



**BRUNO DIAS BIGGI CORSI**

**EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE  
MILHO SUBMETIDAS A RESTRIÇÃO HÍDRICA**

**LAVRAS – MG**

**2020**

**BRUNO DIAS BIGGI CORSI**

**EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO  
SUBMETIDAS A RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Lavras como parte das exigências do  
Curso de Agronomia para obtenção do  
título de Bacharel.

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

Orientador

Dr. Luiz Antonio Yanes Bernardo Júnior

Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2020**

**BRUNO DIAS BIGGI CORSI**

**EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO  
SUBMETIDAS A RESTRIÇÃO HÍDRICA**

**EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF MAIZE SEEDLINGS UNDER WATER  
RESTRICTION**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Agronomia para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 20 de agosto de 2020.

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho UFLA

Prof. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos UFLA

MSc. Thiago Lucas de Oliveira UFLA

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

Orientador

Dr. Luiz Antonio Yanes Bernardo Júnior

Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2020**

## Resumo

A prática da agricultura é muito influenciada pelos fatores abióticos como, por exemplo, a restrição hídrica. O milho é o segundo grão mais produzido no Brasil, sendo sua grande maioria originada da segunda safra, uma época em que a disponibilidade de água é menor em grande parte das regiões produtoras. Por isso é muito importante a obtenção de híbridos mais tolerantes a essas condições. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes disponibilidades hídricas sobre a emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de diferentes híbridos de milho. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três híbridos (2B647PW, BM 915 PRO e SHS 4070) e quatro disponibilidades hídricas (70, 50, 30, 10% da capacidade de campo) totalizando 12 tratamentos com quatro repetições, somando ao todo 48 parcelas. Utilizou-se 24 bandejas, com duas parcelas de 50 sementes em cada uma. As bandejas foram acondicionadas em uma câmara de crescimento a 25°C durante 21 dias. Foram avaliados a emergência de plântulas aos 14 dias (E14), emergência de plântulas aos 21 dias (E21), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz primária (CRP), comprimento de raízes secundárias (CRS), número de raízes secundárias (NRS), volume de raízes (VR), matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de raízes (MSR), matéria seca total (MST) e relação parte aera/raiz (PAR). Diante de tudo, concluiu-se que menores disponibilidades hídricas favoreceram um maior crescimento radicular das plântulas, maiores disponibilidades hídricas proporcionaram maior crescimento da parte aérea das plântulas, o híbrido SHS 4070 apresentou o menor crescimento de parte aérea e o maior crescimento de raízes secundárias e o híbrido 2B647 PW apresentou os maiores valores de comprimento e matéria seca de parte aérea, bem como matéria seca total.

**Palavras-chave:** *Zea mays L.*, Déficit hídrico, seca.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>2</b>
<b>3.1 CULTURA DO MILHO</b> .....	<b>2</b>
<b>3.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE MILHO</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3 MELHORAMENTO PARA DÉFICIT HÍDRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>6</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>10</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>19</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade altamente dependente do clima. Fatores como temperatura, luminosidade e água, por exemplo, são determinantes para o sucesso da atividade agrícola, influenciando diversos eventos fisiológicos da planta relacionados com o crescimento, desenvolvimento vegetal. O desequilíbrio em algum desses fatores limitantes impacta diretamente a produtividade das culturas.

No âmbito da agricultura, o Brasil se destaca, sendo um dos maiores produtores agrícolas do mundo. A produção de grãos no país deve fechar o ano de 2020 em 250 milhões de toneladas, um aumento de 4% para o ano agrícola anterior (IBGE, 2020). Cerca de 90% dessa produção de grãos é derivada de lavouras de milho e soja (CONAB, 2020). Esse sucesso é reflexo do avanço tecnológico no setor, elevando a produtividade no campo e viabilizando o cultivo de diferentes safras no ano.

Com o crescente aumento da produção de soja no Brasil nos últimos anos, a cultura do milho tem sido deslocada para a segunda safra, realizada em uma época do ano marcada por instabilidades climáticas, sendo recorrente a ocorrência de uma menor pluviosidade nas principais regiões produtoras de milho. Este fato pode trazer prejuízos às lavouras devido a efeitos deletérios de déficit hídrico sobre o desenvolvimento das plantas.

De acordo com Conab (2020), na temporada 2019/2020 aproximadamente 73% da produção nacional de grãos de milho será oriunda da segunda safra. Ainda de acordo com a Companhia, a irregularidade das chuvas na Região Centro-Sul prejudicou a segunda época de milho que, apesar do aumento na produção, terá seu rendimento prejudicado devido ao fato de as lavouras não terem expressado todo seu potencial produtivo.

O estresse pela baixa disponibilidade hídrica é um dos fatores abióticos mais limitantes para o desenvolvimento do milho (ABREU, 2016). Sendo assim, e considerando a importância do cultivo da segunda safra de cereal no país, observa-se a importância da condução de pesquisas para avaliar o desempenho de híbridos submetidos a situações de restrição hídrica, pensando em sua recomendação para regiões acometidas por essas condições. Além disso, a análise do comportamento e desenvolvimento inicial de plântulas de milho nessas circunstâncias limitantes, podem contribuir para o melhoramento genético na seleção de materiais que sejam mais tolerantes ao déficit hídrico.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito de diferentes disponibilidades hídricas sobre a emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de diferentes híbridos de milho.

