INTERNATIONAL SEVEN JOURNAL
OF MULTIDISCIPLINARY
ISSN: 2764-9547

ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO EM HÍBRIDOS DE MILHO EM ESTÁDIO INICIAL DE CRESCIMENTO SOB VARIAÇÃO HÍDRICA

https://doi.org/10.56238/isevmjv4n2-006

Recebimento dos originais: 14/02/2025 **Aceitação para publicação:** 14/03/2025

Laura Rodrigues Anorato
Graduanda em Bacharelado em Agronomia
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos
E-mail: lra8@aluno.ifnmg.edu.br
LATTES: http://lattes.cnpq.br/6834388960249778

Alisson Macendo Amaral
Doutor em Ciências Agrárias - Agronomia
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos
E-mail: alisson.amaral@ifnmg.edu.br
LATTES: http://lattes.cnpq.br/7711252270672397

Vitória Rodrigues Trindade
Graduanda em Bacharelado em Agronomia
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos
E-mail: vrt3@aluno.ifnmg.edu.br
LATTES: http://lattes.cnpq.br/3014192644975913

Maria Ângela Cruz Macêdo dos Santos
Doutora em Engenharia Agrícola
Instituto Mineiro de Agropecuária – ESEC Buritis MG
E-mail: angela_macedo.08@hotmail.com
LATTES: http://lattes.cnpq.br/5127069793037168

Milena Bernardes Silva
Graduanda em Bacharelado em Agronomia
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos
E-mail: mbs9@aluno.ifnmg.edu.br
LATTES: http://lattes.cnpq.br/7616544661619439

Sandra Bessa Pereira
Graduanda em Bacharelado em Agronomia
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos
E-mail: sbp3@aluno.ifnmg.edu.br
LATTES: http://lattes.cnpq.br/7690950904656222

RESUMO
A estiagem causa alterações morfológicas no milho, especialmente durante a fase inicial de seu desenvolvimento. Este estudo teve como objetivo avaliar a sensibilidade de diferentes híbridos de milho ao estresse hídrico, utilizando o Índice de Estresse Hídrico da Cultura (IEHC) e termômetro infravermelho para monitorar o status hídrico das plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento. Foram testadas as cultivares de milho B2620 PWU, AG8701 PRO 4, P3808 VYHR e DKB360 PRO 3, submetidas a um delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), em esquema

fatorial 4 x 2 x 5, com 4 repetições. O estudo considerou 4 híbridos de milho, 2 níveis de reposição hídrica (100% e 50% da evapotranspiração da cultura) e 5 épocas de avaliação (15, 22, 29, 36 e 43 dias após a emergência - DAE). As linhas de base inferior (LBL) e superior (UBL) para o cálculo do IEHC foram determinadas pelas menores e maiores temperaturas do ar registradas ao longo do ciclo da cultura. Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, os dados qualitativos foram analisados por teste de Tukey a $p<0,05$ e os quantitativos por regressão múltipla. Os resultados indicaram que o híbrido DKB360 PRO 3 apresentou o menor índice de estresse hídrico, demonstrando maior resistência à escassez de água. Em contraste, o híbrido P3808 VYHR foi mais sensível ao estresse hídrico, com maior área foliar. A maior intensidade de estresse hídrico foi observada aos 22 dias após a emergência, o que reforçou a importância da arquitetura foliar na adaptação das plantas ao estresse hídrico e sua influência na sobrevivência durante períodos de seca. O índice de estresse hídrico da cultura deve ser usado com ponderação na escolha de variedades resistentes, sendo melhor indicado para monitoramento do status hídrico da planta.

Palavras-chave: Zea mays L. Temperatura Foliar. Evapotranspiração. Área Foliar.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas utilizadas na alimentação humana e animal, pode ser consumido *in natura* ou processado. Além disso, é uma importante *commodite* empregada na indústria como matéria prima para fabricação de alimentos, bioenergia, bebidas, derivados, dentre outros (Pereira Filho; Borghi, 2022). Pertencente à família Poaceae, o milho é uma planta anual, robusta e ereta (Ferreira, 2024). É classificado como uma espécie com metabolismo C_4, que apresenta maior eficiência na conversão de CO_2 em carboidratos, do que plantas C_3, favorecendo a produção de biomassa verde e o aumento do rendimento (Carvalho, 2022).

