiência hídrica, causando a redução temporária do crescimento da biomassa. Déficit hídricos ocorrem principalmente durante a estação de seca, quando a água do solo não está disponível para a planta por dias, semanas ou até meses, fator esse que causa um decréscimo nas atividades fisiológicas (CAVALCANTE, 2009).

O uso de técnicas e estratégias de irrigação mais eficientes como o déficit hídrico controlado pode ajudar a reduzir a utilização de água e energia elétrica. Com a redução da utilização desses recursos, os custos de produção da soja podem ser bem menores para o produtor (GAVA et al., 2015).

A água faz parte de aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos. O efeito da deficiência hídrica na produção depende da época de ocorrência e de sua severidade. O efeito da deficiência hídrica durante a produção depende da época de ocorrência e da severidade. Em soja, durante as fases de germinação e emergência, diminui o estande de plantas (CASAGRANDE et al., 2001).

O período reprodutivo da soja é o mais sensível ao déficit hídrico, porém a necessidade pela água aumenta conforme o desenvolvimento da planta com o passar do tempo, essa necessidade atinge o máximo durante o florescimento-enchimento dos grãos, e posteriormente é observado um decréscimo na necessidade hídrica da planta (BARBOSA et al., 2015).

A tolerância à seca como uma característica poligênica considerada difícil de ser trabalhada no melhoramento genético clássico, atualmente poucos programas de melhoramentos genéticos se importam com essa característica, fazendo com que poucas cultivares resistentes ao déficit hídrico sejam desenvolvidas (CASAGRANDE et al., 2001).

Segundo Texeira et al. (2015), a tolerância hídrica não é uma característica simples de ser trabalhada, pois se trata de um complexo de mecanismos que funcionam em conjunto ou de forma isolada para tolerar períodos de déficit hídrico, além disso, todas as alterações fisiológicas, morfológicas e de desenvolvimento em plantas têm uma base molecular-genética.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Local de execução do projeto

O experimento foi conduzido no ano de 2021 em casa de vegetação com ambiente controlado, localizada no Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT), da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), na cidade de Imperatriz, Maranhão (coordenadas geográficas: 5°31'32" de latitude sul, 47°26'35" de longitude oeste e altitude aproximada de 92 m). A região possui clima do tipo B1wA'a' de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), com clima úmido e deficiência hídrica moderada.

### 4.2 Execução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial para os tratamentos de estresse, sendo o primeiro fator constituído de 3 genótipos de soja: TMG2383 I PRO, FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO. O segundo fator foi constituído por três tratamentos de estresse: tratamento irrigado, seca moderada e seca severa. Cada tratamento foi composto por cinco repetições com a unidade experimental constituída por uma planta.

As sementes foram plantadas em vasos plásticos de 7,5 dm<sup>3</sup> preenchidos com solo proveniente de área agrícola da cidade de Imperatriz-MA, no qual foi realizada análise do solo a partir de amostras que foram coletadas na camada superficial de 0 a 0,20 m, secas ao ar, peneiradas e enviadas para análise e será corrigido de acordo com a necessidade.

Foram semeadas três sementes por vaso em covas de 1,0 cm. A adubação de base foi realizada no mesmo dia do plantio. As plantas foram irrigadas pela manhã e tarde por dez dias, conforme a necessidade. Após 7 dias da semeadura foi realizado o primeiro desbaste, deixando duas plantas e o segundo desbaste foi realizado no décimo quarto dia de experimento, deixando apenas uma planta por vaso.

Para o estresse hídrico, os tratamentos iniciaram no décimo primeiro dia, sendo os seguintes: tratamento irrigado (Irr) com irrigação normal todos os dias conforme a necessidade, seca moderada (SeM) com irrigação a cada seis dias e seca severa (SV) com irrigação a cada 12 dias. As plantas foram irrigadas duas vezes ao dia durante os tratamentos, às 8:00 horas da manhã e 17:00 horas da tarde.