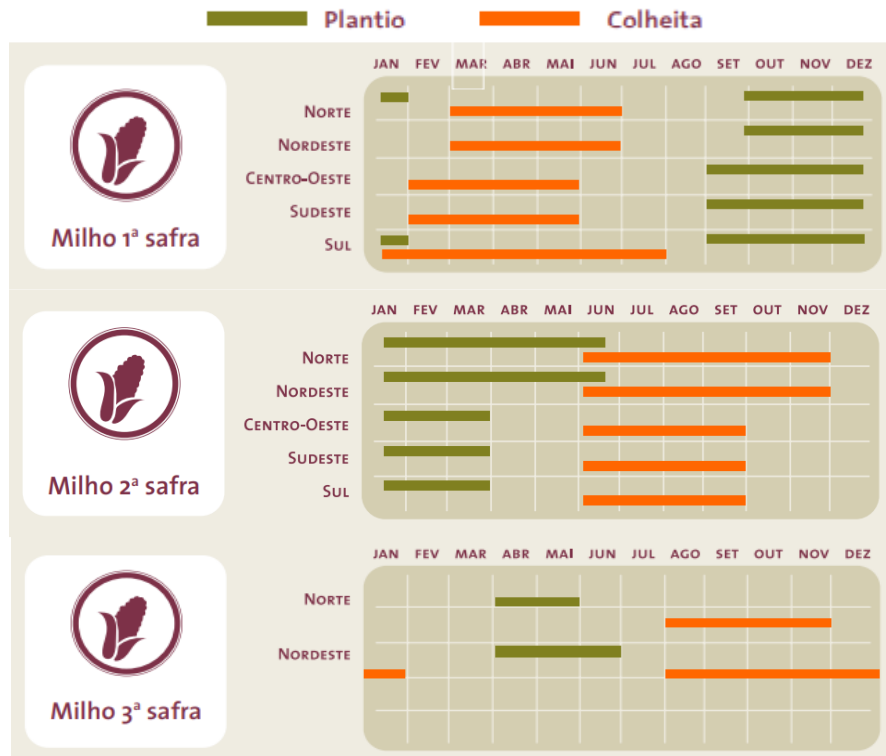
## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 CULTURA DO MILHO**

O milho (*Zea mays* L.) é o segundo grão mais produzido no Brasil, atrás apenas da soja, representando 40% do total da produção de grãos da temporada 2019/2020, com mais de 102 milhões de toneladas, sendo aproximadamente 75 milhões de toneladas dessas produzidas na segunda safra, em uma área cultivada de 18,5 milhões de hectares no total (CONAB, 2020).

A segunda safra de milho, anteriormente chamada de “safrinha”, se estabeleceu como a principal safra do cereal nos últimos anos devido ao predomínio da soja durante o período da safra verão. Essa segunda época de milho é caracterizada pela semeadura da cultura nos meses de janeiro a março e colheita durante os meses de junho a setembro (CONAB, 2020). O que antes foi considerada a principal safra do cereal no país, a primeira safra, contribui com um menor montante de grãos produzidos e é cultivada no período de verão. As janelas de cultivo para regiões produtoras de milho no Brasil estão dispostas na Figura 1. Além das primeira e segunda safras, tem-se explorado uma terceira safra do grão, semeada de maio a junho nos estados do Sergipe, Alagoas, Bahia, Roraima e Pernambuco (CONAB, 2020).

Figura 1 - Épocas de semeadura de milho no Brasil, por região.



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (2020).

Essa diversidade de épocas de plantio é benéfica para o melhor uso das terras agricultáveis e gerar maior diversidade de renda ao produtor. Além disso, o cultivo de milho em diferentes safras contribui para alavancar a produção do cereal no país, sendo favorável à balança comercial brasileira. Apesar de todas essas vantagens, condições climáticas desfavoráveis são frequentemente observadas em cultivos extemporâneos como é o caso da segunda safra, impactando sobre a produtividade das lavouras (KAPPES, 2013).

A diminuição da temperatura e radiação solar durante o ciclo da cultura e o déficit hídrico são considerados fatores limitantes da produção para milho segunda época em parte das regiões produtoras (CRUZ et al., 2010; SERPA et al., 2012). Quanto mais tardia é a semeadura do milho safrinha, menor é o acúmulo de graus-dia e aumentam as probabilidades de ocorrência de chuvas em baixo volume e irregulares, fatores que afetam o pleno desenvolvimento da cultura e seu rendimento (SHIOGA; GERAGE, 2010).

Mesmo que ocorram essas condições desfavoráveis de clima, o cultivo de milho segunda safra tem se expandido e apresentado boas produções a cada ano agrícola. Isso é devido ao alto emprego de tecnologia no setor, representado por técnicas e soluções de



manejo da lavoura e adoção de genética que melhor se adapta a essas condições limitantes (MIRANDA et al., 2019).

Embora seja evidente o incremento na produção de milho em segunda época, ainda há espaço e necessidade de avanço em pesquisas que forneçam um melhor entendimento do comportamento de híbridos de milho face a condições de estresse, como é o caso do déficit hídrico. Essas informações podem ser úteis para a recomendação de cultivares existentes a essas áreas com restrições climáticas, bem como para os programas de melhoramento de milho, visando o desenvolvimento de cultivares tolerantes à deficiência hídrica.

### **3.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE MILHO**

Cerca de 90% da massa de uma planta verde é água, um elemento fundamental para a produção agrícola, sendo a sua falta ou excesso causador de efeitos desastrosos no desenvolvimento das plantas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2009).

Dentre suas funções fisiológicas na planta pode-se citar: fonte de H, constituinte de todas as moléculas orgânicas; difusão e fluxo de massa de solutos; manutenção da turgescência celular; regulação térmica da planta; participante de processos bioquímicos, como a fotossíntese. (FANCELLI; DOURADO NETO, 2009; VIEIRA, 2010).