Trata-se de uma planta monoica, cujas características morfológicas resultam de modificações nas estruturas básicas das gramíneas, por meio de processos como suspensão, condensação e multiplicação. Sua morfologia inclui uma pressa cilíndrica com nós e entrenós compactos, raízes adventícias e perfilhos. As folhas, dispostas de forma alternada, envolvimento o colmo, que terminam no pendão. Embora o milho tenha aspectos vegetativos e reprodutivos que podem ser influenciados por fatores ambientais, muitas dessas características foram aprimoradas ao longo do processo de domesticação e seleção natural. Isso resultou em uma cultura de crescimento vigoroso, capaz de atingir até quatro metros de altura. O ciclo da planta começa com a germinação e, ao emitir o pendão, uma fase vegetativa cessa, iniciando a reprodução. Essa dinâmica culmina na produção de grãos, objetivo principal do cultivo do milho (Magalhães et al., 2002; Lorscheiter et al., 2025).

A estimativa para a produção de milho em 2025 é de 120,6 milhões de toneladas, representando um crescimento de 5,1% em relação ao ano de 2024, impulsionado pelo aumento do rendimento médio, que deve alcançar 5.613 kg ha^{-1}, com uma alta de 4,5% (IBGE, 2025). Este crescimento também é esperado em Minas Gerais, onde o clima mais favorável à implantação e ao desenvolvimento da safra contribui para uma maior produção. Para a primeira safra, a Conab projeta uma produção de 3,99 milhões de toneladas, o que significa um aumento de 2,5%. Nessa mesma safra, a produtividade tende a crescer 9,2%, atingindo 6,2 toneladas por hectare (Valverde, 2024). Dessa forma, tanto o clima favorável quanto as melhorias na produtividade devem resultar em um desempenho significativo da safra de milho, tanto a nível nacional quanto estadual.

O progresso no aprimoramento genético do milho tem permitido o surgimento e a venda de variedades com maior capacidade produtiva, tamanho reduzido, estrutura foliar ereta e ciclos distintos. Este avanço é fruto de cruzamentos entre linhagens puras e suas cultivares correspondentes, proporcionando aos grãos uma vigorosa resistência e alta produtividade. O

pesquisador norte-americano George Harrison Shull, em 1909, apresentou o primeiro modelo básico para a produção de sementes de milho híbrido (Caetano et al., 2022).

O aprimoramento genético do milho consiste em sucessivas autofecundações para escolher atributos desejados até a obtenção de linhagens puras. Com base nessas linhagens, são criados diversos tipos de híbridos, tais como: simples (cruzamento de duas linhagens endogâmicas), simples modificado (progenitor feminino híbrido entre progênies semelhantes da mesma linhagem), triplo (cruzamento de um híbrido simples com um híbrido composto por uma terceira linhagem), duplo (cruzamento entre dois híbridos simples), top cross (cruzamento de uma linhagem ou híbrido com uma variedade) e intervarietal (cruzamento entre duas variedades) (Sobrinho; Wetzel, 2024).

A criação de híbridos mais produtivos requer mais análise em várias condições edafoclimáticas, o que torna crucial a implementação de práticas de gestão apropriadas para aumentar a produtividade da cultura.

A produção de milho enfrenta diversos desafios que podem comprometer de maneira irreversível sua rentabilidade e produtividade. Entre esses desafios, destacam-se a uniformidade do estande, relacionada ao processo de semeadura, a vulnerabilidade a pragas e doenças, o manejo do solo e as condições climáticas. Nas fases iniciais de desenvolvimento, o milho é especialmente sensível tanto ao excesso quanto à escassez de água no solo (Nutrição de safras, 2024). Além de limitar o crescimento e o desenvolvimento, o estresse hídrico impacta de forma crítica a floração e o enchimento de grãos, momentos em que a planta exige uma umidade adequada no solo para seu pleno desenvolvimento (Silva, 2019). O déficit hídrico é um dos principais fatores que interferem no crescimento e rendimento do milho e pode ser causado pela irregularidade da distribuição de chuvas, haja vista que é uma cultura normalmente implantada no período da safrinha. Visando amenizar os efeitos da baixa disponibilidade hídrica neste período, normalmente se utiliza a técnica da irrigação suplementar (BEM, 2018).

A estiagem, ao causar estresse hídrico, provoca mudanças fisiológicas e morfológicas nas plantas, afetando negativamente seu crescimento e produtividade. Esse estresse reduz a fotossíntese, devido à diminuição da expansão celular causada por danos no aparato fotossintético. Como consequência, observa-se a redução da biomassa, da altura das plantas, do diâmetro dos colmos e da área foliar (Guimarães et al., 2019; Silva et al., 2020). Além disso, o déficit hídrico impacta vários aspectos do desenvolvimento das plantas, como a diminuição da área foliar, da taxa fotossintética, da brotação, da absorção de nutrientes e da translocação de fotoassimilados (Lopes, 2022).

