



MONIQUE SILVA LOPES

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS RELACIONADAS À
TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO EM LINHAGENS DE
MILHO**

**LAVRAS - MG
2022**

MONIQUE SILVA LOPES

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS RELACIONADAS À TOLERÂNCIA
AO DÉFICIT HÍDRICO EM LINHAGENS DE MILHO**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos
Orientadora

**LAVRAS - MG
2022**

Lopes, Monique Silva

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS RELACIONADAS À TOLERÂNCIA
AO DÉFICIT HÍDRICO EM LINHAGENS DE MILHO/ Monique Silva Lopes - 2022

26 p.

Orientador (a): Heloisa Oliveira dos Santos

Coorientador (a): Danielle Rezende Vilela

TCC (graduação) – Universidade Federal de Lavras, 2022. Bibliografia.

MONIQUE SILVA LOPES

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS RELACIONADAS À TOLERÂNCIA
AO DÉFICIT HÍDRICO EM LINHAGENS DE MILHO**

Título de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Heloisa Oliveira dos Santos	UFLA
Danielle Rezende Vilela	UFLA
Raquel Maria de Oliveira Pires	UFLA

Prof. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos
Orientador (a)

MSc. Danielle Rezende Vilela
Coorientador (a)

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me guiar e me abençoar de várias maneiras.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), especialmente ao Setor de Sementes, por toda a estrutura, orientação e toda aquisição de conhecimento.

À minha família, por todo amor, confiança e orações. Em especial a minha mãe, Lyvian, às minhas avós Aurora e Eliane e aos meus tios Luciano, Letícia e Karina. Sem vocês nada seria possível.

À Gabriela, por todo apoio, encorajamento, companheirismo e motivação nesta etapa tão importante da minha vida.

Aos meus amigos Fernanda Stark, João Sáber, Alexandre Ribeiro e Josias Reis, pelos anos de convivência, principalmente durante os estudos e confraternizações.

À professora Dra. Heloisa Oliveira dos Santos por toda orientação desde o início da graduação, paciência e disponibilidade por me orientar neste projeto.

À professora Dra. Raquel Maria de Oliveira por toda influência, conselhos e ensinamentos.

À doutoranda Danielle Rezende pelo apoio, paciência e considerações na elaboração do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os membros do NESEM, amigos do Setor de Sementes e aos funcionários do setor pela ajuda durante a execução dos experimentos.

Às oportunidades de estágio na Fazenda Chaparral Ashidani, na Fundação Procafé, na Aegro e atualmente na Bayer, por me permitirem adquirir mais conhecimentos práticos e desenvolver habilidades pessoais e profissionais.

RESUMO

A cultura do milho apresenta uma grande importância para o agronegócio e ocupa posição de destaque entre as atividades agropecuárias do Brasil. Durante a segunda safra, em geral, ocorre uma maior exposição ao estresse hídrico e isso pode afetar o desenvolvimento de plantas e a produção de grãos. A seleção de cultivares com boas características agronômicas com intuito de reduzir as perdas de produtividade é um dos objetivos dos programas de melhoramento. Além disso, deseja-se que essas cultivares sejam tolerantes ao déficit hídrico. Assim, objetiva-se neste trabalho avaliar as características agronômicas relacionadas à tolerância ao déficit hídrico em linhagens de milho contrastantes cultivadas em diferentes populações de plantas. Para as avaliações foram selecionadas quatro linhagens contrastantes em relação à tolerância ao déficit hídrico, sendo duas linhagens tolerantes (T) e duas linhagens não tolerantes (NT). Após a seleção das linhagens contrastantes quanto à tolerância ao estresse hídrico, foi implantado o experimento de campo. Os caracteres indiretos relacionados à tolerância à seca avaliados serão florescimento masculino e feminino, intervalo entre os florescimentos feminino e masculino em dias (IFMF), altura de plantas, altura da inserção da primeira espiga, peso dos grãos de cada subparcela e diâmetro de colmo. Maiores alturas de plantas, inserção da primeira espiga e maiores produção de grãos foram observadas quando se utilizou a população de 120 mil plantas ha⁻¹. Maior produção de grãos foi observada para a linhagem 91. Maiores intervalos de florescimento masculino e feminino foram observados em plantas das linhagens 57 e 24, quando se utilizou maior densidade populacional. Há aumento da altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga quando a densidade populacional de plantas de milho é aumentada. Em maiores densidades populacionais, utilizadas para simular a deficiência hídrica, há aumento entre o intervalo de florescimento masculino e feminino, em linhagens não tolerantes à seca.

Palavras-chave: *Zea mays*, população de plantas e tolerância a seca.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A cultura do milho no Brasil	3
2.2 Fenologia	5
2.3 Consequências do déficit hídrico em milho	7
2.4 Melhoramento genético para tolerância ao déficit hídrico	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Seleção de linhagens contrastantes	11
3.2 Implatação e condução do experimento	12
3.3 Implantação e condução do experimento	11
3.4 Avaliação de caracteres indiretos relacionados à tolerância à seca	11
3.5 Análises estatísticas	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 Dados climáticos durante a condução do experimento	14
4.2 Características morfoagronômicas relacionadas a tolerância ao déficit hídrico	15
5. CONCLUSÕES	20
6. REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho representa grande importância para o agronegócio no Brasil e no mundo. Na safra 2020/21, a área utilizada para sua produção teve um aumento de 7,2% em relação à safra passada, ocupando 19,8 milhões de hectares. A produção total foi de 85,7 milhões de toneladas, isso representa o pior registro desde 2017/18. Estima-se que na safra 2021/22, o Brasil irá produzir 115,6 milhões de toneladas, indicando um aumento de 32,7% em relação à safra anterior (CONAB, 2022).

Mesmo com esse aumento na produção total, é necessário destacar que ocorreu uma queda de 20,4% na produtividade de milho no Sul do país, na safra 2021/22. A região durante a primeira safra, sofreu com um forte déficit hídrico causado pela falta de chuvas no final de 2021 e início de 2022. Por outro lado, a segunda safra irá produzir aproximadamente 88,5 milhões de toneladas no cereal, representando um aumento de 36,3% da produtividade ao longo do segundo ciclo (CONAB, 2022).

Há vários fatores que determinam o potencial produtivo do milho, o potencial é definido pela interação entre as cultivares e os fatores decorrentes do meio, como a densidade populacional e os fatores ambientais (RESENDE et al., 2003). De acordo com ZHUANG et al. (2007), durante o desenvolvimento da cultura, o déficit hídrico causa enormes prejuízos e pode reduzir de modo significativo a produtividade.