Cada cultura necessita de uma quantidade de água para completar seu ciclo de vida. Segundo Carvalho et al. (2013), a demanda hídrica para a cultura do milho varia em torno de 500 a 800 mm de água para completar seu ciclo. Apesar de esta quantidade representar demanda durante todo o ciclo de vida da planta, existem os chamados períodos críticos, onde a falta desse elemento pode causar grandes prejuízos à produção (BERGAMASCHI et al., 2004). As fases de maior exigência em água para o milho compreendem a germinação e emergência das plântulas; o período em que ocorre o florescimento e consequentemente os estádios reprodutivos onde há a formação dos grãos.

O período crítico do ciclo da cultura do milho está compreendido entre o pré-florescimento e o enchimento de grãos. Tal fato está de acordo com Bergamaschi et al. (2004), os quais concluíram que o déficit hídrico neste intervalo da cultura afeta o número de grãos por espiga e o número de espigas por planta, dois componentes de produção muito importantes para o milho.

A falta de água está associada à interferência em processos de síntese de proteínas e RNA, sendo caracterizada por um aumento no teor de aminoácidos livres. Déficit hídrico

provoca a redução da abertura de estômatos e, conseqüentemente, da absorção de CO<sub>2</sub>, com efeitos negativos sobre a taxa de fotossíntese e reflexos sobre o vigor e a altura da planta, fertilidade do grão de pólen e sincronia de florescimento masculino e feminino, entre outros fatores que afetam a produtividade de grãos (DURÃES et al., 2004).

### 3.3 MELHORAMENTO PARA DÉFICIT HÍDRICO

Genótipos tolerantes à seca seriam indivíduos capazes de manter suas funções, sobreviver e deixar descendentes mesmo em um ambiente com deficiência hídrica (FERRÃO et al., 2016). Em prática, seria uma planta que conseguiria ter uma estabilidade de produção durante a escassez de água.

Porém há uma ineficácia dos programas de melhoramento para o desenvolvimento destas cultivares, devido à dificuldade de controle das condições ambientais e pela relação do aumento do estresse hídrico com a produtividade, sendo dependente do efeito combinado entre o potencial produtivo e a susceptibilidade da planta à seca (CÂMARA et al., 2007). Diante disso, Câmara et al. (2007) ressaltam que é preciso o uso de caracteres para seleção que estejam relacionados à tolerância ao estresse hídrico e que possam ser observados em situações sem o déficit hídrico.

Alguns caracteres utilizados para o melhoramento para a tolerância ao déficit hídrico são: o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, que é uma adaptação ao estresse; prolificidade, o número de espigas por planta; número de ramificações do pendão; e o *stay-green*, senescência retardada do colmo e folhas. (CÂMARA et al., 2007; ABREU et al., 2017).

Para a seleção de genótipos tolerantes à seca também é muito importante a avaliação de parâmetros morfológicos no início do estabelecimento da cultura. De acordo com Kappes et al. (2009), os efeitos da disponibilidade hídrica além de prejudicar na germinação de sementes, continuam com reflexos sobre o desenvolvimento das plântulas. Queiroz et al. (2019) concluíram que o déficit hídrico limita o crescimento inicial das plântulas de milho. Isso também foi observado por Vazquez et al. (2013), que obtiveram mais matéria seca e maior altura de plântulas de milho em maiores disponibilidades hídricas.

A avaliação de caracteres secundários pode ser mais eficiente do que avaliar a produtividade de grãos para selecionar genótipos superiores em ambientes com estresse hídrico. A herdabilidade dessas características é, na maioria das vezes, superior à herdabilidade do produção de grãos sob estresse, uma vez que são menos influenciadas pelo

ambiente e, quando utilizadas, a seleção para tolerância ao estresse hídrico pode ser realizada em estágios iniciais de melhoramento (MUSVOSVI et al., 2018; WATTOO et al., 2018). Nesse contexto, a avaliação da qualidade fisiológica de sementes e do desempenho inicial de plântulas pode ser uma excelente ferramenta para o melhoramento, pois requer pouco tempo e espaço, é relativamente fácil e rápida de avaliar, podendo ser repetida várias vezes ao longo do ano para auxiliar programas de reprodução (MEEKS et al., 2013; WATTOO et al., 2018).

A constatação preliminar de uma resposta diferencial de genótipos avaliados sob condições de estresse hídrico através de determinados caracteres, como aqueles relacionados ao desenvolvimento inicial e morfologia de plântulas, aponta potencial de uso destas variáveis para a seleção de materiais genéticos no melhoramento. Assim que determinada essa variação na resposta, para serem considerados úteis à seleção, os caracteres passam a ser avaliados quanto a sua herdabilidade, facilidade de mensuração e alta correlação com a resposta das plantas ao estresse hídrico (FERRÃO et al., 2016).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no setor de sementes e painel de grandes culturas do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2020.

Para o experimento foram utilizados três híbridos comerciais, sendo eles os 2B647PW, BM915PRO e SHS4070 em diferentes disponibilidades hídricas (70, 50, 30 e 10% da capacidade de campo), totalizando 12 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo utilizadas quatro repetições, resultando em 48 parcelas. As sementes foram distribuídas em 24 bandejas preenchidas com 6 kg de mistura de areia e solo na proporção 2:1. Cada bandeja recebeu duas parcelas de 50 sementes cada, sendo essas de tratamentos diferentes, porém com a mesma disponibilidade hídrica.

Tabela 1 – Tratamentos avaliados no experimento.

Híbrido/CC	70% da CC	50% da CC	30% da CC	10% da CC
<b>2B647PW</b>	Tratamento 9	Tratamento 10	Tratamento 7	Tratamento 4
<b>BM915PRO</b>	Tratamento 1	Tratamento 6	Tratamento 3	Tratamento 12
<b>SHS4070</b>	Tratamento 5	Tratamento 2	Tratamento 11	Tratamento 8

A instalação do experimento envolveu a determinação da capacidade de campo da mistura areia e solo (2:1), com auxílio de funil, papel filtro e proveta. Pesou-se 100 g do substrato, colocando-o sobre o funil. Em seguida, uma quantidade de 100 mL de água foi adicionada, coletando a solução drenada na proveta após um período de duas horas. Após esse período, considerando que foi realizada a drenagem de toda a água do solo, fez-se a leitura do volume coletado. Com o valor de capacidade de campo do solo conhecido, foram feitos cálculos para determinar a quantidade de água que conferiria às parcelas os valores de 70, 50, 30 e 10% de capacidade de campo.

