



CIÊNCIA E TECNOLOGIA:  
IMPLICAÇÕES NO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

# FEPEG

F Ó R U M  
ENSINO • PESQUISA • EXTENSÃO • GESTÃO

REALIZAÇÃO:



APOIO:



ISSN: 1806-549X

## PROSPECÇÃO DE INDICADORES DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO EM HÍBRIDOS DE MILHO

**Autores:** SUERLANI APARECIDA FERREIRA MOREIRA, PABLO FERNANDO SANTOS ALVES, CARLA BORGES NOGUEIRA, PEDRO GUSTAVO MATOS DE ARAÚJO, CARLOS EDUARDO CORSATO

### Introdução

A escassez de água na cultura do milho tem limitado a sua produção em várias regiões do mundo. Como estratégia importante visando amenizar os efeitos da seca na produção de grãos, tem sido realizados estudos com o intuito do desenvolvimento de genótipos de milho tolerantes a essa limitação. A triagem de genótipos de milho cultivado sob condições restritivas de água, configura-se no passo inicial para identificar e compreender, nos diversos níveis de organização da planta, as estratégias de convívio com a seca a serem utilizadas no desenvolvimento de material genético adaptado. Características do sistema radicular relacionadas à aquisição de água em situações de déficit hídrico também têm sido estudadas a respeito da sua utilidade no estudo destinado ao desenvolvimento de genótipos tolerantes à seca. A variabilidade entre genótipos para características de raiz e sua relação para obtenção de água já foram relatadas para o milho. A maioria dos trabalhos sobre as respostas do milho a seca leva em consideração a fase reprodutiva do ciclo sendo que, poucos estudos investigam essa condição na fase vegetativa do ciclo. Portanto, objetivo deste trabalho foi verificar se indicadores de parte aérea e de raiz respondem de forma condicional ao déficit hídrico, isto é, se são de natureza constitutiva ou adaptativa e, também, verificar a existência de grupos de indicadores que melhor explicam a diferença entre híbridos nos regimes hídricos avaliados.

### Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), *campus* de Janaúba-MG, no período de julho a setembro de 2017 por três ciclos consecutivos com data de implantação espaçada de uma semana entre eles. Em cada ciclo, híbridos comerciais de milho (*Zea mays* L.) DKB390, BRS1055 e BRS1010 com rendimento contrastante ao cultivo sob restrição hídrica foram cultivados em tubos sob dois regimes hídricos distintos, isto é, conforto (C) e restrição (R), perfazendo seis tratamentos, num delineamento em blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 3x2. Os tubos foram preenchidos com neossolo quartzarenico e tampados na sua parte inferior com tampa contendo uma perfuração. No dia do plantio os tubos destinados ao conforto receberam água até a capacidade de campo e os tubos correspondentes a restrição hídrica receberam 30% desse volume. Em cada tubo foram plantadas duas sementes a cinco cm de profundidade. A partir da adubação até a colheita, as plantas sob restrição não receberam mais água, enquanto o tratamento sob conforto foi mantido sob capacidade de campo. Os tubos foram mantidos na posição vertical no interior de telado antiafídeo. Ao atingirem o estágio de emergência (VE) procedeu-se o desbaste deixando-se uma planta por unidade experimental. Quando as plantas dos tratamentos atingiram V5, estas foram colhidas e foram realizadas as avaliações de raiz e parte aérea.