Nas últimas safras brasileiras verifica-se um decréscimo na área plantada na primeira safra e um aumento na área na segunda safra (CONAB, 2022). A semeadura de milho realizada na segunda safra ocorre maior instabilidade climática. Nesse período, há elevada probabilidade de ocorrer queda significativa nos índices pluviométricos (SCHLICHTING et al., 2014). No cenário de estresse como a seca, as plantas reagem para evitar ou tolerar essa limitação do clima. Essa reação ativa mecanismos fisiológicos que afetam o seu crescimento e desenvolvimento (MAGALHÃES, et al., 2002).

Os principais fatores de sucesso no milho segunda safra são a época de semeadura e a escolha correta do híbrido, de acordo com a região. Na maioria dos estados, quando a semeadura é realizada no final de janeiro até meados de fevereiro, a lavoura apresenta um maior potencial produtivo, já que as fases de florescimento e enchimento de grãos ocorrem em abril, o mês em que, de acordo com os dados históricos se registra o final do período de excedente de água. As semeaduras que ocorrem mais tardiamente, no final de

fevereiro e início de março, representam maiores riscos, pois os estádios de florescimento e enchimento de grãos ocorrerão em situações de falta de água. (COSTA et al., 2017).

Na fase vegetativa, a falta de água pode resultar na redução da altura de plantas, expansão da área foliar e de massa seca. Mas, a fase mais crítica é durante o período reprodutivo, onde pode acontecer a inibição do florescimento e abortamento dos grãos (PIAS et al. 2017; ZHAO et al. 2018). Mesmo em ano climaticamente favoráveis, se ocorrer déficit hídrico no período crítico, pode haver redução de rendimento (BERGAMASCHI et al., 2004). Diante dos problemas causados pelo déficit de água, a seleção de cultivares com boas características agronômicas e tolerantes a seca, é um dos alvos dos programas de melhoramentos, a fim de minimizar perdas na produção de grãos (TUBEROSA, 2012).

A densidade populacional tem grande influência sobre o desempenho agronômico do milho, pequenas alterações na população de plantas podem afetar de modo significativo a produtividade (Piana et al., 2008). Para simular a condição de estresse hídrico, pode-se utilizar nos programas de melhoramento altas populações de plantas para selecionar genótipos, já que as plantas competem pelos recursos disponíveis.

Neste contexto, objetiva-se neste trabalho avaliar as características agronômicas relacionadas à tolerância ao déficit hídrico em linhagens de milho contrastantes cultivadas em diferentes populações de plantas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do milho no Brasil

O milho (*Zea mays*) é uma planta alógama pertencente à família Graminea/Poaceae (MAGALHÃES, 2002). É uma das principais culturas estabelecidas em todos os continentes, nos mais variados ambientes e climas. No Brasil, seu cultivo está presente do norte ao sul do país, sendo uma cultura que possui elevada importância econômica e social devido ao seu valor nutricional, baixo custo e, a viabilidade de produção em pequenas e grandes escalas. Sua produção fornece matéria-prima a indústria, participando da composição de produtos largamente utilizados da alimentação humana e animal (GALVÃO et al., 2014).

A safra do milho é realizada com uso elevado de tecnologia, representando um alto investimento para os produtores rurais. Existem aproximadamente 21 empresas produtoras de sementes no Brasil, as quais desenvolvem, produzem e comercializam sementes. A maioria dos materiais são híbridos e aproximadamente 86,4% são híbridos simples. Além disso, 67% de todos os materiais híbridos são transgênicos. (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2020). O valor da semente de milho na última década, teve um aumento considerável em função das cultivares transgênicas (CAMARGO, 2018).

A semeadura de milho no Brasil se caracteriza pela divisão em duas épocas principais. A primeira é o plantio de verão, mais conhecida como primeira safra, realizado no final do mês de agosto no Sul e nos meses de outubro a novembro no Sudeste e Centro-Oeste. A segunda safra ou safrinha é plantada de janeiro a março, após a colheita da soja precoce. Existe uma terceira safra que ocorre no Nordeste, mais especificamente nas regiões do Sergipe, Roraima e Amapá. (CONAB, 2022). Nos últimos anos a produtividade média do milho safrinha tem sido maior que no milho primeira safra, devido ao maior nível tecnológico dos agricultores, manejo adequado e adoção de boas práticas agrícolas e dos híbridos mais adaptados ao sistema de produção (PEREIRA et al., 2009).

O cultivo do milho durante a segunda safra se tornou possível devido às pesquisas que adaptaram os cultivos, reduzindo o ciclo das culturas de verão (SANGOI et al., 2016). Contudo, o milho segunda safra é uma alternativa para realizar a sucessão à soja e outras culturas, sendo conhecido como o principal fornecedor de palhada para o plantio direto. Além de diminuir os riscos financeiros do produtor que planta essas duas commodities, é possível um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis na fazenda.

A área plantada de milho segunda safra superou a área de milho primeira safra. Apesar do sucesso desse sistema integrado de produção, vale ressaltar que as condições climáticas na safrinha não são tão favoráveis, principalmente em relação a disponibilidade hídrica, uma vez que essa fase engloba o final da estação chuvosa. (SCHLICHTING et al., 2014).

Durante a safrinha, o período de seca coincide com um momento crucial para as lavouras de milho. O déficit de água durante o enchimento de grãos, período crítico da cultura, pode resultar em perda de fertilidade do pólen, aborto de grãos e falha de sincronismo na polinização (OTEGUI et al., 1995). Ainda que, a segunda safra é marcada por condições de instabilidade do clima, na primeira safra também pode acontecer essas limitações.

Na safra 2019/20 em Minas Gerais, houve atraso no plantio do milho segunda safra, em razão do atraso na colheita das safras de verão. O plantio fora da janela ideal, traz prejuízos devido aos baixos índices pluviométricos no período em que a cultura necessita de água para completar o seu ciclo reprodutivo. (CONAB, 2019).

Os períodos de estiagem vêm sendo cada vez mais frequentes e explícito. A influência desses efeitos climáticos depende do genótipo e, para minimizar os impactos negativos sobre a produtividade agrícola, é necessário a seleção de genótipos mais tolerantes à seca ou déficit hídrico.

2.2 Fenologia

Segundo Streck et. al. (2013) o crescimento e desenvolvimento são processos distintos, mas que se relacionam. O crescimento se diz a respeito ao aumento irreversível nas dimensões do órgão ou da planta inteira e o desenvolvimento da planta, refere-se a processos referentes à diferenciação celular, morfogênese, aparência do órgão e prolonga-se até a senescência da planta.