Após serem regadas, as bandejas foram pesadas e levadas à câmara de crescimento a 25°C onde permaneceram por 21 dias. Durante esse período, medições diárias foram feitas, com uso de balança, para verificar a massa de água perdida e proceder com sua reposição, visando manter o nível de água determinado para cada tratamento.



Fonte: Autor.

Ao final do 21º dia, as bandejas foram removidas da câmara de crescimento. Foi efetuada a retirada dos tratamentos das bandejas, com a lavagem e escoamento da mistura de solo para fora do recipiente e a retirada cuidadosa das plântulas inteiras. Em seguida, estas foram colocadas em sacos de papel e levadas para a avaliação. Foram selecionadas para serem avaliadas 10 plântulas de cada parcela, sendo separadas em parte aérea e sistema radicular.



Fonte: Autor.

As características avaliadas no experimento foram:

- Emergência de plântulas: realizou-se duas contagens do stand de plântulas, uma após decorridos 14 dias na câmara de crescimento e outra ao final dos 21 dias.
- Comprimento de parte aérea de plântulas: com o auxílio de régua, foi medido o comprimento desde a base da plântula até o ápice das folhas agrupadas, em centímetros (cm).
- Comprimento de raiz primária: com o auxílio de régua, mediu-se da base raiz até o ponto mais distante da mesma esticada, em centímetros (cm).
- Comprimento de raízes secundárias: as raízes secundárias tiveram seu comprimento aferido com auxílio de régua. A partir dos valores obtidos foi realizado o cálculo de média, sendo os resultados expressos em centímetros (cm).
- Volume de raízes: colocou-se todo o sistema radicular em uma proveta graduada e foi anotado o volume de água deslocado, em  $\text{cm}^3$ .
- Matéria seca: Para a determinação da matéria seca, as plântulas normais foram separadas em parte aérea e sistema radicular, sendo acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa a  $60^\circ\text{C}$  por 72 horas, até obtenção de peso constante. Com o auxílio de uma balança de precisão aferiu-se a massa, em mg, de matéria seca de raízes, matéria seca de parte aérea, as quais foram somadas para a obtenção da matéria seca total.
- Relação parte aérea/raiz: razão entre a quantidade de matéria seca de parte aérea e matéria seca de raiz.



Fonte: Autor.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) e quando significativo o efeito dos tratamentos, procedeu-se análise de regressão para caracteres quantitativos e teste Tukey quando qualitativos, pelo software R Core Team (2015). Os gráficos foram elaborados com uso do software Sigmaplot® (2014).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as variáveis emergência aos 14 dias (E14), emergência aos 21 dias (E21), comprimento de raiz primária (CRP), comprimento de raiz secundária (CRS), comprimento de parte aérea (CPA), número de raízes secundárias (NRS) e volume de raiz (VR).

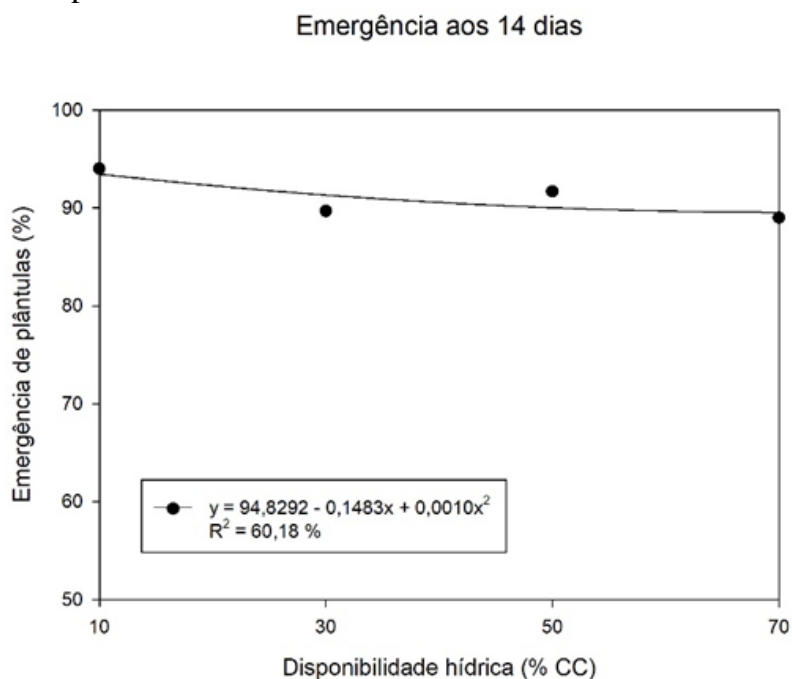
FV	GL	Quadrados médios (QM)						
		E14	E21	CRP	CRS	CPA	NRS	VR
<b>Disp. Hídrica (DH)</b>	3	<b>60,778 *</b>	<b>149,556 **</b>	1,143 <sup>ns</sup>	22,041 <sup>ns</sup>	<b>42,011 **</b>	1,752 <sup>ns</sup>	<b>12,733 *</b>
<b>Erro A</b>	12	15,222	18,278	1,506	11,186	2,413	1,270	2,643
<b>Híbrido (H)</b>	2	14,583 <sup>ns</sup>	98,583 <sup>ns</sup>	0,404 <sup>ns</sup>	<b>43,619 *</b>	<b>55,120 **</b>	2,104 <sup>ns</sup>	0,141 <sup>ns</sup>
<b>DH x H</b>	6	45,361 <sup>ns</sup>	38,472 <sup>ns</sup>	0,453 <sup>ns</sup>	16,876 <sup>ns</sup>	3,034 <sup>ns</sup>	0,642 <sup>ns</sup>	3,696 <sup>ns</sup>
<b>Erro B</b>	24	21,222	29,278	1,287	7,848	1,487	1,077	5,789
<b>Total</b>	47							
<b>CV1%</b>		4,28	5,08	6,85	12,84	4,90	16,88	21,96
<b>CV2%</b>		5,06	6,43	6,33	10,76	3,84	15,55	32,50

\*\* = significativo a 1% pelo teste F. \* = significativo a 5% pelo teste F. ns = não significativo.