Para amenizar os efeitos negativos desse estresse, além da irrigação suplementar, é crucial a escolha de variedades ou híbridos resistentes à variação de água no solo. Isso é importante para alcançar uma boa eficiência no uso da água, ou seja, um maior acúmulo de matéria seca por unidade de água aplicada, resultando em melhor rentabilidade (Fabris, 2016). A absorção, o transporte e a transpiração da água nas plantas resultam na interação entre a demanda evaporativa da atmosfera, resistência estomática, disponibilidade hídrica no solo e densidade radicular.

A água é essencial para suprir necessidades fisiológicas, transportar nutrientes e regular a temperatura por meio da transpiração. Em condições de estresse hídrico, as plantas ativam mecanismos de adaptação celular, como maior desenvolvimento radicular, menor tamanho, espessura e cerosidade da cutícula foliar, alterações no ângulo foliar, controle estomático, acúmulo de metabólitos intermediários, ajuste osmótico e resistência à desidratação celular.

A maioria dos trabalhos a respeito do déficit hídrico no milho analisa a restrição da água a partir da fase reprodutiva, no entanto, a deficiência hídrica pode ocorrer antes do estádio reprodutivo e em mais de um estádio de desenvolvimento. Têm se poucos estudos sobre as respostas à restrição de água em híbridos de milho na fase inicial do seu ciclo, sendo esse tema de relevância, pois, em muitas regiões produtoras são comuns veranicos nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, pós plantio, e entender como o milho responde à secas nessa fase é essencial para desenvolver estratégias e escolhas visando assegurar o seu desenvolvimento em regiões onde a seca ocorre nesses estádios (Ruas, 2018). Existem vários indicadores fisiológicos que podem indicar a resposta do milho a variabilidade hídrica no solo, dentre eles estão os térmicos.

Quando a temperatura de uma folha exposta à radiação solar aumenta, a emissão de energia infravermelha também se intensifica. Como as plantas verdes possuem alta emissividade na faixa do infravermelho (entre 0,95 e 0,98), a temperatura radiativa medida pode ser convertida na temperatura real da planta. Dessa forma, o uso de sensores remotos para medir a temperatura do dossel vegetativo possibilita a detecção do estresse hídrico (Nunes, 2012). Isso pode ser feito utilizando termômetros infravermelhos, que são radiômetros que medem a energia na faixa do infravermelho e são utilizados para estimar a temperatura nessa região do espectro. A partir das medidas das temperaturas foliares e do ar, é possível determinar o índice de estresse hídrico da cultura.

O Índice de Estresse Hídrico da Cultura (IEHC), aliado ao uso de um termômetro infravermelho, permite avaliar o status hídrico do milho no campo antes mesmo que os sinais visuais de estresse sejam perceptíveis. A temperatura foliar e a diferença de temperatura entre a

folha e o ar têm sido amplamente utilizadas em diversos estudos como indicadores do déficit hídrico, além de servirem como critério para a definição da irrigação (Vilatte, 2014).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a sensibilidade de híbridos de milho ao estresse hídrico, por meio do IEHC, utilizando termômetro infravermelho para monitorar o status hídrico das plantas em estádios iniciais de desenvolvimento.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos, com coordenadas de latitude 15°55'12,75" S, longitude 46° 8'5,57" O e altitude de 525,0 m. O clima do local classificado é segundo Thornthwaite é C2wA'a', ou seja, o clima para a cidade de Arinos-MG é caracterizado como megatérmico subúmido com deficiência hídrica moderada no inverno (Oliveira; Oliveira, 2018).

Para a condução do estudo foi utilizada como material vegetal a cultura do milho (*Zea mays* L.), cultivados em vasos e a unidade experimental foi composta de uma planta por vaso. Os vasos possuíam volume de 5,0 dm³ litros e a parte inferior dos vasos foram preenchidos com elemento filtrante perfazendo camada de 1 cm de brita n° 1, tela do tipo sombrite e sob ela, foi acomodado 4 dm³ de substrato comercial Bioplant, que é composto por uma mistura de turfa de *sphagnum*, fibra de coco, casca de arroz, casca de pinus, vermiculita, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termofosfato magnesiano e aditivos (Mendes et al., 2020).

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial 4 x 3 com 4 repetições, sendo o fator A: 4 híbridos de milho (B2620 PWU, AG8701 PRO 4, P3808 VYHR e DKB360 PRO 3); e o fator B por 2 lâminas de irrigação (100 e 50% da reposição hídrica) e o fator C foram 5 épocas de medição de temperatura (15, 22, 29, 36, 43 dias após a emergência). A reposição hídrica de 100% foi determinada como a evapotranspiração real da cultura (ETRc), mensuradas pela lâmina média retida em 4 lisímetros de pesagem, ou seja, mediante balanço hídrico de água no solo. A reposição de 50% constituiu na metade da reposição hídrica total.

