

PARÂMETROS PRODUTIVOS DO MILHO SOB DÉFICIT HÍDRICO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

SAMUEL SILVA¹; AMANDA CIBELE DA PAZ SOUSA²; CARLA SABRINA DA SILVA³; EDMAÍRIS RODRIGUES ARAÚJO⁴; MARCELO AUGUSTO DA SILVA SOARES⁵ E IÊDO TEODORO⁶

¹Professor do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Piranhas, Av. Sergipe, 1477, 57460-000, Piranhas, Alagoas, Brasil, samuel.silva@ifal.edu.br

²Graduanda em Engenharia Agrônômica, Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Piranhas, Av. Sergipe, 1477, 57460-000, Piranhas, Alagoas, Brasil, 8º período. E-mail: amandacibele-21@hotmail.com

³Graduanda em Engenharia Agrônômica, Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Piranhas, Av. Sergipe, 1477, 57460-000, Piranhas, Alagoas, Brasil, 5º período. E-mail: carlaabrina18@gmail.com

⁴Graduanda em Engenharia Agrônômica, Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Piranhas, Av. Sergipe, 1477, 57460-000, Piranhas, Alagoas, Brasil, 5º período. E-mail: edmairisengifal@gmail.com

⁵Doutorando em Produção Vegetal, Departamento de Tecnologia da Produção, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil, marcelocico_@hotmail.com.

⁶Professor do Centro de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil, iedoteodoro@gmail.com.

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do déficit hídrico em diferentes fases fenológicas do milho na região semiárida de Alagoas. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Alagoas, Campus Piranhas, durante os meses de fevereiro a junho de 2019. A partir dos dados coletados nas plantas durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes etapas: análise do efeito dos elementos climáticos sobre a cultura, determinação da produtividade em cada tratamento, avaliação de variáveis da espiga sob o efeito do déficit hídrico e estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc). As plantas submetidas ao déficit hídrico nas fases de pendramento e floração sofreram variação no número de grão por espiga e tiveram baixa produtividade quando comparadas às plantas submetidas na fase de grão farináceo. A temperatura e umidade do ar não influenciaram na limitação térmica para o desenvolvimento do milho durante todo o ciclo. Plantas submetidas ao déficit hídrico na fase de pendramento e floração foram menos produtivas.

Palavras-chave: umidade do solo, estresse hídrico, produtividade agrícola.

SILVA, S., SOUSA, A. C. P.; SILVA, C. S.; ARAÚJO, E. R.; SOARES, M. A. S.; TEODORO, I.

PRODUCTIVE PARAMETERS OF MAIZE UNDER WATER DEFICIT IN DIFFERENT PHENOLOGICAL PHASES IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

2 ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of water deficit in different phenological phases of maize in the semiarid region of Alagoas, Brazil. The experiment was conducted at the Federal Institute of Alagoas, Campus Piranhas, from February to June 2019. From the data collected from the plants during the conduct of the experiment, the following steps were performed: analysis of the effect of climatic elements on the crop, determination of productivity in each treatment, evaluation of growth data and ear variables under the effect of the deficit water, estimation of crop evapotranspiration (ETc) and verification of the level of impact of water stress caused in each phenological phase of the culture. The plants subjected to water deficit in the tasseling and flowering phases suffered variation in the number of grains per ear and had low yield compared to the plants submitted to the farinaceous grain phase. The evapotranspiration of the crop, temperature and humidity did not influence the thermal limitation for developing maize throughout the cycle. Plants submitted to water deficit during the planting and flowering phase were less productive.

Keywords: soil moisture, hydric stress, yield.

3 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.) é uma cultura de importância mundial, sendo cultivado em quase todos os países sob diferentes climas e manejos (ALMEIDA et al., 2017). Considerado um dos principais cereais do mundo, o milho fornece vários produtos que são largamente utilizados para a alimentação humana e alimentação animal, também é bastante utilizado para fornecer matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e qualidade das reservas acumuladas que o mesmo possui em seus grãos (ALVES et al., 2015).

O Semiárido Alagoano é uma região que apresenta baixa precipitação pluviométrica com períodos prolongados de seca, resultando em baixa reserva hídrica no solo agricultável. Essa condição afeta o desenvolvimento de muitas espécies de plantas cultivadas, dentre elas, o milho, o que reflete diretamente na renda familiar dos agropecuaristas, uma vez que o milho é a principal cultura para produção animal na região (SANTOS et al., 2020) e também para a agricultura de subsistência de pequenos produtores.