A Tabela contém os resultados de análise de variância para as variáveis analisadas no experimento. Não foi constatada interação entre fatores híbridos e disponibilidade hídrica. Além disso, não foi observada diferença significativa para os níveis do fator híbrido. O que difere do encontrado para o fator disponibilidade hídrica, onde houve diferença significativa a nível de 5% de significância, pelo teste F.

A Figura 2 evidencia a análise de regressão para a emergência aos 14 dias em função dos níveis de disponibilidade hídrica e, a Figura 3, aos 21 dias. Ambas as análises se ajustaram a um comportamento quadrático, com tendência de redução da emergência com o aumento da disponibilidade hídrica.

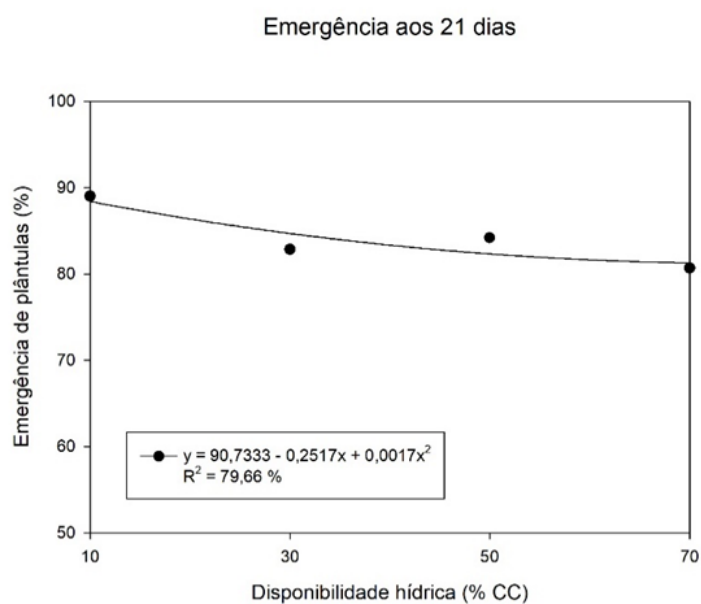
Figura 2 - Emergência de plântulas aos 14 dias (E14) em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica.



Este comportamento pode ser explicado pelo maior crescimento inicial das plantas em ambientes com mais disponibilidade hídrica, sendo demandado cada vez mais nutrientes e água. Aliado à alta densidade de plântulas na bandeja, esses recursos se esgotaram mais rapidamente, ocasionando morte e redução no estande.

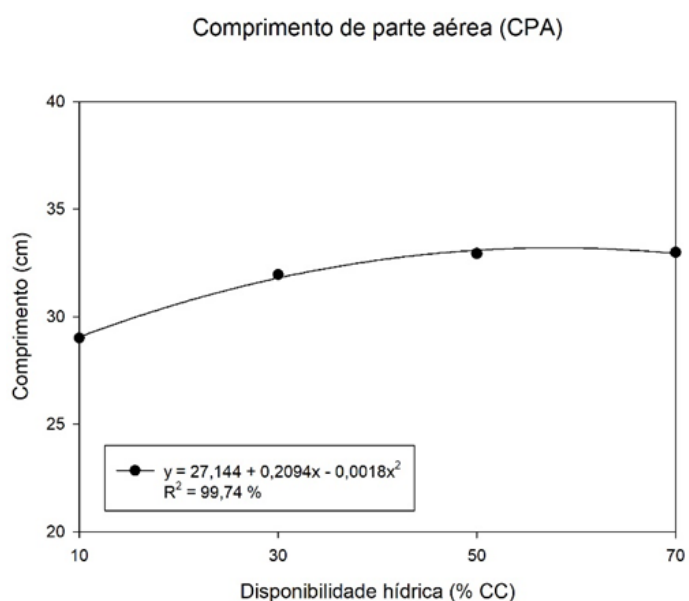


Figura 3 - Emergência de plântulas aos 21 dias (E21) em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica.



Os resultados da análise de variância presentes na Tabela 2 evidenciam que o efeito dos níveis de disponibilidade hídrica foi significativo para os parâmetros comprimento de parte aérea e volume de raízes. Para o fator híbrido, foi observada diferença significativa para comprimento de raízes secundárias e comprimento de parte aérea. A interação entre híbridos e disponibilidade hídrica não foi observada para esses parâmetros avaliados.