Na colheita foram avaliados o comprimento de caule, através de régua graduada. A temperatura foliar e teor relativo de clorofila foram aferidos no mesmo dia na última folha totalmente expandida. O conteúdo relativo de água nas folhas, no momento da coleta das plantas seguindo a metodologia proposta por Wertherley, (1950). A biomassa seca da parte aérea foi obtida após a secagem das amostras em estufa de ar forçada a 65 °C. Para a avaliação das raízes, os tubos foram colocados em posição vertical, seccionando o sistema radicular de cima para baixo, com auxílio de uma lâmina, obtendo cilindros contendo areia e raízes em intervalos de 10 cm de profundidade. Cada amostra foi, então, lavada individualmente com água corrente separando as raízes que, então, foram conservadas em solução de etanol 70% e armazenadas sob refrigeração até o dia da avaliação. As amostras foram analisadas com o sistema WinRHIZO Pro 2007 (Régent Instr. Inc.), acoplado a um scanner profissional Epson XL 10000, como descrito por Costa et al. (2002), sendo avaliado em cada fração: comprimento de raiz (CR - cm); área de superfície de raiz (ASR - cm<sup>2</sup>); diâmetro médio de raiz (DMR - mm) e volume de raiz (VR - cm<sup>3</sup>). Ao final, as frações de cada parcela foram somadas, extraindo-se a média das quatro repetições para cada indicador.



CIÊNCIA E TECNOLOGIA:  
IMPLICAÇÕES NO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

# FEPEG

F Ó R U M  
ENSINO • PESQUISA • EXTENSÃO • GESTÃO

REALIZAÇÃO:



APOIO:



ISSN: 1806-549X

Após a avaliação pelo sistema WinRHIZO, as amostras foram levadas para a estufa para determinação de massa seca da raiz (MSR g planta<sup>-1</sup>) a fim de se obter a relação entre a biomassa seca raiz e biomassa seca parte aérea (MSR/MSPA). A fim de se obter a distribuição vertical de raízes, foram calculadas as proporções acumuladas de raízes a partir de seu comprimento nas diferentes profundidades no perfil dos tubos, avaliadas seguindo a metodologia proposta por Schenk & Jackson (2002).

Os dados foram submetidos à análise de variância univariada e quando significativos pelo teste F ( $p < 0,05$ ), foram desdobrados pelo teste Tukey ao nível de 1% e 5% de significância. Também foi aplicada a análise de variância multivariada (MANOVA) considerando todo o conjunto de indicadores de parte aérea e de raiz. Para tanto foi utilizada a função manova do pacote Stats, recorrendo ao teste de Pillai à 5% de significância. Posteriormente os dados foram submetidos à análise por meio de variáveis canônicas (VC) com auxílio do pacote candisc. Todas as análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio do software R.

## Resultados e discussão

### *Variáveis de parte aérea*

Houve interação das fontes de variação híbridos (H) e regime hídrico (RH) para as variáveis comprimento de caule (CC) e fenologia (FEN). Para as demais variáveis não foi verificada interação significativa, sendo observados efeitos isolados do regime hídrico (RH) para teor relativo de clorofila (TRC), temperatura foliar (TF) e biomassa seca de parte aérea (BA) e efeito isolado dos híbridos também para BA. As plantas mantidas sob restrição hídrica apresentaram um incremento de 145% no teor relativo de clorofila (TRC) em relação à condição de conforto. De acordo com Araus et al., (2012), para seleção de genótipos de milho tolerantes a seca, o teor de clorofila tem sido um parâmetro fisiológico muito utilizado, onde genótipos mais tolerantes ao déficit hídrico apresentam melhor performance fotossintética sob condições de restrição hídrica. Plantas submetidas ao déficit hídrico exibiram maior temperatura foliar quando comparadas ao conforto. Na condição de conforto hídrico o híbrido BRS1055 apresentou maior comprimento do caule (CC), para a condição de restrição hídrica, o híbrido DKB390 apresentou maiores valores para essa variável. Em relação à condição hídrica, foram observados maiores valores na condição de C. Para estes genótipos, portanto, o déficit hídrico influenciou na redução da altura das plantas. O decréscimo da altura das plantas pode estar relacionado ao nível de ácido abscísico (ABA), um hormônio que retarda o crescimento vegetal, cuja concentração aumenta em plantas sob falta de água. Para a variável fenologia (FEN) foi observada interação significativa entre os fatores genótipo e regime hídrico. O desdobramento do regime hídrico dentro de cada híbrido demonstrou que BRS1055 e DKB390 sob restrição hídrica apresentaram desenvolvimento fenológico mais lento. Entre os híbridos estudados, BRS1010 apresentou maior valor para biomassa seca de parte aérea (BPA), assim como as plantas cultivadas em conforto.