A cultura do milho apresenta alta demanda por água, necessitando de 250 a 500 mm de água por ciclo, apresenta sensibilidade ao estresse hídrico provocado pela baixa disponibilidade de água no solo, principalmente no período crítico, que inicia no florescimento e vai até o enchimento dos grãos (HERNÁNDEZ et al., 2015).

A ocorrência de estresse hídrico causa muitos danos na cultura do milho, como a redução da produtividade, altura das plantas e diâmetro dos colmos, além da redução na fotossíntese causada pelo decréscimo na expansão celular e pelos danos causados no aparato fotossintético (GUIMARÃES; ROCHA; PATERNIAN, 2019)

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do déficit hídrico a partir de diferentes fases fenológicas do milho na região semiárida.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Alagoas, Campus Piranhas, entre 28 de fevereiro e 03 de

junho de 2019 (95 dias). A cultivar de milho utilizada foi o híbrido M274, considerado de alto potencial produtivo. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Bsh, caracterizado como um clima muito quente, semiárido, com estação chuvosa centrada nos meses de abril, maio e junho (ALVARES et al., 2013). A precipitação pluvial média anual da região é de 483 mm.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas com quatro repetições. Os tratamentos foram períodos para iniciar a submissão da cultura ao estresse por déficit hídrico, sendo estes a partir dos seguintes estádios: pendoamento (VT), polinização (R1), grão leitoso (R3), grão pastoso (R4) e grão farináceo (R5) (sem estresse), correspondendo aos 45, 55, 65, 75 e 85 dias após o plantio, respectivamente. As parcelas foram compostas por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas a 0,80 m, resultando numa área total de 16 m², sendo que a área útil foi composta pelos 3 m centrais das duas linhas do meio.

O preparo do solo foi realizado via gradagem. O plantio foi feito em sulcos abertos manualmente, colocando-se duas sementes a cada 0,20 m, e quando as plantas atingiram quatro folhas totalmente expandidas, foi feito o desbaste para uma planta, resultando em 62.500 plantas por hectare. A adubação de fundação foi feita em função da produtividade esperada de 10t ha⁻¹, de acordo com Coelho (2007), em que se aplicou 96,2 kg ha⁻¹ de fósforo, tendo o superfosfato simples como fonte, mais metade do potássio (182,4 kg ha⁻¹) na forma de cloreto de potássio. A segunda metade do potássio mais o nitrogênio (200 kg ha⁻¹) na forma de sulfato de amônio foram aplicados na adubação de cobertura aos 15 dias após o plantio (DAP). Aos 22 DAP foi aplicado também um mix via foliar com 0,35; 0,88; 0,88; 3,49; 0,88; 0,17 e 0,16 kg ha⁻¹ correspondentes a Zn, Cu, Fe, Mn, Mo, e Ni, respectivamente. O controle de pragas

e doenças foi feito através do manejo integrado de pragas e doenças (MIPD), utilizando o controle manual e o inseticida metomil no controle de *Spodoptera frugiperda*. O controle de plantas daninhas foi realizado através de capinas manuais. A irrigação foi feita via sistema de gotejamento com vazão nominal de 7,5 L h⁻¹m⁻¹, pressão nominal de 10 mca e espaçamento entre gotejadores de 0,4 m. O manejo da irrigação foi realizado com turno de rega diário e manutenção da umidade do solo próximo à capacidade de campo, em que o monitoramento foi realizado com o auxílio de tensiômetros a 20 cm de profundidade, sendo a leitura realizada com tensímetro digital. Para fins de determinação de estresse hídrico, as tensões equivalentes à -8 kPa e -50kPa foram consideradas, respectivamente, como ponto de umidade na capacidade de campo e ponto de umidade crítica.