**Tabela 1:** Nome dos genótipos utilizados, quantidade de tratamentos para cada genótipo e quantidade de repetições para cada tratamento

<b>Genótipos</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Repetições</b>
TMG2383 I PRO	3 tratamentos	9 repetições
FT44280 I PRO	3 tratamentos	9 repetições
SYN16861 I PRO	3 tratamentos	9 repetições
Média	9 tratamentos	27 repetições

Após 24 dias do início dos tratamentos foi realizado a coleta de cinco plantas em cada tratamento para avaliação dos seguintes parâmetros: altura da planta (AP) (a partir da utilização de régua graduada); diâmetro do caule (DC) (utilizando um paquímetro); número de folhas (NF) e número de folíolos (NFL) (a partir de contagem visual). Posteriormente, as plantas serão retiradas do solo e lavadas com água destilada para medição do comprimento das raízes.

A seguir, a planta será dividida em raiz, caule e folha para a determinação da massa fresca e posteriormente da massa seca (serão separadas e realizadas a pesagem para se obter a massa fresca, a seguir secas em estufa e depois pesadas). As análises ocorreram no Laboratório de Melhoramento Genético e Biotecnologia Vegetal da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos que apresentaram diferença significativa foram comparados através do teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) através do programa GENES (CRUZ, 2013).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância do número de folhas (NF), número de folíolos (NFLI), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), parte aérea fresca (PFA), parte fresca da raiz (PFR), parte aérea seca (PSA) e parte seca da raiz (PSR) é apresentado na Tabela 1.

**Tabela 2:** Resumo da análise de variância do número de folhas (NF), número de folíolos (NFLI), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), parte aérea fresca (PFA), parte fresca da raiz (PFR), parte aérea seca (PSA) e parte seca da raiz (PSR).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios							
		NF	NFLI	CPA	CRA	PFA	PFR	PSA	PSR
Genótipos (G)	2	5,1481**	30,3333**	161,7777**	28,2592 <sup>NS</sup>	12,0754 <sup>NS</sup>	0,0384 <sup>NS</sup>	0,3102 <sup>NS</sup>	0,1065 <sup>NS</sup>
Tratamentos (T)	2	76,7037**	596,3333**	856,8611**	354,6203**	121,295**	9,9878**	9,4903**	1,8666**
G x T	4	0,0925 <sup>NS</sup>	2,8333 <sup>NS</sup>	7,2222 <sup>NS</sup>	39,4259 <sup>NS</sup>	4,55517 <sup>NS</sup>	0,0931 <sup>NS</sup>	0,0771 <sup>NS</sup>	0,2247 <sup>NS</sup>
Erro médio	18	5,3333	37,6666	60,0833	19,0462	8,4212	1,0923	0,4446	0,1299
Média		6,0	12,0	21,37	10,62	4,16	0,86	1,18	0,36
CV(%)		39,0	50,0	36,0	41,0	69,0	121,0	56,0	98,0

\*, \*\* e <sup>NS</sup> (Significativo a 5%, a 1% e não significativo).

Verifica-se que para a fonte de variação genótipos houve diferença significativa para número de folhas, número de folíolos e comprimento da parte aérea, mostrando que entre os genótipos avaliados, pelo menos um difere dos demais. Para tratamentos em todos os parâmetros obteve diferença significativa a 1%, enquanto que a interação Genótipos x Tratamentos, não houve diferença significativa. Ao final da tabela, é apresentada a média e o coeficiente de variância (CV) de todos os parâmetros analisados.

Os dados médios de tratamentos dos parâmetros analisados são apresentados na tabela 2. Segundo o teste de tukey, médias que são seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Analisando os parâmetros, observamos que todos os parâmetros analisados em relação ao tratamento irrigado diferiram dos tratamentos SeM e SeV.

Tais características foram analisadas por Cabral et. a (2019), onde também foram analisados estes parâmetros e observado que os genótipos de soja quando submetidos as condições de seca, tinham seu desenvolvimento afetado drasticamente no comprimento do caule e comprimento das raízes, mas que alguns genótipos adquiriram resistência as condições de ambiente, sendo assim considerados genótipos resistentes ao estresse hídrico.

**Tabela 3:** Dados médios de número de folhas (NF), número de folíolos (NFLI), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), parte aérea fresca (PFA), parte fresca da raiz (PFR), parte aérea seca (PSA) e parte seca da raiz (PSR) referente aos tratamentos avaliados.