### *Variáveis de raiz*

Houve interação significativa entre híbridos (H) e regime hídrico (RH) para biomassa seca de raiz (BR), área de superfície de raiz (ASR), volume de raiz (VR); assim como do regime hídrico (RH) para comprimento de raiz (CR) e D95. Diferença significativa também se registrou entre híbridos (H) para as variáveis CR, BR, ASR e VR.

O híbrido BRS1010 apresentou maior valor para comprimento de raiz (CR). Para o milho foi demonstrado em trabalho desenvolvido por Ali et al. (2016), que maior comprimento de raiz proporciona um aumento na tolerância à seca, sendo este então considerado um ótimo parâmetro a ser observado na escolha de genótipos tolerantes a restrição hídrica. A biomassa seca de raízes (BR) diferiu entre os híbridos e dentro de cada regime hídrico. No conforto, os híbridos BRS1010 e o BRS1055 apresentaram maior BR, todavia, para restrição hídrica, o híbrido BRS1010 foi superior. Possivelmente, os maiores valores de biomassa seca de raiz encontrados na condição com restrição hídrica estão relacionados à grande alocação de carbono às raízes. Para área de superfície de raiz (ASR), na condição de conforto hídrico, os híbridos BRS1010 e BRS1055 apresentaram maiores valores, enquanto na condição de restrição o híbrido BRS1010 foi superior. Para volume de raízes (VR) ocorreu diferença significativa para híbrido dentro de cada regime hídrico, sendo que para a condição conforto, BRS1010 e o BRS1055 apresentaram os maiores valores de VR, quando em restrição hídrica o híbrido BRS1010 apresentou maior VR.



CIÊNCIA E TECNOLOGIA:  
IMPLICAÇÕES NO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

# FEPEG

F Ó R U M  
ENSINO • PESQUISA • EXTENSÃO • GESTÃO

REALIZAÇÃO:



APOIO:



ISSN: 1806-549X

As plantas em restrição hídrica apresentaram D95 de 65,44 cm, e sob conforto de 60,03 cm, demonstrando que, independente do genótipo, as plantas em restrição exploram uma profundidade 8,52% maior no perfil do solo em relação àquelas mantidas em condição de restrição. Trabalho realizado por Fan (2016) relata que a zona de maior distribuição de raízes de milho estimada por D95 situa-se entre 50-100 cm, o que condiz com os resultados obtidos no presente trabalho. De acordo com Monshausen e Gilroy (2009), as raízes das plantas de diferentes espécies são capazes de detectar gradientes de umidade e ajustar seu crescimento na exploração de com maior disponibilidade em água, através do fenômeno denominado hidrotropismo.

Considerando que características adaptativas são aquelas expressas na presença de um indutor ambiental, as variáveis TRC, T.F, CC, BA, CR, BR, ASR e D95 responderam de forma significativa ao déficit hídrico, podendo-se inferir que as mesmas podem ser indicadores de caráter adaptativo à deficiência de água no solo. As variáveis DMR, VR, R/PA e CRA mantiveram-se inalteradas independente da condição hídrica, o que pressupõe que estas são características constitutivas do híbrido.

A análise de variância multivariada (MANOVA) não foi significativa ( $p < 0,05$ ) para a interação híbridos e regime hídrico, indicando que os fatores atuam de forma isolada ao considerar a análise de forma multivariada.

Observou-se que as duas primeiras variáveis canônicas (VC) foram suficientes para explicar 81,46% da variação observada. Verificou-se que houve a formação de quatro grupos distintos (Figura 1). O primeiro grupo formado pelos híbridos BRS1010 e BRS1055 em conforto. O segundo grupo também sob conforto, foi composto pelo híbrido DKB390. O terceiro agrupamento foi formado pelos tratamentos DKB390 e BRS1055 sob restrição hídrica e último grupo pelo tratamento BRS1010 sob restrição hídrica.