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação automática de aquisição de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada próximo à área experimental. A evapotranspiração de referência (ET_o), que representa o consumo hídrico de referência para a região, foi calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), conforme Equação 1:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T + 273} \right) u_2 (\epsilon_s - \epsilon)}{\Delta + \left[\gamma (1 + 0,34 u_2) \right]} \quad (1)$$

Em que: ET_o é a evapotranspiração de referência (mm); Δ é a inclinação da curva da pressão de vapor d'água saturado versus temperatura do ar (kPa °C⁻¹); R_n é o saldo de radiação estimado (MJ m⁻² dia⁻¹) calculado pelo método de Penman-Monteith; G é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); γ é o coeficiente psicrométrico (°C⁻¹); T é a temperatura média do ar (°C); u₂ é a velocidade média do vento a 2 m de

altura (m s^{-1}); e_s é a pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa) e e é a pressão do vapor d'água do ar (kPa).

Nas estimativas da evapotranspiração da cultura (ETc), o desenvolvimento da planta foi dividido em quatro estádios (inicial com 20 dias, crescimento com 32 dias, intermediário com 40 dias e final com 33 dias), que constam no boletim FAO-56 (ALLEN et al., 1998), no qual são descritos os procedimentos detalhados para o cálculo da ETc pelo método do coeficiente de cultivo (Kc) único. O valor de Kc inicial ajustado pelo método gráfico foi de 0,65 e os valores de Kc intermediário e final, ajustados pelo método da equação, foram de 1,12 e 0,53, respectivamente conforme Allen et al. (1998).

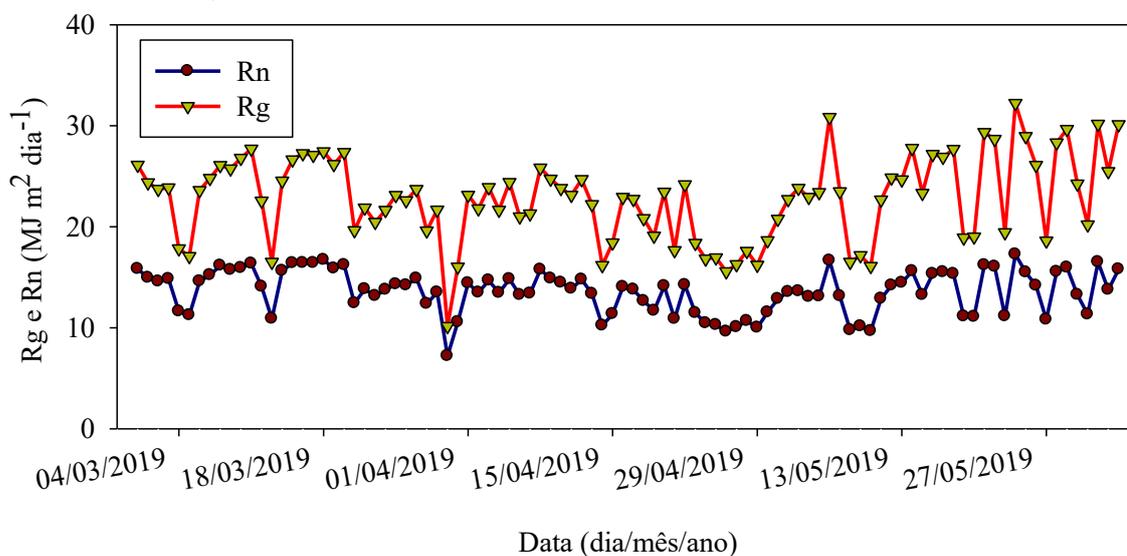
Por ocasião da colheita, coletaram-se as espigas na fase de maturação fisiológica (R6) para medir: comprimento e diâmetro da espiga, número de linhas de grãos, número de grãos por linha, massa de mil grãos e massa total de grãos da área útil. Após a determinação da massa dos grãos, os mesmos foram colocados em estufa de secagem a 65 °C durante 48 horas para determinação do teor de umidade e da

produtividade agrícola em cada tratamento, sendo esta última determinada pela massa de grãos a 12% de umidade dividida pela área útil da parcela. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e teste de Tukey para verificar o grau de diferença estatística entre os tratamentos. As planilhas foram construídas no Microsoft Excel e os gráficos elaborados nos programas SigmaPlot e Origin.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A radiação global (Rg) variou de 10 $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (30/03/2019) a 32 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (24/05/2019) com média de 22,8 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Figura 1). Observa-se que durante os meses de março a abril houve dias com baixos valores de Rg em função da ocorrência de chuvas, uma vez que a nebulosidade causa interferência na irradiância até a superfície. O saldo de radiação (Rn) variou de 7,2 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (30/03/2019) a 17,3 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (24/05/2019) com média 13,6 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Essa energia é utilizada nos processos de evapotranspiração, aquecimento do ar, do solo e das plantas, bem como para a fotossíntese (SANTOS et al., 2018).