Tratamentos	NF	NFLI	CPA	CRA	PFA	PFR	PSA	PSR
Irr	9,0 a	21,0 a	32,38 a	17,83 a	8,02 a	2,07 a	2,35 a	0,88 a
SeM	5,0 b	9,0 b	18,0 b	7,72 b	3,74 b	0,35 b	0,78 b	0,12 b
SeV	3,0 b	5,0 b	13,77 b	6,33 b	0,72 b	0,15 b	0,42 b	0,07 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Dentre os tratamentos avaliados verifica-se que conforme a planta vai sofrendo estresses, a média das características vão sendo reduzidas, sendo as menos afetadas o número de folhas e folíolos. Segundo Cabral et.al (2015), as cultivares de soja tendem a sofrer mais com a falta de água durante o seu período reprodutivo, onde as taxas fotossintéticas e necessidade hídrica aumentam para que a planta tenha um melhor desenvolvimento, principalmente na fase em que ocorre o enchimento dos grãos.

O teste comparativo em relação aos genótipos é representado na Tabela 3, onde observamos que nenhum dos parâmetros analisados diferiu entre si.

**Tabela 4:** Dados médios de genótipos para número de folhas (NF), número de folíolos (NFLI), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), parte aérea fresca (PFA), parte fresca da raiz (PFR), parte aérea seca (PSA) e parte seca da raiz (PSR) dos genótipos.

Genótipos	NF	NFLI	CPA	CRA	PFA	PFR	PSA	PSR
TMG2383 I PRO	6,0 a	14,0 a	24,05 a	12,66 a	5,39 a	0,78 a	1,28 a	0,40 a
FT44280 I PRO	5,0 a	11,0 a	16,5 a	9,77 a	3,10 a	0,90 a	0,97 a	0,24 a
SYN16861 I PRO	5,0 a	11,0 a	23,61 a	9,44 a	3,99 a	0,88 a	1,30 a	0,44 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Para a interação (Figura 1A), observa-se que no tratamento irrigado, o genótipo TMG2383 I PRO foi o que mais se desenvolveu em número de folhas. O genótipo FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO ambos obtiveram a mesma média para o número de folhas das 3 repetições. Na seca moderada, o genótipo TMG 2383 I PRO novamente obteve a média mais alta com uma média de 6 folhas, seguindo do genótipo FT44280 I PRO que obteve uma média

de 4 folhas e por último, o genótipo SYN16861 I PRO. Na seca severa, o genótipo FT44280 I PRO se sobressaiu.

Analisando os resultados da Figura 1A, é possível observar a queda na média do número de folhas entre os genótipos, até mesmo naquele que mais resistiu as condições de seca. Isso acontece por que a planta não consegue manter seu status hídrico acima do CRAC (conteúdo relativo de água crítico), fazendo com que suas folhas morram progressivamente, iniciando-se pelas mais velhas e seguindo para as mais novas (FIOREZZE, 2011).