Altas produtividades são alcançadas quando é realizado um bom manejo e para o sucesso do manejo é essencial conhecer o desenvolvimento do milho (FANCELLI & DOURADO NETO, 2003). Entender sobre esse assunto é tão importante que atualmente o monitoramento do crescimento das culturas pode ser feito com sensoriamento remoto, sendo possível observar mudanças no padrão de desenvolvimento ou até mesmo a identificação de anomalias (SEO BUMSUK et. al, 2019).

De acordo com os estudos de Fancelli & Dourado Neto (2000), o ciclo da cultura do milho é formado por cinco diferentes etapas: (i) germinação e emergência; (ii) crescimento vegetativo; (iii) florescimento e polinização; (iv) fecundação e enchimento de grãos e; (v) maturidade. O milho atinge a maturidade fisiológica quando acontece o aparecimento da camada negra, o que significa o final do ciclo da cultura.

O ciclo do cultivo do milho no Brasil, dependendo do material genético, pode variar entre 110 e 180 dias. As fases dos estados fenológicos variam de acordo com as condições da região, data da semeadura e as condições da safra. Como o milho é uma cultura muito sensível a variações climáticas, a duração de uma fase para outra depende muito das condições edafoclimáticas (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

O desenvolvimento da planta milho é dividido em período vegetativo (V) e reprodutivo (R). No campo, em condições favoráveis e ótimas de temperatura e umidade, ocorre a embebição das sementes, após isso a protrusão da radícula, seguida pelo coleóptilo, e plúmula. Com isso, temos o primeiro estágio da fase vegetativa, a emergência (VE), o milho atinge esse estágio devido a ligeira alongação do mesocótilo, o qual empurra o coleóptilo para a superfície do solo. No estágio VE as raízes também começam a crescer, o ponto de crescimento abaixo da superfície do solo é onde origina-se o sistema radicular definitivo ou raízes nodais (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

O estágio V1, V2 e V3 são caracterizados quando uma, duas e três folhas, respectivamente, estão completamente desenvolvidas. Vale ressaltar que, nos estádios de V3 a V5 a planta está estabelecendo a produção potencial, ou seja, o número máximo de

grãos. No V5, inicia a formação do pendão e o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície. Além disso, a iniciação das folhas e das espigas estarão completas no V5 (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

No estágio V6, o colmo inicia a rápida alongação. Além disso, é nesse estágio que ponto de crescimento e o pendão estão acima da superfície do solo. Entre os estágios V7-V10, acontece uma demanda importante de água devido ao desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, início pendão, e alongação do caule. O estágio V8, é marcado pelo começo da queda das primeiras folhas e pela fase que o número de fileiras de grãos é definido. A definição dos grãos em potencial, o tamanho das espigas e a formação das raízes adventícias ocorre nos estágios que correspondem o V10 ao VT. A partir do VT, inicia-se o período crítico para a produtividade da cultura e se alonga até a polinização. (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A polinização ou estágio R1 se inicia quando o grão de pólen entra em contato com o estilo-estigma. Após a fecundação, no estágio R2, os açúcares fazem parte da composição do grão. Depois dessa fase, o grão passa a acumular matéria seca, ou seja, ocorre a acumulação de amido e a umidade nos grãos começa a diminuir. O estágio de grão leitoso ou R3, ocorre a transformação dos açúcares em amido. Essa fase é conhecida como aquela em que a densidade dos grãos é definida (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

No estágio R4, o grão passa de um estado leitoso para uma consistência pastosa. Com isso, ele ganha mais consistência. Na formação de dente ou concavidade na parte superior do grão, o milho está em R5, os grãos passam do estado pastoso para o farináceo. Por fim, na maturidade fisiológica ou estágio R6, a camada preta é formada e inicia-se o processo de senescência natural das folhas, o teor de umidade do grão é 30-25%. A temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura nos estágios reprodutivos deve permanecer entre 24 e 30 °C. (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

2.3 Consequências do déficit hídrico em milho

A água é um recurso de extrema importância para o desenvolvimento dos cultivos agrícolas, ela participa de muitos processos fisiológicos, como o processo fotoquímico da fotossíntese, a absorção e transporte de nutrientes. Além disso, ela é essencial para a manutenção das funções dos tecidos, células e organismo, pois está presente aproximadamente em 95% da biomassa verde das plantas (Taiz & Zeiger 2009; Chavarria & Santos 2012).

De acordo com Souza (2017), a baixa disponibilidade de água no solo ocasiona a eliminação do fluxo contínuo de água no sistema solo-planta-atmosfera, o primeiro sintoma observado na cultura do milho nesta situação é o enrolamento das folhas. Além do enrolamento, acontece o fechamento estomático, devido à diminuição do potencial hídrico. Como consequência, a planta reduz a transpiração e a fotossíntese, refletindo assim na sua produção.

Quando a planta desenvolve mecanismo de adaptação às condições de estresse, como a seca, ocorre eventos integrados em todos os níveis de organização, envolvendo modificações moleculares, celulares e morfoanatômicas (NOGUEIRA et al. 2005). Essas modificações na morfologia, fisiologia e no desenvolvimento têm base genética (TEIXEIRA et al. 2008).

O milho é cultivado em regiões em que as precipitações variam de 300 a 5.000 mm anuais, mas a quantidade que uma planta consome durante o seu ciclo está em torno de 600 mm. (MAGALHÃES et al, 2002). Quando é relatado a limitação do déficit hídrico durante a fotossíntese do milho, temos dois tipos de restrição. O primeiro é a limitação “estomática” que é relacionada ao fechamento dos estômatos, diminuindo a condutância estomática. A segunda é a limitação “não estomática”, a qual inibe ou danifica o metabolismo das enzimas e das reações fotoquímicas. A intensidade destas restrições dependerá do período de estresse que planta sofre, do genótipo e do tempo de exposição (SOUZA, et al., 2013b, 2016).

O solo precisa oferecer um ambiente ótimo durante a germinação, pois a água é muito importante para a semente retomar as atividades metabólicas após a maturidade fisiológica. Em situações que o teor de água no solo é diminuído, a velocidade da germinação também é reduzida (MARCOS FILHO, 2005). Segundo Henrique et al (2021), genótipos de milho apresentam respostas distintas quanto a tolerância a condições de estresse provocado por indisponibilidade hídrica, durante a germinação.