Para avaliação do estresse térmico/hídrico da cultura utilizou-se o Índice de Estresse Hídrico da Cultura (IEHC), conforme a equação 1 proposta por Carvalho et al. (2022), cujo índice constitui-se em avaliar os danos causados pela baixa disponibilidade de água transportadas nas cultivares, principalmente pelo xilema e outros meios fisiológicos.

$$IEHC = \frac{(Tc-Tar)}{(Tc-Tar)UBL} - \frac{(Tc-Tar)LBL}{(Tc-Tar)LBL} \qquad (1)$$

Onde:

EHC = Índice de estresse hídrico da cultura (varia entre 0 e 1)

Tc = Temperatura da copa (°C)

Tar = Temperatura do ar (°C)

LBL = Linha de base inferior (°C)

UBL = Linha de base superior (°C)

Para abastecer a Equação 1, mensurou-se a temperatura do ar (Tar) (ºC) por um termômetro de máxima e de mínima instalado em ponto representativo das condições de contorno do experimento e a temperatura foliar mensurada diariamente por meio de um termômetro digital infravermelho, modelo TD-965 da fabricante Digimess. As linhas de base inferior (LBL) e superior (LBL) foram determinadas, respectivamente, pelas menor e maior temperaturas do ar medidas ao longo do ciclo da cultura. As medições de temperatura foliar ocorram sempre entre as 08:00 h e 10:00 h da manhã em folhas do terço médio de cada unidade experimental.

Após coleta e tratamento dos dados, estes foram submetidos a análise estatística. Quando significativos pelo teste F, os dados quantitativos foram avaliados por meio de regressão múltipla e os qualitativos por teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) por meio do software Sisvar. Quandros e figuras foram confeccionados com o software Excel, para melhor entendimento dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo quadro de análise de variância (Tabela 1) observa-se que os fatores que influenciaram no IEHC foram os híbridos e a época de avaliação, sem interações significativas entre os tratamentos. A escassez de água pode levar à redução da biomassa foliar e ao fechamento estomático, limitando a fotossíntese e o crescimento das plantas. Pesquisas apontam que a deficiência hídrica causa efeitos negativos no desenvolvimento vegetal, incluindo a restrição de abertura estomática e o murchamento das folhas (Campos; Santos; Nacarath, 2021).

Na Tabela 2 são mostradas as diferenças de índice de estresse hídrico para os híbridos de milho. Pelo teste, verificou-se que o maior IEHC foi obtido para o híbrido P3808 VYHR e o menor para o híbrido DKB360 PRO 3. É possível inferir que o híbrido DKB360 PRO 3 é menos susceptível à variação de água no meio do que as demais, haja visto que menor valor de IEHC significa que a planta está mais hidratada.

Tabela 1. Análise de variância para o índice de estresse hídrico de híbridos de milho.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios
Bloco	3	0,00048 ^{ns}
Híbrido (H)	3	0,00779 **
Reposição hídrica (RH)	1	0,00215 ^{ns}
Época (E)	3	0,2998 **
H x RH	3	0,00338 ^{ns}
H x E	9	0,00193 ^{ns}
RH x E	3	0,0038 ^{ns}
H x RH x E	9	0,00161 ^{ns}
Resíduo	93	0,00194
CV (%)	13,54	
Média	0,320	

** - Significativo a p<0,01; ^{ns} - Não significativo; GL - Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação. **Fonte:** Autores(as), 2025

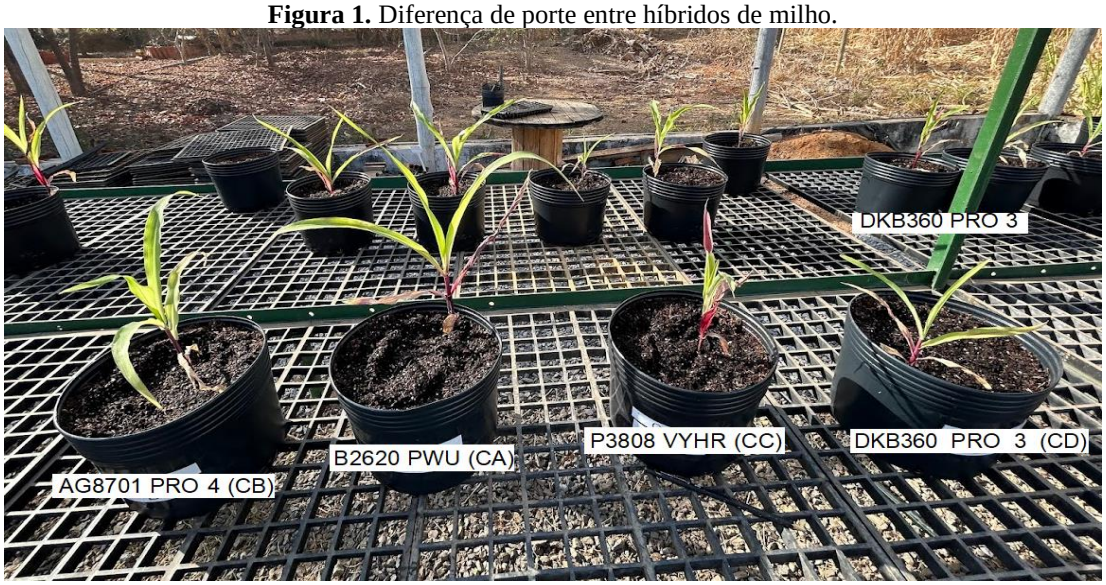
Tabela 2. Diferença entre índice de estresse hídrico em híbridos de milho.