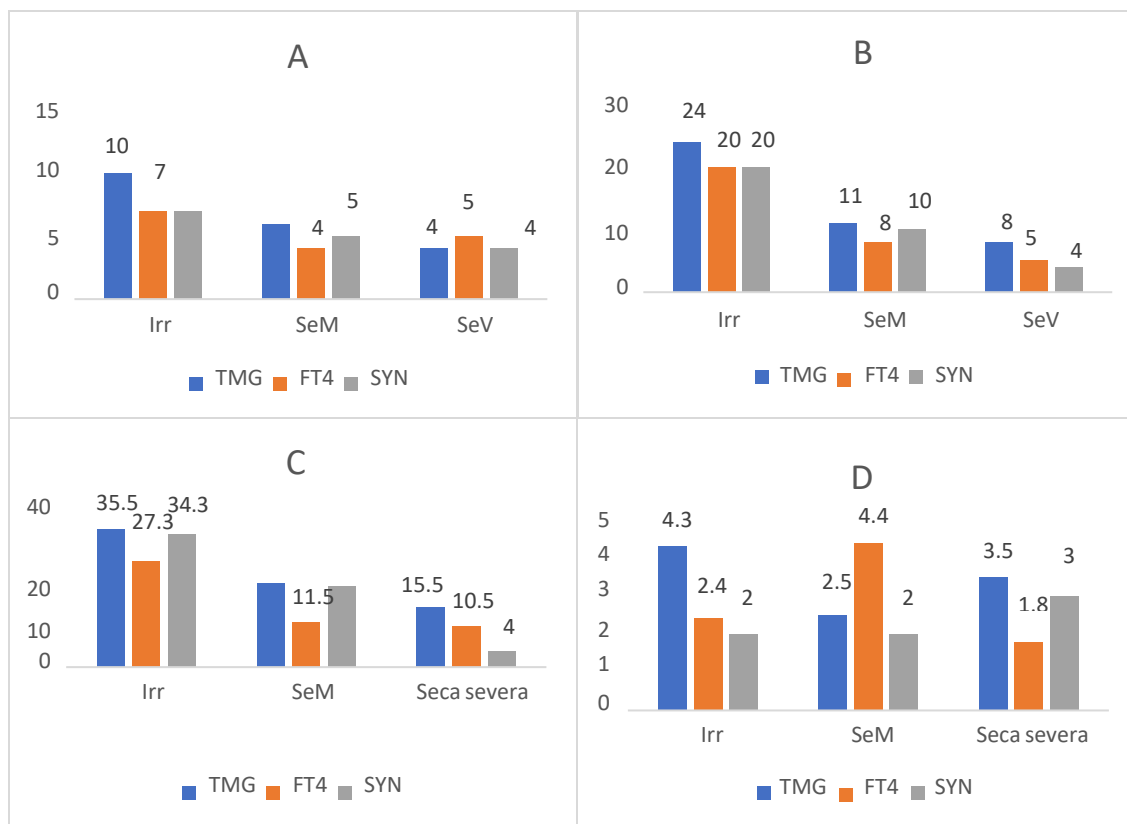
Já na média dos genótipos em relação ao número de folíolos (Figura 1B), o genótipo TMG2383 I PRO foi o que obteve o desenvolvimento mais satisfatório para os 3 tratamentos (Figura 1B). Os genótipos FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO tiveram o mesmo resultado quanto ao tratamento irrigado. Em condições de seca moderada, o genótipo SYN16861 I PRO conseguiu se sobressair. Entretanto, na seca severa, o genótipo FT44280 I PRO mostrou um desenvolvimento maior no número de folíolos.

Quanto ao comprimento da parte aérea (Figura 1C), o genótipo TMG2383 I PRO foi o que mais se sobressaiu quando submetido as 3 condições de ambiente. Os genótipos FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO obtiveram o mesmo desempenho no tratamento irrigado, o genótipo SYN16861 I PRO obteve um comprimento maior. Quanto a seca severa, como dito anteriormente, o genótipo TMG2383 I PRO obteve um melhor desempenho, seguido dos genótipos FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO respectivamente.

O acúmulo de substâncias de N<sub>2</sub> (Ureídeos) na parte aérea da planta da soja é um dos fatores promovidos pelo estresse hídrico, causando redução na fixação. A fertilização quando realizada de forma adequada no solo, possibilita a absorção do íon de Mn<sup>2+</sup> pela planta, promovendo a quebra dessas substâncias facilitando a fixação do N<sub>2</sub> sob condições de déficit hídrico (VIANA et. al, 2021).

Na figura 1D, é mostrado o desenvolvimento dos genótipos em relação ao comprimento das raízes, é observado que nas condições de seca moderada e seca severa, alguns genótipos tiveram um comprimento maior de raízes em relação ao tratamento irrigado, principalmente o genótipo FT44280 I PRO na seca moderada e o SYN16861 I PRO na seca severa. Segundo Viana et. al (2021), isso acontece porque algumas culturas tem a capacidade de expandir suas raízes em maior profundidade no solo em busca de água, fato que pode se tornar decisivo para a adaptação da cultura ao estresse hídrico.

**Figura 1:** Resultado da interação entre o número de folhas (A), número de folíolos (B), Comprimento da parte aérea (C), comprimento da raiz (D).