A limitação da falta de água na produção do milho é importante principalmente em três estádios de desenvolvimento: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, momento da definição do potencial de grãos b) fertilização, o qual se fixa o potencial de produção, fase essencial para evitar que o grão de pólen se desidrate e que assegure o desenvolvimento e a penetração do tubo polínico c) período de enchimento de grãos, fase em que ocorre o aumento na deposição de matéria seca. (Magalhães et. al., 2009; Souza et al., 2013a).

Além da disponibilidade de água, fatores de elevadas ou baixas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, salinidade e radiação também estão presentes nas lavouras (SONG et. al., 2005). A emergência das plântulas de milho só acontece em condições adequadas de temperatura e umidade, caso contrário, se o meio se encontra em condições de baixa temperatura e pouca umidade, a germinação pode demorar até duas semanas ou mais (DURÃES, 2011).

Durante o ciclo, o milho apresenta necessidade de água no período entre o florescimento e início de formação de grãos, mas o período de máxima exigência da cultura coincide com a fase do embonecamento. Por esse motivo, déficits de água nesse período são os que provocam reduções significativas de produtividade (MARQUES et al, 2003). Quando a falta de água ocorre anterior ao embonecamento, a produtividade pode ser reduzida em torno de 20 a 30%. No momento do embonecamento em 40 a 50% e após 10 dias de embonecamento em 20% (CRUZ et al., 2016).

Existem muitos parâmetros da cultura para serem avaliados quando a planta está sob condição de estresse, um deles é a sincronia de florescimento masculino e feminino (IFMF). (SANTOS et al., 2003). Como o milho é sensível nesse estágio fenológico, o déficit pode provocar um aumento no intervalo de florescimento masculino e feminino (EDMEADES et al., 2000). Esse intervalo é uma característica morfoagronômica muito importante para a seleção de genótipos de milho tolerantes ao déficit hídrico (PATERNIANI et al., 2015).

2.4 Melhoramento genético para tolerância ao déficit hídrico

O melhoramento genético contribui fortemente com a evolução do cultivo do milho no Brasil. Até a década de 80, o milho era plantado somente na safra de verão (CANTELMO, et. al, 2018). O desenvolvimento de novos híbridos com alto desempenho, grande potencial produtivo e com ciclos precoces, torna viável a implantação do sistema de produção, soja no verão e milho segunda safra.

O agricultor possui necessidades específicas que precisam ser atendidas na escolha de uma cultivar. A diversificação de cultivares é muito importante para diluir os riscos econômicos, sendo possível a escolha de materiais com diferentes ciclos para impedir que o florescimento, período crítico da cultura, seja concentrado em um mesmo período. Além disso, permite a escolha da cultivar com a tecnologia apropriada ao manejo desenvolvido na propriedade (SILVA et al.,2018).

A tolerância ao déficit hídrico é uma das principais características trabalhadas no melhoramento genético do milho tanto no Brasil como em todo mundo, além do mais, uma eficiência maior do uso de água passa a ter um grande impacto para obtenção de culturas agrícolas que sejam mais sustentáveis, que diminuam seus impactos nas mudanças climáticas (COOPER et al., 2014).

Os híbridos tolerantes ao déficit hídrico podem ser obtidos através do cruzamento de linhagens tolerantes ao déficit hídrico com linhagens que foram selecionadas pela elevada capacidade geral de combinação em ambientes favoráveis. Isso poderá resultar em híbridos com tolerância ao déficit hídrico e com alta produtividade (DERERA; TONGOONA; VIVEK, 2008). É essencial identificar genótipos tolerantes ao déficit hídrico com elevado potencial de produção e que tenham ampla adaptabilidade e estabilidade.

De acordo com Figueiredo et al., (2015) as características necessárias para o milho primeira safra, são diferentes para o milho segunda safra. Com este cenário, os desafios das empresas que produzem sementes são inúmeros e distintos para essas duas diferentes épocas de semeaduras. A safrinha é cultivada em um ambiente heterogêneo e complexo, portanto é exigido dos programas de melhoramento a presença de interação significativa do híbrido com o ambiente. Isso demonstra a importância da seleção de genótipos com boas características agronômicas.

Dentre os atributos que podem ajudar na resistência à seca e, que têm sido levados em consideração no melhoramento, destacam-se: a) sistema radicular abundante e/ou

denso ou maior relação raiz/parte aérea; b) maior espessura e cerosidade da cutícula foliar c) comportamento e frequência estomática d) ajuste osmótico e) maior resistência à desidratação celular f) etc. (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

Os programas de melhoramento para tolerância ao déficit hídrico têm um papel importante na seleção de características que permitem tolerar diversos estresses que a cultura é sujeita, a exemplo altas densidades de plantas (WIDDICOMBE; THELEN, 2002). Quando se utiliza maiores densidades, as condições de clima e nutrientes devem ser favoráveis, para que não ocorra competição por luz, nutrientes e água.

A densidade populacional interfere de forma direta a produtividade da cultura, visto que, influencia na competição inter e intraespecífica por recursos do solo, em especial água e nutrientes, além de provocar mudanças morfofisiológicas nas plantas (ARGENTA et al., 2001). A cultura do milho é bastante sensível a variação na densidade, já que não possui plasticidade. Além do mais, seu desempenho é reduzido em elevadas densidades por causa da sua morfologia (CORRÊA, 2018).

Em condições de adensamento, ocorre aumento do intervalo de florescimento e da esterilidade por causa do atraso da emissão do estilo estigma, visto que o mesmo acontece em plantas submetidas ao déficit hídrico (CALONEGO et al, 2011; SANGOI et al., 2006). O aumento da população de planta intensifica a competição pelos recursos do ambiente e a disponibilidade de água. Ao decidir a densidade populacional, é necessário levar em consideração a cultivar, a época de plantio, fertilidade e disponibilidade hídrica. Mas, o fator que mais limita a produção é a disponibilidade de água. (MATZENAUER et al.,2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, cujas coordenadas são latitude 21°14'38" S, longitude 44°58'19" W e altitude de 918,80m. O clima de Lavras, de acordo com a classificação climática de Köppen é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical. A temperatura média anual é de 19,4°C, e a precipitação anual normal é de 1529,70 mm. A pluviosidade se distribui, principalmente de outubro a abril.

O preparo do solo foi feito de modo convencional e as correções foram feitas de acordo com a análise química.