A VC1 explicou 66,04% da variação obtida, onde as características com maior contribuição foram TRC, fenologia, temperatura foliar e o diâmetro médio de raiz. Considerando-se a alta correlação negativa destas variáveis com a VC1, a dispersão gráfica indica que todos os genótipos quando submetidos à restrição hídrica apresentaram maiores valores para SPAD, temperatura foliar, diâmetro médio de raiz e o desenvolvimento fenológico mais lento.

## Conclusões

De acordo com os resultados experimentais, o teor relativo de clorofila, a temperatura foliar, a altura da planta, a biomassa seca da parte aérea, o enraizamento profundo, a área de superfície radicular e a D95 foram responsivos ao déficit hídrico. Os principais parâmetros que permitiram a distinção entre os híbridos nos regimes hídricos foram o teor relativo de clorofila, fenologia, temperatura foliar e diâmetro médio da raiz.

## Referências bibliográficas

- ALI, M. L.; LUETCHENS, J.; SINGH, A.; SHAVER, T. M.; KRUGER, G. R.; LORENZ, A. J. Greenhouse screening of maize genotypes for deep root mass and related root traits and their association with grain yield under water-deficit conditions in the field. *Euphytica*, v. 207, n. 1, p. 79–94, 2016.
- ARAUS, J. L.; SERRET, M. D.; EDMEADES, G. Phenotyping maize for adaptation to drought. *Frontiers in physiology*, Lausanne, v. 3, p. 1-20, 2012.
- FAN, J.; MCCONKEY, B.; WANG, H.; JANZEN, H. Root distribution by depth for temperate agricultural crops. *Field Crops Research*, v. 189, p. 68–74, 2016.
- COSTA, C.; DWYER, L. M.; ZHOU, X.; DUTILLEUL, P.; HAMEL, C.; REID, L. M.; SMITH, D. L. Root morphology of contrasting maize genotypes. *Agronomy Journal*, v. 94, n. 1, p. 96–101, 2002.
- KAPPES, C.; CAMILLO DE CARVALHO, M. A.; MITSUO YAMASHITA, O.; NETO DA SILVA, J. A. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 3, 2009.
- MONSHAUSEN, G. B.; GILROY, S. The exploring root—root growth responses to local environmental conditions. *Current opinion in plant biology*, v. 12, n. 6, p. 766–772, 2009.



CIÊNCIA E TECNOLOGIA:  
IMPLICAÇÕES NO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

# FEPEG

F Ó R U M  
ENSINO • PESQUISA • EXTENSÃO • GESTÃO

REALIZAÇÃO:



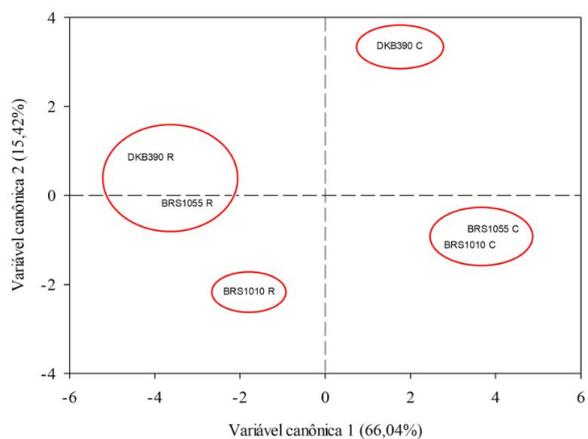
APOIO:



ISSN: 1806-549X

SCHENK, H. J.; JACKSON, R. B. The global biogeography of roots. *Ecological monographs*, v. 72, n. 3, p. 311–328, 2002.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of cotton plants. I. The field measurement of water deficit in leaves. *New phytologist*, Lancaster, v. 49, p. 81–87, 1950.



**Figura 1** - Escores canônicos padronizados para variáveis canônicas VC1 e VC2, apresentadas de forma bidimensional, considerando três híbridos de milho e dois regimes hídricos. Janaúba-MG, 2017.