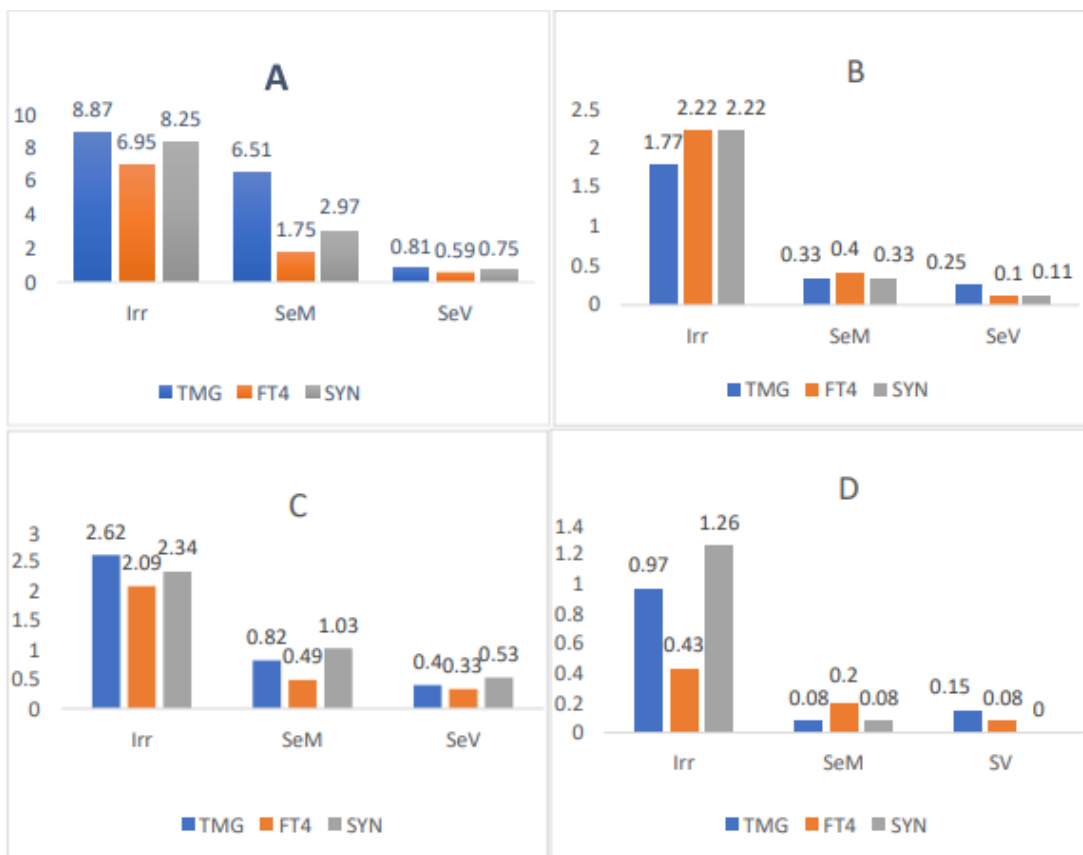


Irr = Tratamento irrigado  
 SeM = seca moderada  
 SeV = seca severa.

Quanto ao peso da massa fresca da raiz (Figura 2B), o genótipo FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO obtiveram o mesmo valor na pesagem, ambos maiores que o peso do genótipo TMG2383 I PRO. Durante a seca moderada o genótipo FT44280 I PRO apresentou um maior peso, porém não muito diferente dos genótipos TMG2383 I PRO e FT44280 I PRO. Na seca severa o peso maior foi do genótipo TMG2383 I PRO, também sem muitas diferenças em relação aos outros dois genótipos estudados.

Depois que a parte fresca das plantas foram submetidas a estufa, elas foram pesadas na balança de precisão para determinar a massa seca da planta. Quanto ao peso da parte aérea seca (Figura 2 C), o genótipo TMG2383 I PRO apresentou um peso maior que os outros em todas as condições de ambiente, seguido pelo genótipo FT44280 I PRO e, por último, genótipo SYN16861 I PRO.

**Figura 2:** Resultado da interação entre o peso da parte aérea fresca (A), peso da raiz fresca (B), peso da parte aérea seca (C) e peso da raiz seca (D).



Irr = Tratamento irrigado  
SeM = seca moderada  
SeV = seca severa

Observando a parte seca da raiz (Figura 2D), o genótipo SYN16861 I PRO apresentou um peso superior aos outros no tratamento irrigado. Entretanto, esse peso decaiu ao decorrer das análises em relação ao déficit hídrico. Na condição de ambiente de seca severa, a raiz se deteriorou por completo quando submetida a estufa.