3.1 Seleção de linhagens contrastantes:

A seleção das linhagens utilizadas no experimento foi realizada de acordo com os resultados obtidos por Abreu et al, (2018). Foram selecionadas quatro linhagens contrastantes em relação à tolerância a seca, sendo essas a L91-T, L32-T (tolerantes) e as linhagens L57-NT e L24-NT (não tolerantes).

Linhagem 91 Linhagem 32	Tolerantes
Linhagem 57 Linhagem 24	Não tolerantes

Fonte: Resultados obtidos por Abreu et al, (2018)

3.2 Implantação e condução do experimento:

A semeadura foi realizada durante a segunda safra de 2020, no dia 20/03/20, foram utilizadas duas populações de plantas, 60 e 120 mil plantas ha⁻¹. O plantio foi feito de forma manual e após 30 dias foi realizado desbaste para o ajuste da população de plantas desejada.

3.3 Avaliação de caracteres indiretos relacionados à tolerância à seca:

a) Florescimento masculino e feminino: foi determinado pelo número de dias ocorrido da semeadura até que 50% das plantas de cada parcela apresentassem antese e estilo-estigmas visíveis. O florescimento masculino foi definido quando houve liberação do pólen e o florescimento feminino quando os estilo-estigmas atingiram pelo menos 1 cm de comprimento;

b) Intervalo entre os florescimentos feminino e masculino em dias (IFMF): o intervalo entre os florescimentos foi determinado pela diferença da semeadura, em dias, dos florescimentos feminino e masculino.

c) Altura de plantas: ao final da fase de florescimento foram avaliadas 10 plantas escolhidas aleatoriamente, das duas linhas de cada subparcela, e com auxílio de régua graduada foi medida a altura do nível do solo até a última folha completamente expandida (cm);

d) Altura da inserção da primeira espiga: ao final da fase de florescimento foram avaliadas 10 plantas escolhidas aleatoriamente das duas linhas centrais de cada subparcela, e com auxílio de régua graduada foi medida a altura do solo até o nó de inserção da primeira espiga (cm);

e) Peso dos grãos de cada subparcela (Kg/Subparcela): foi obtido por meio do peso de grãos obtido na área útil de cada subparcela, expresso em kg.

f) Diâmetro do colmo: ao final da fase de florescimento foram avaliadas plantas escolhidas aleatoriamente, e com auxílio de régua graduada foi medida o diâmetro do primeiro internódio acima do nível do solo (cm).

3.4 Delineamento experimental:

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com seis repetições, no esquema de parcelas subdividas no espaço, sendo as diferentes populações de plantas dispostas na parcela. Cada parcela foi composta por 6 linhas com 16 metros, no espaçamento de 0,6 m entre linhas. Nas subparcelas, compostas por 2 linhas com 4

metros de comprimento cada, foram dispostas as linhagens. Foi considerada parcela útil as duas linhas de semeadura de cada parcela.

3.5 Análises estatísticas:

As análises dos resultados dos caracteres indiretos foram feitas utilizando o modelo de parcelas subdividas no espaço e a comparação das médias dos tratamentos foi feita pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas no *software R* usando o pacote ExpDes (FERREIRA et al, 2014).

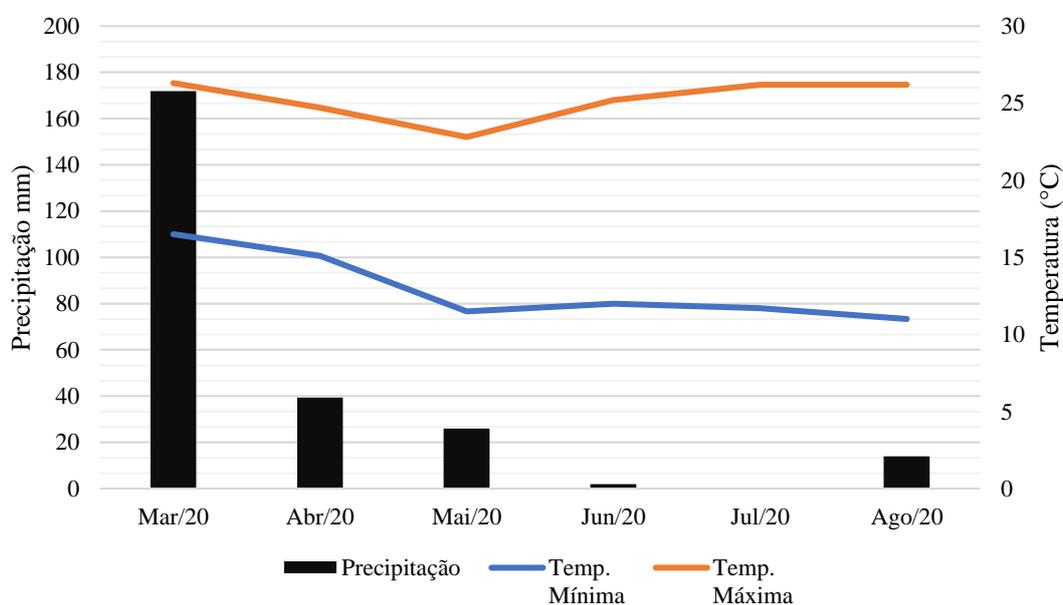
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados climáticos durante a condução do experimento

Os dados de temperatura média e precipitação, durante a condução do experimento em campo, estão apresentados na Figura 1. Por meio da análise dos dados observa-se que a precipitação após o mês de março foi baixa, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento das plantas. Já no período de florescimento, houve queda significativa nos índices pluviométricos, o que influenciou negativamente na produtividade do milho, uma vez que é uma das fases de mais demanda de água.

Na fase de enchimento de grãos as plantas foram expostas por um período de veranico, o que pode ter influenciado o peso dos grãos. A temperatura média ao longo do ciclo da cultura foi de 19°C e a precipitação total foi de 253 mm.

Figura 1. Variações mensais de precipitação (mm) e temperatura mínima e máxima (°C) no período de março a agosto na safra 2019/20, na cidade de Lavras – MG.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – 2020.

4.2 Características morfoagronômicas relacionadas a tolerância ao déficit hídrico

De acordo com os resultados da análise de variância (TABELA 1), observa-se diferenças significativas para as linhagens, para todas as características que foram avaliadas.

Para as diferentes densidades populacionais, foram observadas diferenças para o florescimento feminino, florescimento masculino, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e peso dos grãos de cada subparcela.