Figura 4 - Comprimento de parte aérea (CPA) em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

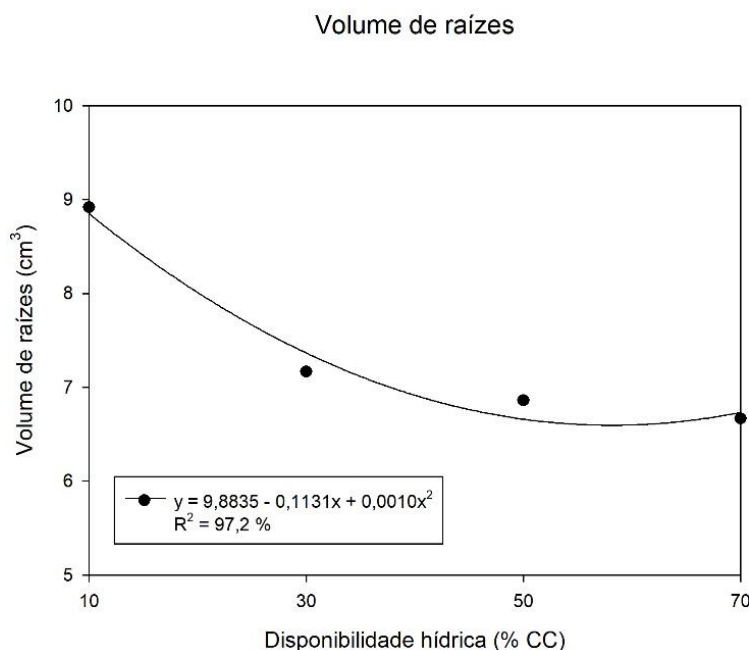


A curva de regressão do comprimento de parte aérea teve um comportamento quadrático (Figura 4), tendo um incremento no crescimento à medida que se aumentou a disponibilidade hídrica. Resultado coerente com Queiroz et al. (2019), os quais observaram que o crescimento de plântulas de milho foi muito afetado por conta do estresse hídrico.

De acordo com Vieira et al. (2010) o crescimento e desenvolvimento celular é dependente da turgescência, que é responsável pela forma de órgãos vegetais com poucos tecidos de sustentação, como por exemplo as folhas. Fato este que pode ajuda a explicar o aumento do comprimento de parte aérea com o incremento da quantidade de água disponível.

Para o volume de raízes, houve uma redução dos valores à medida que se aumentou a disponibilidade hídrica, sendo a curva de regressão ajustada também para um comportamento quadrático (Figura 5).

Figura 5 - Volume de raízes (VR) em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica.



A Tabela 3 apresenta os dados de análise de variância para os dados de matéria seca (parte aérea, raízes e total) e relação parte aérea/raiz. O fator disponibilidade hídrica foi significativo pelo teste F para a matéria seca de parte aérea, matéria seca de raízes e relação parte aérea/raiz.

O fator híbrido foi significativo pelo teste F para as características de matéria seca de parte aérea e matéria seca total. A interação entre a disponibilidade hídrica e híbridos não foi significativa para os parâmetros citados.

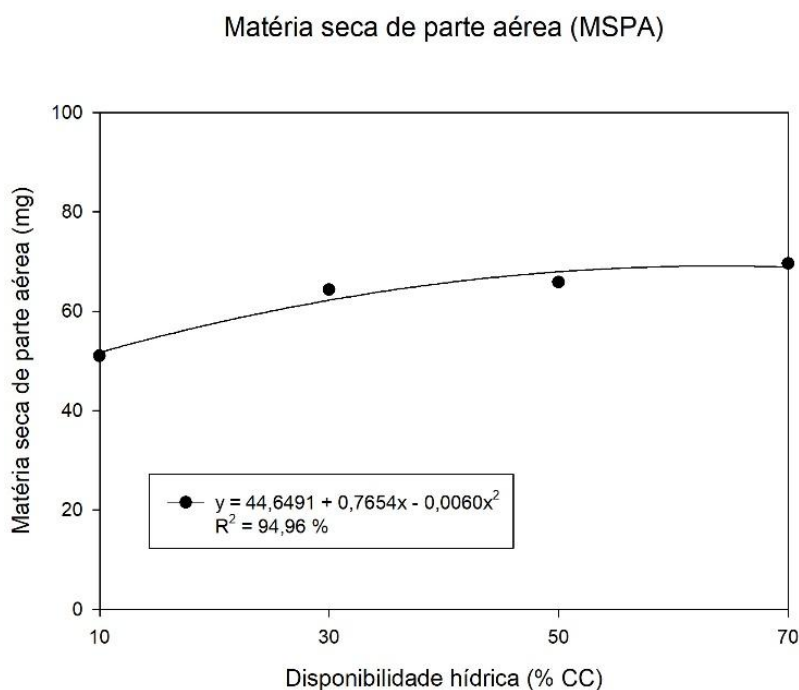
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), matéria seca total (MST) e relação parte aérea/raiz (PAR).

FV	GL	Quadrados médios (QM)			
		MSPA <sup>1</sup>	MSR	MST	PAR
<b>Disp. Hídrica (DH)</b>	3	<b>0,00070</b> **	<b>0,00164</b> *	0,00039 <sup>ns</sup>	<b>0,64115</b> **
<b>Erro A</b>	12	0,00002	0,00040	0,00038	0,05088
<b>Híbrido (H)</b>	2	<b>0,00096</b> **	0,00155 <sup>ns</sup>	<b>0,00489</b> *	0,07116 <sup>ns</sup>
<b>DH x H</b>	6	0,00004 <sup>ns</sup>	0,00106 <sup>ns</sup>	0,00093 <sup>ns</sup>	0,10291 <sup>ns</sup>
<b>Erro B</b>	24	0,00003	0,00076	0,00091	0,08368
<b>Total</b>	47				
<b>CV1%</b>		6,38	25,70	13,90	24,97
<b>CV2%</b>		7,97	35,44	21,38	32,02

\*\* = significativo a 1% pelo teste F. \* = significativo a 5% pelo teste F. <sup>ns</sup> = não significativo.

A Figura 6 mostra que a característica matéria seca de parte aérea apresentou o ajuste de equação de regressão quadrática, com o aumento da quantidade de matéria seca aliado ao aumento da disponibilidade hídrica.