A expansão celular é um dos primeiros processos resultantes da baixa disponibilidade hídrica, por ser altamente dependente da turgescência da planta. À medida que os estágios de deficiência hídrica vão aumentando, outros processos fisiológicos da planta também são afetados diretamente no acúmulo de assimilados pela planta, dentre esses processos estão a redução na taxa de assimilação de carbono e aumento da taxa respiratória (FIOREZZE et. al, 2011). Com os seus processos fisiológicos afetados, o desenvolvimento da planta é drasticamente afetado por conta da sua necessidade hídrica, principalmente durante o seu período reprodutivo, isso é observado nos genótipos FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO.

Os prejuízos causados ao desenvolvimento dos genótipos em campo por conta das condições de ambiente foram analisados em laboratório, onde foi observado que o comprimento do caule e da raiz foram afetados por conta da baixa disponibilidade hídrica. Entretanto, os genótipos analisados apresentaram resistência a falta de água, cada uma com suas próprias características. Isso é explicado por Viçosi et. al (2017), que quando comparou o desenvolvimento de cultivares de soja com cultivares de outras culturas sob condições de estresse hídrico, os genótipos de soja se mostraram mais resistentes a falta de água, com valores de germinação satisfatórios até o potencial osmótico de -1,2 Mpa, com redução de apenas 9,9% da germinação.

Dentre todos os genótipos analisados, o genótipo TMG 2383 I PRO foi o que apresentou os maiores índices de tolerância ao estresse hídrico. Tal afirmação corrobora com os dados observados por Cabral et. al (2019), onde durante a análise de cultivares de soja, foram submetidos diversos genótipos a índices de tolerância a seca, e dentre as cultivares analisadas a TMG 2383 I PRO estava entre as mais tolerantes a condições de estresse hídrico impostas.



## **6 CONCLUSÕES**

O genótipo TMG2383 I PRO é o que mais se desenvolve, mesmo em condições severas de seca, sendo assim considerado resistente ao estresse hídrico.

Os genótipos FT44280 I PRO e SYN16861 I PRO também apresentam resistência a falta de água, mas o desenvolvimento dos dois genótipos é drasticamente afetado em condições de seca severa, principalmente o SYN16861 I PRO.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, A. ; PASSOS, P. ; FERREIRA, C. ; OLIVEIRA, C. N. ; MERTZ-HENNING, M. ; NEPOMUCENO, L. ; FARIAS, B. ; NEUMAIER, N. **Embrapa Soja**. Influência do Déficit Hídrico Sobre Parâmetros Agronômicos Das Cultivares de Soja Embrapa 48 e BR 16 em Condições de Campo. v13(2): p168-184, 2001.
- CABRAL, R.; SILVA, K.; STEINER, F.. Fronteiras para a Sustentabilidade. **Editora Atena**. v 2, p 93, 2019.
- CASAGRANDE, E. ; FARIAS, J. ; FERREIRA, N. ; NEUMAIER, C. N. ; TETSUJA, O. ; MARTINS, P. ; BRETON, M. ; NEPOMUCENO, A; PEDROSO, J.. **Embrapa Soja**. Expressão Gênica Diferencial Durante Déficit Hídrico em Soja. EMBRAPA SOJA,. v 1, p 142, 2015.
- CAVALCANTE, A.; CAVALLINI, M.; LIMA, N. Estresse Por Déficit Hídrico em Plantas Forrageiras. **Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária - EMBRAPA**. v 2, p 17-31, 2009.
- CHUFFA, L. G. A.; VIEIRA, F.R.; SILVA, D. A. F.; FRANCO, D. M. Soybean seed oil: nutritional composition, healthy benefits and commercial applications. In: **Seed oil: biological properties, health benefits and comercial applications**, pp.1-54, 2014.
- CIRILO, J. A. et al. **A questão da água no semiárido brasileiro**. In: BICUDO, C. E. de M.et al. (Orgs.). Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica. p. 81-91, 2010.
- CRUZ, C.D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- DALLAGNOL, A. A Embrapa Soja no Contexto do Desenvolvimento da Soja no Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA SOJA**. v 1, p 16-20, 2015.
- DOMUTA, C.; PEREŞ, A.; BREJEA, R.; BORZA, I.; BEI, M.; NANDOR, K.; GÎTEA, M.; JUDE, E. Pedological drought influence on some parameters. **Romanian Agricultural Research**, n. 35, 2018.
- EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil. **Sistemas de Produção - EMBRAPA**, n. 16. Londrina: Embrapa Soja, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Embrapa Soja. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004**. Sistema de Produção Nº1. Disponível em:  
<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/manejoi.htm>. Acesso em:08 ago. 2021.