Houve interação significativa entre as linhagens e as densidades populacionais para as características: intervalo de florescimento feminino e masculino e altura de plantas. Isso indica que as linhagens se comportaram de modo diferente sob diferentes populações.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos dados para os caracteres de Florescimento Feminino em dias (FF), Florescimento Masculino em dias (FM), Intervalo de Florescimento Masculino e Feminino em dias (IFMF), Altura de Plantas em cm (API), Altura de Inserção da Primeira Espiga em cm (AIE), Diâmetro do colmo em cm (DC), Peso dos grãos de cada subparcela em kg (KG/P).

FV	GL							
		FF	FM	IFMF	API	AIE	DC	KG/P
Dens. Pop.	1	180,18**	70,08*	33,33	4368,2**	1481,85**	0,05	0,06*
Bloco	5	15,87*	1,13	10,58	102,4	16,78	0,06	0,00
Erro 1	5	1,63	5,48	8,63	106,0	21,42	0,09	0,00
Linhagem	5	103,47**	101,17**	144,08**	1325,0**	107,42**	1,85**	0,01**
Lin* Dens.	5	9,854	7,14	23,33*	186,8**	21,03	0,31	0,00
Erro 2	30	4,28	4,32	6,54	40,8	13,05	0,21	0,00
CV 1 (%)		1,31	2,64	32,80	15,84	15,37	5,33	57,31
CV 2 (%)		2,12	2,34	28,55	9,83	11,99	8,01	61,82

*, ** Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Fonte: da autora (2019)

Pode ser observado diferenças nos dados referentes ao período (dias) para a ocorrência do florescimento masculino e feminino entre as diferentes linhagens (TABELA 2). Houve diferenças, não tão expressivas, mas foi observado maior período de emissão do estilo estigma

em plantas da linhagem 24, 32, 57 e 91, respectivamente. Para o florescimento masculino, o maior período para a antese foi visto em plantas das linhagens 32 e 91.

Para Viçosi et al (2017), o desenvolvimento do milho é prejudicado quando submetidas à ambientes em déficit hídrico. O florescimento pode ser atrasado e o ciclo da cultura ser alterado. Além disso, a falta de água pode causar alterações em relação ao sincronismo e entraves na etapa de fertilização dos óvulos (GUIMARÃES, 2018).

No que se refere à altura de inserção da primeira espiga, a linhagem 57 apresentou o maior valor de altura de inserção, enquanto, as linhagens 24, 91 e 32 não tiveram diferenças significativas entre si (TABELA 2).

O maior diâmetro do colmo foi observado em plantas das linhagens 32 e 91, e menor diâmetro foi observado nas plantas das linhagens 57 e 24, classificadas como não tolerantes. A qualidade do colmo é um fator que deve ser considerado no desenvolvimento de novas cultivares, visto que, um colmo de qualidade apresenta resistência ao quebramento e ao acamamento. Estas características variam de acordo com o híbrido e pode ser afetada pelo manejo da lavoura. Durante a colheita do milho segunda safra, o colmo deve se manter intacto para a que as perdas pelo quebramento sejam minimizadas (CANTELMO et, al. 2018).

O milho acumula grande quantidade de carboidratos e outros compostos orgânicos no colmo, assim, podem fornecê-los em período de estresse ou até mesmo na fase de enchimento de grãos, com isso, o diâmetro do colmo é um aspecto importante na amenização do estresse e na maior eficiência na fase reprodutiva (RODRIGUES et, al. 2018). As linhagens que são classificadas como tolerantes apresentaram maiores diâmetros de colmo.

O maior peso dos grãos em cada subparcela, foi observado na linhagem 91, a qual é classificada como tolerante. A linhagem 24, classificada como não tolerante, apresentou um menor peso dos grãos. O estresse abiótico ocorreu no período crítico da cultura, durante o florescimento, reduzindo a produtividade com a má granação o enchimento de grãos (SHUELTER, 2009; SILVA et al., 2015). Demonstrando assim a maior resistência das linhagens tolerantes a seca comparadas às linhagens não tolerantes.

Na fase de enchimento de grãos as plantas foram expostas por mais um período de veranico, o que pode ter influenciado o peso dos grãos.

Tabela 2- Resultados médios para os caracteres Florescimento Feminino(dias)(FF), Florescimento Masculino (dias) (FM), Altura de Inserção da Primeira Espiga em cm (AIE), Diâmetro do colmo em cm

(DC), Peso dos grãos de cada subparcela em kg (KG/P), Peso da espiga em g (PE) e Número de grãos por espiga (NGE).

Linhagem	FF	FM	AIE	DC	KG/P
L91	94,5b	89,33b	28,66b	6,00a	0,09a
L32	99,33a	92,25a	28,48b	6,23a	0,06ab
L57	95,5b	85,5c	34,6a	5,46b	0,04ab
L24	100,58a	87,25bc	28,71b	5,44b	0,01b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

Nos resultados observados para os caracteres: florescimento feminino, florescimento masculino, em diferentes populações (TABELA 3), observou-se, maior período de florescimento na população de 60 mil plantas.ha⁻¹. De acordo com Magalhães et al, (2006), 75% das espigas devem apresentar os seus estilos-estigmas expostos, depois do período de 10 a 12 dias posterior ao aparecimento do pendão.

Já para os caracteres de altura de inserção da primeira espiga e peso dos grãos de cada subparcela (TABELA 3), houve maiores valores para a população de 120 mil plantas.ha⁻¹. O maior número de plantas por hectare, aumenta o número de espiga por hectare, assim, o aumento da população de plantas permite incremento da produtividade de grãos (PEREIRA et al. 2018 & CORRÊA 2018).

Quando a população de plantas é aumentada, verifica-se um aumento na altura da inserção na espiga (CANOLEGO et al, 2011 & SILVA et al., 2014). O crescimento vertical é favorecido quando se tem uma maior densidade populacional, como as plantas competem por recursos do meio, nessa situação ocorre maior competição por luz (NASCIMENTO et al., 2017, PEREIRA et al., 2017).

Densidades acima do recomendado, estimulam modificações na arquitetura foliar e no desenvolvimento da planta, causando a alongação dos entrenós, a produção de caules mais longos e de menor diâmetro, elevando a dominância apical e altura de inserção de espigas. Isso pode favorecer o acamamento (LIU et al., 2009). Essas modificações foram observadas na linhagem 57.

Tabela 3- Resultados médios para os caracteres Florescimento Feminino (dias)(FF), Florescimento Masculino (dias) (FM), Altura de Inserção da Primeira Espiga em cm (AIE), Peso dos grãos de cada subparcela em kg (KG/P).