Híbrido	Média
DKB360 PRO 3	0,308 b
AG8701 PRO 4	0,319 ab
B2620 PWU	0,331 ab
P3808 VYHR	0,345 a

Letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si a p<0,05. **Fonte:** Autores(as), 2025

Convém salientar que, o híbrido DKB360 PRO 3, dentre todos os testados, possuía menor altura de planta, bem como área foliar (Figura 1), logo, a demanda evapotranspirométrica desse híbrido é menor, corroborando com o resultado visto na Tabela 2. Esse padrão pode estar associado às características genéticas de cada híbrido, que determinam sua eficiência na captação de água e sua resistência às condições de estresse ambiental. Plantas com menor arquitetura foliar, são menos sensíveis a variação de água no solo, pois, com menor área foliar a transpiração é reduzida, causando menos estresse a cultivar (Arruda et al., 2015). A redução da área foliar, em plantas hidratadas, causa decréscimo na taxa de crescimento da planta, principalmente, no estágio inicial de crescimento e, como resultado, uma menor intercepção da radiação solar (Andrade et al., 2008), além disto, a inibição do crescimento foliar reduz o consumo de carbono e energia e uma proporção maior de assimilados vegetais pode ser distribuída ao sistema radicular (Cavalcante et al., 2009).

Figura 1. Diferença de porte entre híbridos de milho.



Fonte: Autores(as), 2025.

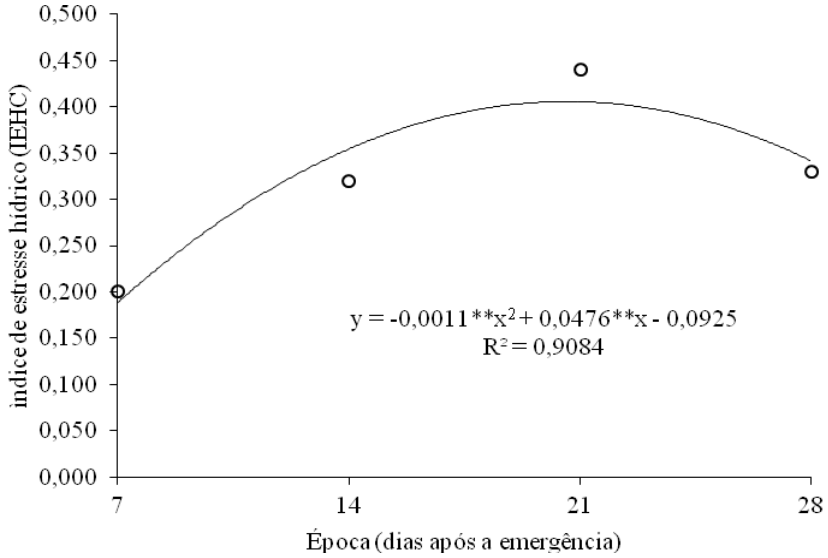
O híbrido DKB360 PRO 3 se desenvolveu mesmo com o suprimento limitado de água no solo, uma vez que não houve diferença significativa entre as frações de reposição hídrica (Tabela 1). Neste estudo, observou-se que o hibrido DKB360 PRO 3, mesmo com porte reduzido, não foi influenciado pela menor disponibilidade hídrica, possivelmente devido ao seu metabolismo C4 que é fotossinteticamente mais eficiente. Para Cavalcante et al. (2009) plantas submetidas à menor disponibilidade hídrica modulam a abertura estomática, limitando a absorção de carbono para fotossíntese, o que acarreta em menor crescimento da planta.