FIOREZZE, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R.; GUIMARÃES, V. F. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 342-349, mai/jun, 2011.

GAVA, R.; Estratégias de Manejo de Déficit Hídrico na Irrigação da Cultura da Soja. **Embrapa Soja. Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. v. 10; p 305-315, 2016.

GAZZONE, D.; DALLAGNOL, A. A saga da soja 1050 a.C. a 2050 d.C. **Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA SOJA**. v 1, p 69-71, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estu dio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 1948. 479 p.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. Water deficiency at diferente developmental stages of *glycine max* can improve drought tolerance. **Bragantia**. Campinas, v.67, n.1, p.43-49, 2008.

MANDARINO, J. Origem e história da Soja no Brasil. **Canal Rural**. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2017/04/05/origem-e-historia-da-soja-no-brasil/>. Acesso em: 09 ago. 2021.

PINAZZA, L.; FAULIN, E.; SOLOGUREN, L.; GOMES, A. Série Agronegócios: Cadeia Produtiva da Soja. **Editora Atena**. v 2, p 41-43, 2007.

RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura da soja para a safra 2020/2021, na região centro-sul de Mato Grosso do Sul. **Embrapa Soja**. Dourados, Mato Grosso do Sul, v 258, p 8-9, 2020.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.1, p.86-93, 2013.

TEIXEIRA, L. R.; BRACCINI, A. L.; SPERANDIO, C. F.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I.; VIGANÓ, J. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato hídrico em substrato em substrato contendo polietileno glicol contendo polietileno glicol contendo polietileno glicol. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 217-223, 2008.

VIANA, J. S.; BARROS, C. T.; BORGES, S.; SILVA, G. S.; GONÇALVES, P. G. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e16710413980, 2021.

VIÇOSI, K. A.; FERREIRA, A. A. S.; OLIVEIRA, L. A. B.; RODRIGUES, F. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 36-42, dez. 2017.

## 8 ANEXOS

**Imagem 1:** Experimento em andamento em casa de vegetação.



Fonte: Autor (2021).

**Imagem 2:** Desenvolvimento dos genótipos em tratamento irrigado.



Fonte: Autor (2021).

**Imagem 3:** Desenvolvimento de genótipos de soja em seca moderada.



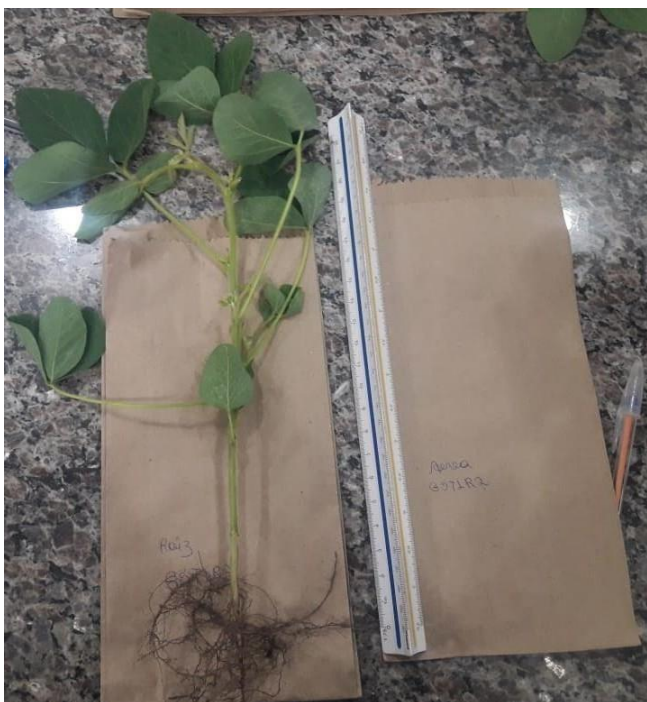
Fonte: Autor (2021).

**Imagem 4:** Desenvolvimento de genótipos de soja em seca severa.



Fonte: Autor (2021).

**Imagem 5:** Divisão e determinação do comprimento do caule da raiz após a colheita.



Fonte: Autor (2021).