Densidade de Populacional	FF	FM	AIE	KG/P
---------------------------	----	----	-----	------

60 mil plantas/ha	99,42a	89,79a	24,56b	0,01b
120 mil plantas/ha	95,54b	87,37b	35,67a	0,08a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos resultados da interação linhagem x densidade populacional para o intervalo de florescimento masculino e feminino (IFMF) (TABELA 4), não houve diferença significativa para o IFMF em plantas desenvolvidas sob diferentes populações para as linhagens 91, 32 e 57. Nas plantas da linhagem 24, classificada como intolerante, maiores intervalos de florescimento foram observados quando se utilizou menor população de plantas. Na população de 120.000 pl.ha⁻¹ maior intervalo de (IFMF) foi observado na linhagem 24.

Sob condições de déficit hídrico, há retardamento da emissão do estilo estigma, o que causa o desincronismo entre o florescimento masculino e feminino. Assim, quanto maior a intolerância à seca, maior será o tempo entre a antese e a emissão dos estilo-estigmas. Destaca-se que, quanto maior o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, maior a chance de os grãos de pólen serem liberados das anteras e sem a emissão dos estilo-estigmas, o que prejudica a fertilização dos óvulos e, conseqüentemente, a formação de grãos.

De acordo com os trabalhos de Abreu (2013), maiores índices de IFMF são observados em plantas desenvolvidas sobre maiores populações de plantas. O aumento no intervalo de florescimento, nas linhagens não tolerantes, pode influenciar na produção de grãos, visto que, afeta o sincronismo. Ao afetar o sincronismo, a emissão do estilo estigma atrasa e não coincide com o período que o pólen está viável.

Tabela 4- Médias do Intervalo entre o Florescimento Masculino e Feminino em dias (IFMF) das linhagens nas densidades de 60.000 e 120.000 plantas/há.

Densidade Populacional	L91	L32	L57	L24
60.000 pl/ha	6,5Ab	5,83Ab	11,5Aa	15,33Aa
120.000 pl/ha	4,5Ab	8,17Aab	8,5Aab	11,33Ba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5, são observados os resultados da interação linhagem x densidade populacional para a altura de plantas (APL). Houve diferenças significativas para APL em plantas desenvolvidas sob diferentes populações. Maiores médias de altura foram observadas nas linhagens 57 e 24,

classificadas como intolerantes. Dentre as populações de plantas analisadas, a densidade populacional de 120 mil plantas ha⁻¹ resultou em maiores médias de altura de plantas em todas as linhagens avaliadas (TABELA 5).

Quanto maior a população de plantas, mais as plantas competem por luz e conseqüentemente ocorre um maior crescimento vertical. Portanto, a altura de plantas é influenciada pela densidade de plantas (NASCIMENTO et al., PEREIRA et al., 2017). As linhagens intolerantes apresentaram maiores alturas de plantas, isso pode resultar em maior susceptibilidade ao acamamento.

O acamamento é responsável por grandes perdas na produção do milho, pois dificulta ou até inviabiliza o processo de colheita. Esse fator depende de fatores genéticos e fatores do clima (GOMES et al., 2010).

Tabela 5- Médias da Altura de Plantas em cm (APL) das linhagens nas densidades de 60.000 e 120.000 plantas/ha

Densidade Populacional	L91	L32	L57	L24
60.000 pl/ha	50,23Bb	48,77Bb	64,45Ba	58,3Bab
120.000 pl/ha	59,41Ab	65,65Ab	87,23Aa	85,77Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

Há aumento da altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga quando a densidade populacional de plantas de milho é aumentada.

Em maiores densidades populacionais, utilizadas para simular a deficiência hídrica, há aumento entre o intervalo de florescimento masculino e feminino, em linhagens não tolerantes à seca.

Para as avaliações de produção e intervalos entre florescimento feminino e masculino a linhagem 91 mostra-se mais promissora quanto a tolerância a seca.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, V. M. et al. Combining Ability and Heterosis of Maize Genotypes under Water Stress during Seed Germination and Seedling Emergence. **Crop Science**, v. 59, p. 1-11 2018.

ABREU, V. M. 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.

ABREU, V. M. **Seleção indireta para tolerância a seca em milho por meio de características agronômicas e de sementes**. 2013. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.1, p.71-78, 2001.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.831-839, 2004.

CALONEGO, J. C et al. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.

CAMARGO, C. Pesquisa de mercado de sementes de milho. Campinas: Associação Paulista dos Produtores de Sementes, 2018.

CANTELMO, F. N. et al. **Desafios do Melhoramento Genético de Milho para Safrinha**. 2018, 687p. XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo “Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil”, Lavras-MG.

CHAVARRIA G. & Santos H.P. (2012). Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms. In: *Advances in selected plant physiology aspects* (eds. by Montanaro G & Dichio B), pp. 105-132. Rijeka: Intech.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, 2021/22 –Sétimo levantamento v. 3 - SAFRA 2021/22-** n. 56, abril de 2022. Disponível em: < file:///C:/Users/monique/Downloads/E-book_BoletimZdeZ-Z7oZlevantamento-compactado.pdf >. Acesso em: 16 abr. 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, 2015/16 –Décimo segundo levantamento v. 3 - SAFRA 2018/19-** n. 12, setembro de 2016. Disponível em: <

file:///C:/Users/dani_/Downloads/Boletim_Graos_setembro_2016.pdf >. Acesso em: 7 jan. 2019.

COOPER, M.; GHO, C.; LEAFGREN, R.; TANG, T.; MESSINA, C. **Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product**. Journal of Experimental Botany, London, v. 65, n. 21, p. 6191-6204, 2014.

CORRÊA, R. G. **Direções de semeadura, densidade de plantas e variações na dosagem de sementes na produtividade do milho**. 2018. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2018.

COSTA, V. R. Cultivares de milho afetadas pela época de semeadura na safrinha em Tocantins. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** v.16, n.3, p. 469-480, 2017.

CRUZ, J. C. et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_87.pdf >. Acesso em: Junho de 2016.

DERERA, J.; TONGOONA, P.; VIVEK, B. S. Gene action controlling grain yield and secondary traits in southern African maize hybrids under drought and non-drought environments. *Euphytica*, 162:411 – 422, 2008.

EDMEADES, G. O.; BOLANOS, J.; ELINGE, A.; RIBAUT, J. M.; BÄNZIGER, M.; WESTGATE, M. E. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In: WESTGATE, M. E.; BOOTE, K. J. (Ed.). *Physiology and modeling kernel set in maize*. Madison: CSSA, 2000. p. 43-73. (CSSA Special Publication, 29).