O hibrido P3808 VYHR mostrou-se mais sensível à variabilidade de água no solo (IEHC = 0,345), possivelmente devido ao seu maior porte e arquitetura foliar maior. Quanto maior a área foliar, maior é a superfície transpirante da planta e maior é a perda de água (Adorian et al., 2015). Áreas foliares totais grandes possuem uma ampla superfície para a evaporação de água, o que pode ser vantajoso para o esfriamento das folhas. No entanto, essa característica também pode levar ao rápido esgotamento da água do solo ou à absorção excessiva e prejudicial de energia solar. Por outro lado, folhas maiores apresentam maior resistência na camada limítrofe, dissipando menos energia térmica por unidade de área foliar através da transferência direta de calor para o ar (Taiz *et al.*, 2017). Esses resultados são corroborados por Silva et al. (2003) que investigaram a relação entre a arquitetura foliar e a eficiência no uso da água, destacando o impacto da transpiração excessiva em condições de déficit hídrico.

A figura 2 mostra o comportamento do IEHC em função dos dias após a emergência dos híbridos (época de avaliação). O modelo matemático ajustado na estatística foi o de segunda ordem, onde observa-se que o maior IEHC foi de ~0,4 aos 22 DAE.

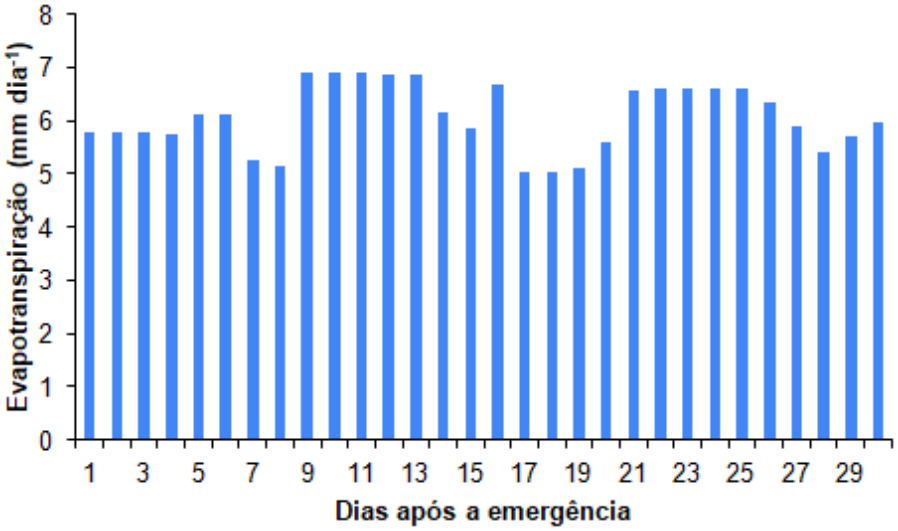
O intervalo próximo ao DAE 22 foi caracterizado por um aumento considerável no estresse hídrico, resultado direto do aumento da evapotranspiração diária (Figura 3). Esse comportamento não foi atribuído aos híbridos, devido, normalmente, o crescimento em tamanho ser linear com o tempo, para o período observado (crescimento inicial).

Figura 2. Índice de estresse hídrico de milho em função da época de avaliação.



Fonte: Autores(as), 2025.

Figura 3. Evapotranspiração de híbridos de milho ao longo do período avaliado.



Fonte: Autores(as), 2025.

Fatores como radiação solar, vento, umidade e temperatura do ar influenciam esse poder evaporante, sendo a radiação solar incidente o principal determinante da evapotranspiração (Sediyama et al., 2011; Matzenauer et al., 1998).

Nota-se que o híbrido DKB360 PRO 3 demonstrou menor sensibilidade ao estresse hídrico em relação ao P3808 VYHR. Isso se deve a menores altura e área foliar, características que interferem na redução da transpiração e, consequentemente na adaptabilidade do híbrido ao estresse abiótico. Esses resultados destacam a relevância de atributos morfofisiológicos na escolha de híbridos mais aptos a ambientes com limitação de água.

Em estudos anteriores, trabalhando com os híbridos deste estudo e nas mesmas condições experimentais e de contorno, Silva et al. (2025) verificou que o híbrido DKB360 PRO 3 teve o pior crescimento, dentre as variáveis testadas, com exceção do número de entrenós. O híbrido AG8701 PRO 4 teve a maior área foliar em todas as épocas avaliadas (22, 29, 36 e 43 dias após a emergência) e o híbrido P3808 VYHR teve área foliar equivalente ao híbrido B2620 PWU aos 29, 36 e 43 DAE. Em contraste com os resultados aqui encontrados, observa-se que os híbridos modulam sua perda de água por transpiração e, consequentemente, o IEHC varia. Logo, é pertinente cautela para inferir sobre escolha de híbridos resistentes à déficit hídrico, porém, é possível inferir sobre status hídrico momentâneo do híbrido/cultivar.

Para uma compreensão mais aprofundada das respostas dos híbridos ao estresse hídrico, e fundamental realizar pesquisas que investiguem as correlações entre parâmetros bioquímicos e fisiológicos. Além disso, a diversificação das condições edafológicas constitui uma abordagem pertinente, envolvendo a experimentação de híbridos em solos com diferentes características físico-químicas.