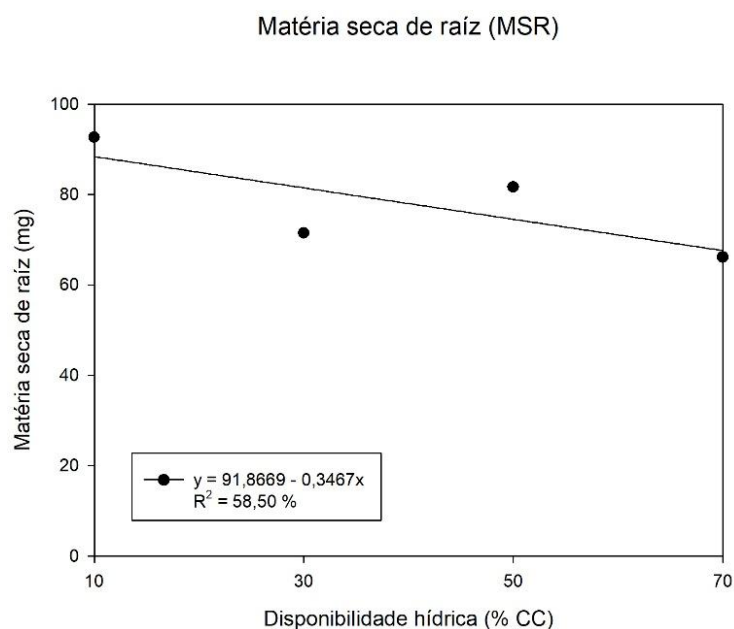
Figura 6 - Matéria seca de parte aérea (MSPA) em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica.



Como já foi relatado, a maior quantidade de água proporcionou um maior comprimento de parte aérea. Fato este que justifica um aumento da quantidade de matéria seca de parte aérea em relação ao aumento da disponibilidade hídrica. De modo geral, sob estresse hídrico, características de parte aérea são mais prejudicadas (LI et al., 2014; NAVEED et al., 2014).

A Figura 7 apresenta o gráfico de ajuste da equação de regressão para matéria seca de raízes. O parâmetro teve um comportamento linear, com a diminuição da quantidade de matéria seca, ao passo que a disponibilidade hídrica aumenta.

Figura 7 - Matéria seca de raiz (MSR) em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

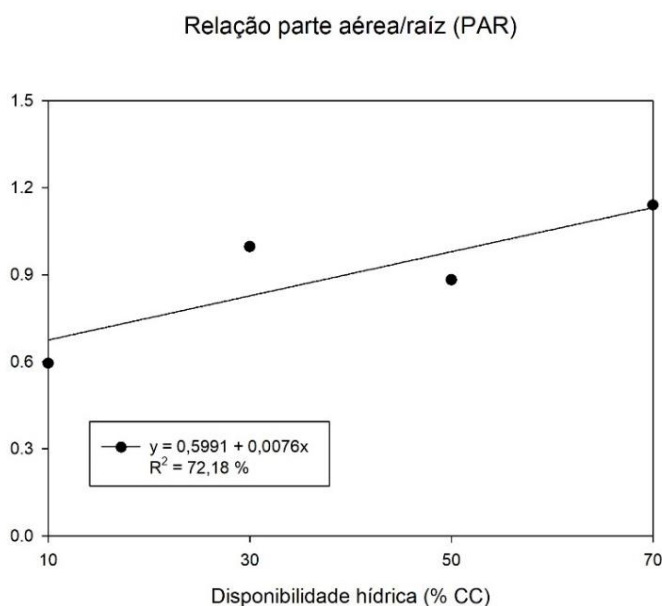


Com a baixa disponibilidade de água após a germinação, as plântulas sob restrição hídrica alocam mais recursos no enraizamento a fim de explorar maior volume de solo e aumentar a aquisição de água para satisfazer suas funções biológicas. Este resultado está de acordo com aqueles obtidos por Avramova et al. (2016), que observaram um reduzido crescimento de parte aérea e aumento na produção de raízes em plantas sob déficit hídrico.

Pode ser observado na Figura 8 o gráfico para a equação de regressão da relação parte aérea/raiz. O comportamento da curva foi linear, com o aumento da relação junto com o aumento da disponibilidade hídrica. O que está coerente com os dados de matéria seca. Quanto maior a disponibilidade hídrica, maior será a matéria seca de parte aérea, aumentando

o numerador da razão parte aérea/raiz e conseqüentemente a relação. Enquanto isso, a diminuição da disponibilidade hídrica resulta em maior desenvolvimento de raiz, aumentando sua matéria seca. Trabalhos na literatura confirmam esses resultados, indicando uma redução da relação parte aérea/raiz com a progressiva redução da disponibilidade de água (LISAR et al., 2012; NAVEED et al., 2014).

Figura 8 - Relação parte aérea/raiz (PAR) em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica.



Na Tabela 5, estão representadas as médias das características em que os híbridos obtiveram resultados significativos pelo teste F.

Tabela 5 – Teste de Tukey para as características comprimento de raízes secundárias (CRS), comprimento de parte aérea (CPA), matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST).

Híbrido	CRS <sup>1</sup> (cm)	CPA (cm)	MSPA (mg)	MST (mg)
2B647 PW	25,98 ab	32,21 a	71,4375 a	160,9375 a
BM 915 PRO	24,42 b	33,28 a	59,9375 b	131,4375 b
SHS 4070	27,72 a	29,67 b	56,6875 b	129,9375 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o comprimento de raízes secundárias, o híbrido SHS 4070 apresentou média superior ao BM 915 PRO e, esses dois não se diferenciaram do 2B647 PW. Em comprimento de parte aérea, os híbridos 2B647 PW e BM 915 PRO obtiveram média estatisticamente igual e superior ao SHS 4070. O híbrido 2B647 PW obteve maior matéria seca de parte aérea e matéria seca total que os demais, enquanto o BM 915 PRO e SHS 4070 não diferiram entre si. Estes resultados evidenciam a existência de um comportamento diferencial de híbridos sob condições de restrição hídrica. Híbridos com maior produção radicular tem sido relacionados com uma maior tolerância ao déficit hídrico (SOUZA et al., 2016). Alguns trabalhos indicam a existência de variabilidade genética sobre caracteres morfológicos em plântulas de milho, indicando a possibilidade de seleção para tolerância ao déficit hídrico (AVRAMOVA et al., 2016; ABREU et al., 2019).