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003.

GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; BRITO, C. H. de; MORAES, D. F. de; LOPES, M. T. G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 2, p. 140-145, 2010.

HENRIQUE, et al. **Déficit hídrico e a germinação de sementes de híbridos de milho**. *Nativa*, Sinop, v. 9, n. 3, p. 240-246, mai./jun. 2021. *Pesquisas Agrárias e Ambientais*.

LIU, J. G.; MAHONEY, K. J.; SIKKEMA, P. H.; SWANTON, C. J. The importance of light quality in cropweed competition. *Weed Research*, Oxford, v. 49, n.2, p. 217-224, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2008.00687.x.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. de; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. D. O. **Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o**

florescimento. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 8, p. 223-232, 2009.

MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2002. 23p. (Circular técnica).

MARQUES, D. J. **Proporções de silicato e carbonato de cálcio no crescimento, nutrição mineral e eficiência do uso da água por plantas de milho sob estresse hídrico**. 2013. 184 p. Tese. (Doutorado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MATZENAUER, R. et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 104 p. (Boletim Fepagro, 10).

NASCIMENTO, F.M. et al. **Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura**. Ceres, v.58, n.2, p.193-201, 2015.

NASCIMENTO, F.N. et al. Desempenho da produtividade de espigas de milho verde sob diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.1, p. 94-108, 2017.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2005.

OTEGUI, M.E., Andrade, F.H., Suero, E.E., 1995. **Growth, Water-Use, and Kernel Abortion of Maize Subjected to Drought at Silking**. *Field Crops Research* 40, 87-94.

PATERNIANI, M. E. et al. Caracteres secundários relacionados à tolerância à seca em progênies de irmãos germanos interpopulacionais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 130-144, 2015.

PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos. Embrapa Milho e Sorgo-*Documentos (INFOTECA-E)*, 2020.
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1122744>

PEREIRA, L. B. et al. **Características agronômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais** Magistra, Cruz das Almas, BA, v. 29, n.1 p.18-27, jan./mar. 2017.

PEREIRA, F. et al. Desempenho agrônômico da cultura do milho sob diferentes arranjos espaciais no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 12, n. 5, 2018.

PEREIRA, J. L. A. R.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, A. M. A. R.; LIMA, T. G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 3, p. 676-683, 2009.

PIANA, A. T.; SILVA, P. R. F.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; SERPA, M. S.; JANDREY, D. B. **Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2608-2612, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008005000023.

RESENDE, M. et al. **A cultura do milho irrigado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 317p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. *Informações agronômicas*, v. 103, p. 1-19, 2003.

RODRIGUES, D. J. et al. **Biorreguladores na Amenização dos Efeitos de Estresse Abiótico nas culturas de Milho e Sorgo**. 2018, 622p. XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo “Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil”, Lavras-MG.

SAINI, H.S., Westgate, M.E., 2000. **Reproductive development in grain crops during drought**. *ADV AGRON* 68, 59-96.

SANGOI, L. et al. Resposta de híbridos de milho cultivados em diferentes épocas à população de plantas e ao despendoamento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1367-1373, 2006.

SANTOS, M. X.; GUIMARAES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; LOPES, M. A.; SILVA, A. E. Associação entre a redução do intervalo de florescimento masculino e feminino e a tolerância à seca em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. Resumos... Londrina: IAPAR, 1996. p. 26.

SCHUELTER, A. R. Precocidade na safrinha: o mito e a realidade. Santa Cruz do Sul: Pioneer Sementes, 2009. Disponível em: . Acesso em: 4 jul. 2016.

SCHLICHTING, A. F. et al. **Desenvolvimento do milho submetido a doses de nitrogênio e tensões de água no solo**. *Irriga*, 19: 598 - 611, 2014.

SEO, BUMSUK et al. **Improving remotely - sensed crop monitoring by NDVI-based crop phenology estimators for corn and soybeans in Iowa and Illinois, USA**. Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany, 5 May 2019.

SILVA, A. G.; DUARTE, A. P.; PIEDADE, R. C.; COSTA, H. P.; MEIRELES, K. G. C.; BORGES, L. P. Inoculação de sementes de milho safrinha com *Azospirillum* e

aplicação de nitrogênio em cobertura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 14, n. 3, p. 358-370, 2015.

SILVA, A. F. et al. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 162-173, 2014.

SILVA, P. H. et al. Desafios para as Empresas Nacionais no Melhoramento Genético e no Mercado de Sementes de Milho. 2018, 649p. XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo “Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil”, Lavras-MG.

SOUZA, T. C. **Ecofisiologia e suas implicações no manejo cultural do milho safrinha**. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 14., 2017, Cuiabá. Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2017. p. 42-85.

SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M. de; MAGALHAES, P. C.; LINO, L. D. O.; ALVES, E. T.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Morphophysiology, morphoanatomy, and grain yield under field conditions for two maize hybrids with contrasting response to drought stress**. *Acta Physiologiae Plantarum*, Heidelberg, v. 35, p. 3201-3211, 2013^a.

STRECK, N.A. **A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.)**. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.10, p.105-111, 2002.

TAIZ L. & ZEIGER E. (2009). *Fisiologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre, Brasil.

TEIXEIRA, L. R. et al. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato contendo polietileno glicol. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 217-223, 2008.

TUBEROSA, R. **Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era**. *Frontiers in Physiology*, 3: 1-26, 2012.

VIÇOSI, K. A.; FERREIRA, A. A. S.; OLIVEIRA, L. A. B. de; RODRIGUES, F. **Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja**. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 4, n. 5, p. 36-42, 2017.

WENZONG LI, Zhuanfang Hao, Junling Pang, Min Zhang, Nan Wang, Xinhai Li, Weihua Li, Lei Wang, Miaoyun Xu, **Effect of water-deficit on tassel development in maize**. *Gene* (2018), doi: 10.1016/j.gene.2018.09.018.

WIDDICOMBE, W. D.; THELEN, K. D. Row width and plant population effects on corn grain production in the northern Corn Belt. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p.1020–1023, 2002.

ZHUANG, Y., Ren, G., Yue, G., Li, Z., Qu, X., Hou, G., Zhu, Y., Zhang, J., 2007. **Effects of water-deficit stress on the transcriptomes of developing immature ear and tassel in maize.** *Plant Cell Rep* 26(12), 2137-47.

ZHAO, J. et al. **Shoot and root traits in drought tolerant maize (*Zea mays* L.) hybrids.** *Journal of Integrative Agriculture*, 17: 1093-1105, 2018.