Os resultados destacam a importância de estudos adicionais para entender melhor as respostas dos híbridos de milho ao estresse hídrico. Variáveis como o teor relativo à clorofila, a temperatura foliar, a fenologia e o diâmetro médio da raiz são essenciais para identificar híbridos mais tolerantes à seca, ajudando no desenvolvimento de cultivos resilientes às mudanças climáticas (Moreira, 2020). Além disso, a medição do potencial hídrico das folhas e a análise da correlação entre condutância estomática e taxas de fotossíntese são fundamentais para entender a resposta das plantas ao estresse hídrico (Lopes, 2022).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que o híbrido DKB360 PRO 3 destacou-se como o mais eficiente em condições de restrição hídrica se comparado aos híbridos AG8701 PRO 4, B2620 PWU e P3808 VYHR, que obtiveram valores de IEHC de 0,319, 0,331 e 0,345, respectivamente. Seu baixo índice de estresse hídrico, associado a menor porte e área foliar reduzida, contribuiu para uma menor demanda evapotranspiratória.

Por outro lado, o híbrido P3808 VYHR apresentou o pior desempenho sob estresse hídrico, registrando o maior valor de IEHC (0,345). Seu porte elevado e ampla área foliar aumentaram a superfície transpiratória, intensificando a perda de água e a sensibilidade à variação da umidade do solo.

O índice de estresse hídrico da cultura deve ser usado com ponderação na escolha de variedades resistentes, sendo melhor indicado para monitoramento do status hídrico da planta.

AGRADECIMENTOS

O(a)s autore(a)s expressam agradecemos ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG) pelo suporte institucional, para a realização desta pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica e ao Instituto Phytus Staphyt de Formosa – GO por disponibilizar sementes dos híbridos utilizados no estudo.

REFERÊNCIAS

ADORIAN, G. C.; LORENÇONI, R.; DOURADO, N. D.; REICHARDT, K. Evapotranspiração potencial e coeficiente da cultura de dois genótipos de arroz de terras altas. **Revista de Agricultura**, v. 90, n. 2, p. 128-140, 2015. Disponível em: https://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/190/pdf_361

ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; GOMIDE, R. L.; HEINEMANN, A. B.; OLIVEIRA, A. C.; MENDES, A. P.; ALVES, F. F.; ARAÚJO, S. G. Área foliar e produtividade de grãos de cultivares de milho submetidas à déficit hídrico, em Nova Porteirinha, MG. 2008. In: Congresso nacional de milho e sorgo, 27.; Simpósio brasileiro sobre a lagarta-do-cartucho, 3.; Workshop sobre manejo e etiologia da mancha branca do milho, 2008, Londrina. Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/491242/1/Areafoliar1.pdf

ANDRADE, J. A. S de.; BASTOS, E. A.; CARVALHO, M. W. L.; CARDOSO, M. J.; SOUSA, C. A. F de. Morfofisiologia do milho irrigado com e sem déficit hídrico sob diferentes arranjos de plantas na região meio-norte do Piauí. **Revista Cultura Agronômica**, v. 31, n. 1, p. 41-54, 2022. Doi: 10.32929/2446-8355.2022v31n1p41-54

ARRUDA, I. M.; CIRINO, V. M.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015. Doi: 10.1590/1983-40632015v4529652

BEM, L. H. B. Análise da viabilidade técnica e econômica da irrigação em híbridos de milho. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15166/TES_PPGEA_2018_BEN_LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAETANO, C. P. Produção de sementes de milho híbrido: um enfoque prático. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3210/1/TCC_Cloves%20Pereira%20Caetano.pdf

CARVALHO, E. O. T; COSTA, D. L. P.; VIEIRA, I. C. O.; FERREIRA, B. G.; NUNES, H. G. G. C., SOUZA, P. J. O. P. Crop water stress index of cowpea under different water availability levels in Castanhal-PA. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 711-721, 2022. Doi: 10.1590/1983-21252022v35n322rc

CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e311101523155, 2021. Doi: 10.33448/rsd-v10i15.23155

CAVALCANTE, A. C.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. de B. Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2009. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPC-2010/23051/1/doc89.pdf

CULTURA DO MILHO: DESCUBRA A IMPORTÂNCIA E OS DESAFIOS DA PLANTAÇÃO. 29 de março. 2024. Nutrição de Safras. Disponível em: https://nutricaodesafras.com.br/importancia-e-desafios-da-cultura-do-milho . Acesso em: 9 ago. 2024.