## 6. CONCLUSÕES

Diante do apresentado foi possível concluir que:

- i. Menores disponibilidades hídricas favoreceram um maior crescimento radicular das plântulas.
- ii. Maiores disponibilidades hídricas proporcionaram maior crescimento da parte aérea das plântulas.
- iii. O híbrido SHS 4070 apresentou o menor crescimento de parte aérea e o maior crescimento de raízes secundárias.
- iv. O híbrido 2B647 PW apresentou os maiores valores de comprimento e matéria seca de parte aérea, bem como matéria seca total.
- v. O híbrido 2B647 PW obteve comprimento de raízes secundárias iguais ao SHS 4070.
- vi. O híbrido 2B647PW apresenta maior capacidade de tolerância à seca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 13 ago 2020.

ABREU, Viviane Maria de. Análise dialéctica e estratégias para a seleção de genótipos de milho submetidos ao estresse hídrico nas fases de germinação e emergência de plântulas/ Viviane Maria de Abreu. – Lavras : UFLA, 2016. 138p. : il.

AVRAMOVA, Viktoriya et al. Screening for drought tolerance of maize hybrids by multi-scale analysis of root and shoot traits at the seedling stage. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 8, p. 2453-2466, 2016.

BERGAMASCHI, Homero et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

CÂMARA, Tassiano Maxwell Marinho et al. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CARVALHO, Ivan Ricardo et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013.

CONAB | ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS | v. 7 - Safra 2019/20 n.10 - Décimo levantamento, julho 2020.

DA SILVA, Paulo Regis Ferreira et al. Adequação da densidade de plantas à época de semeadura em milho irrigado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 48-57, 2010.

DE ABREU, Viviane Maria et al. Combining ability and heterosis of maize genotypes under water stress during seed germination and seedling emergence. **Crop Science**, v. 59, n. 1, p. 33-43, 2019.



DE ABREU, VIVIANE MARIA et al. INDIRECT SELECTION FOR DROUGHT TOLERANCE IN MAIZE THROUGH AGRONOMIC AND SEEDS TRAITS. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 2, p. 287-296, 2017.

DURÃES, Frederico OM et al. Critérios morfo-fisiológicos utilizados para seleção de genótipos de milho visando tolerância à seca. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1996, Belém. Resumos. Belém: SBFV: EMBRAPA-CPATU, 1997. p. 291., 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: manejo e produtividade. **Piracicaba: USP/ESALQ/LPV**, 2009.

FERRÃO, Romário Gava et al. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo. **Embrapa Café-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2016.

KAPPES, Claudinei et al. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia agraria**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2009.

KAPPES, Claudinei. Sistemas de cultivo de milho safrinha no Mato Grosso. **SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA**, v. 12, p. 1-21, 2013.

LABORY, C. R. G. et al. Estimativas de parâmetros genéticos de caracteres relacionados a tolerância ao déficit hídrico no milho tropical. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. Globalização e segurança alimentar: anais. Recife: ABMS, 1998., 1998.

LISAR, Seyed YS et al. Causes, Effects and Responses. **Water stress**, p. 1, 2012.

MEEKS, Meghyn et al. Measuring maize seedling drought response in search of tolerant germplasm. **Agronomy**, v. 3, n. 1, p. 135-147, 2013. MOREIRA, Suerlani Aparecida Ferreira et al. Maize hybrids contrasting for drought tolerance differ during the vegetative stage. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1093-1106, 2020.

NAVEED, Muhammad et al. Increased drought stress resilience of maize through endophytic colonization by Burkholderia phytofirmans PsJN and Enterobacter sp. FD17. **Environmental and Experimental Botany**, v. 97, p. 30-39, 2014.

PAIXÃO, J. de S. et al. Aptidão e potencial de produção de milho em municípios de Minas Gerais. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2016.

QUEIROZ, Mariana S. et al. Drought stresses on seed germination and early growth of maize and sorghum. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, p. 310-318, 2019.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Howacorn plant develops. **Ames: Iowa State University of Science and Technology**, 1993.

SIGMAPLOT. SigmaPlot for Windows. Versão 12.0. San Jose California USA: Systat Software Inc, 2014.

SOUZA, Thiago Corrêa de et al. Corn root morphoanatomy at different development stages and yield under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 330-339, 2016.

UATE, Joaquim Vicente et al. Épocas de semeadura e distribuição espacial de plantas na produção de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 346-357, 2015.

VAZQUEZ, G. H.; DA SILVA, T. F.; DE ASSIS, A. V. POTENCIAL FISIOLÓGICO DA SEMENTE E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA GERMINAÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MILHO/PHYSIOLOGICAL POTENTIAL AND WATER AVAILABILITY ON SEED GERMINATION AND EARLY GROWTH OF MAIZE. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 7, n. 2, p. 93-104, 2013.

VIEIRA, Elvis Lima et al. **Manual de fisiologia vegetal**. edufma, 2010.

WATTOO, FAHAD MASOUD et al. Identification of drought tolerant maize genotypes and seedling based morpho-physiological selection indices for crop improvement. **Sains Malays**, v. 47, p. 295-302, 2018..