FABRIS, D. N. Produtividade de híbridos de milho em diferentes épocas de semeadura, sob irrigação, na safrinha. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2016. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1080805/1/DissertacaoDenise.pdf

FERREIA, J. C. C. et al., Respostas morfológicas de planta de milho e jiló ao estresse hídrico induzido. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA**, v. 17, n. 1, p. 1-19, 2024. Doi:10.17765/2176-9168.2024v17n1e11639

GUIMARÃES, P. S. ROCHA, D. S. PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Conteúdo de carboidrato foliar em híbridos de milho submetidos à restrição hídrica. **Evidência**, v. 19, n. 2, p. 93-112, 2019. Doi: 10.18593/eba.v19i1.20201

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE prevê safra de 322,6 milhões de toneladas para 2025, com crescimento de 10,2% frente a 2024. Agência IBGE Notícias, 2025. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/42436-ibge-preve-safra-de-322-6-milhoes-de-toneladas-para-2025-com-crescimento-de-10-2-frente-a-2024#:~:text=MILHO%20(em%20gr%C3%A3o)%20%E2%80%93%20A,6%25%20na%20estimativa%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o . Acesso em: 20 fev. 2025.

LORSCHEITER, A.; NONNENMACHER, C. M.; PANISSON, D.; LEITE, D.; LUSA, F.; DALSASSO, T. C.; SLAVIERO, A.; STAKONSKI, C.A.; URIO, E. A.; SCOLARI, L. C. Morfologia e histologia do milho (Zea mays). Getúlio Vargas, RS: Instituto de Desenvolvimento Educacional do Alto Uruguai – IDEAU. Disponível em: https://br.doczz.net/doc/628030/morfologia-e-histologia-do-milho--zea-mays- Acesso em: 20 fev. 2025.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490408/1/Circ76.pdf

MAGALHÃES, P. C. et al., **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas/MG. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/486995/1/Circ22.pdf

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. Evapotranspiração da cultura do milho. II - Relações com a evaporação do tanque classe "A", com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 15-21, 1998.

MENDES, J. P. P.; AMARAL, A. M.; VERSSIANI, M. A.S.; SANTOS, M. Â. C. M. Crescimento e qualidade de mudas de baru em reposta a hidroretentor e água magnetizada. **Scientia Plena**, v. 16, n. 11, p. 1-10, 2020. Doi: https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.110201

OLIVEIRA, J. Â. M.; OLIVEIRA, C. M. M de. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos–MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n.

6, p. 3021-3027, 2018. DOI: 10.7127/rbai. v12n600901

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Cultivares de milho para safra 2022/2023**. 1 ed. Sete Lagoas – Embrapa Milho e Sorgo, 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes Acesso em 19 de mar. 2024

RUAS, S. A. F. M. **Caracterização fenotípica em híbridos de milho sob déficit hídrico**. Tese (Doutorado em produção vegetal no semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2018. Disponível em: https://repositorio.unimontes.br/handle/1/1047

SEDIYAMA, G. C.; ALENCAR, L. P. de; MANTOVANI, C. E.; MARTINEZ, M. A. Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa - MG. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 4, p. 631-642, jul./ago. 2011. Doi: 10.1590/S0100-69162011000400002

SILVA, E. C da.; CUSTÓDIO, N. R. J. M.; AZEVEDO, N. A. D de.; SANTOS, V. F dos. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 231-246, 2003. Doi: 10.1590/S0102-33062003000200006

SILVA, M. B.; AMARAL, A. M.; PEREIRA, S. B.; SANTOS, M. Â. C. M.; BRITO, A. F. C.; ANORATO, L. R. Desenvolvimento inicial de diferentes híbridos de milho sob variabilidade hídrica no solo. **Revista DELOS**, Curitiba, v. 18, n. 64, p. 01-20, 2025. Doi: 10.55905/rdelosv18.n64-070

SILVA, N. P. **Desempenho agronômico e fisiológico de híbridos de milho cultivados com e sem restrição**. Dissertação (Mestrado – Programa de pós graduação em produção vegetal no semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2019. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204421/1/Paulo-Cesar-dissertacao-Natanael.pdf

SILVA, R. S. et al., Danos na cultura do milho em função da redução de área foliar por desfolha artificial e por doenças. **Summa phytopathologica**, v. 46, n. 4, p. 313 - 319, 2020. Doi: 10.1590/0100-5405/2160

SOBRINHO, E. H.; WETZEL, C. T. A produção de semente de milho híbrido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, n. 1, p. 173-184, 2024. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191420/1/A-producao-de-sementes-de-milho.pdf

TAIZ, L. et al., **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

VALVERDE, M. Minas Gerais pode colher 17,2 milhões de toneladas de grãos. Diário do Comércio, 2024. Disponível em: https://diariodocomercio.com.br/agronegocio/minas-gerais-pode-colher-172-milhoes-de-toneladas-de-graos/ . Acesso em: 20 fev. 2025.