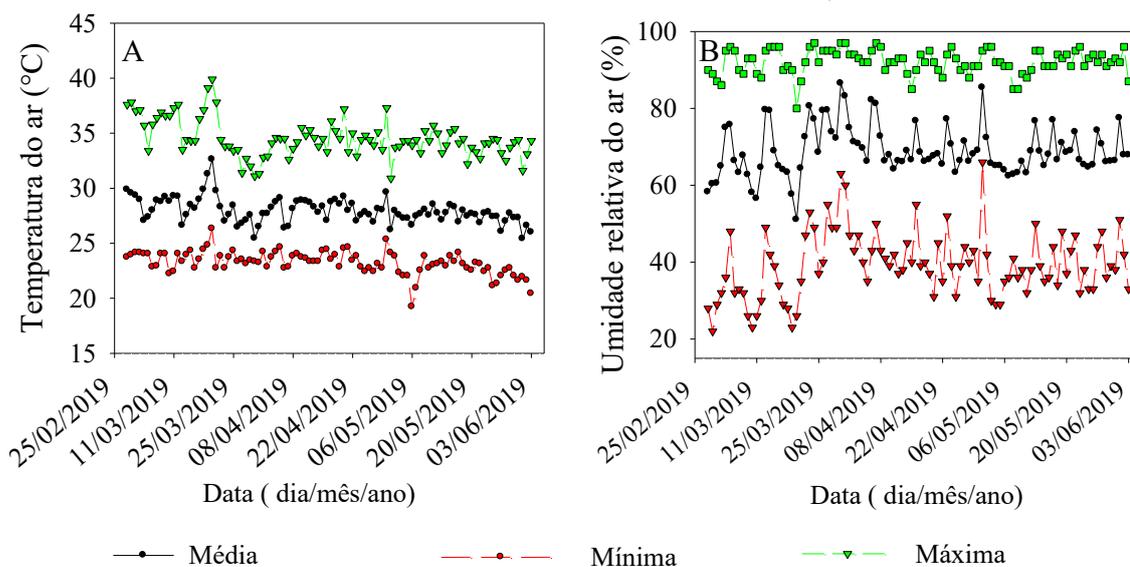
Figura 1. Valores diários Rn e Rg de fevereiro a junho de 2019 durante o ciclo do milho em Piranhas, AL.



De acordo com Santos et al. (2018), a radiação solar atua diretamente sobre o desenvolvimento e o crescimento das plantas, e indiretamente pelos efeitos no regime térmico de qualquer sistema terrestre. Para a cultura do milho a luz é um fator imprescindível, por esta ser uma planta que necessita de luminosidade para expressar sua alta eficiência de conversão de energia radiante em energia química. O aproveitamento da radiação por essa cultura indica o potencial da atividade fotossintética, que reflete diretamente na produtividade agrícola, uma vez que, por ser uma gramínea tropical C4, possui elevada eficiência fotossintética e apresentar elevadas produtividades quando cultivada em ambientes favoráveis.

Na Figura 2 são observadas as variações da umidade relativa (UR%) e da temperatura do ar durante o ciclo da cultura. A umidade relativa do ar variou de 39 a 92% (01/03/2019 e 18/05/2019, respectivamente), com média de 69%, enquanto a temperatura média variou de 23 a 35°C (28/03/2019 e 18/05/2019, respectivamente), com média geral de 28°C. Observa-se queda na temperatura do ar e aumento na UR% nos dias chuvosos. Contudo, não foi observada limitação térmica para o desenvolvimento do milho, cuja faixa ideal ao seu crescimento e desenvolvimento está entre 24 e 30°C (CARON et al., 2017).

Figura 2. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar de fevereiro a junho de 2019 durante o ciclo da cultura do milho em Piranhas, AL.



A elevação da temperatura do ar aumenta a quantidade de vapor de água que a atmosfera pode reter, desse modo, com aumento da temperatura há redução no potencial hídrico da atmosfera, elevando o gradiente entre o potencial da folha e do ar podendo ter efeito significativo sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2016). Percebe-se que a região em estudo não apresentou valores extremos de temperatura do ar, sendo estas

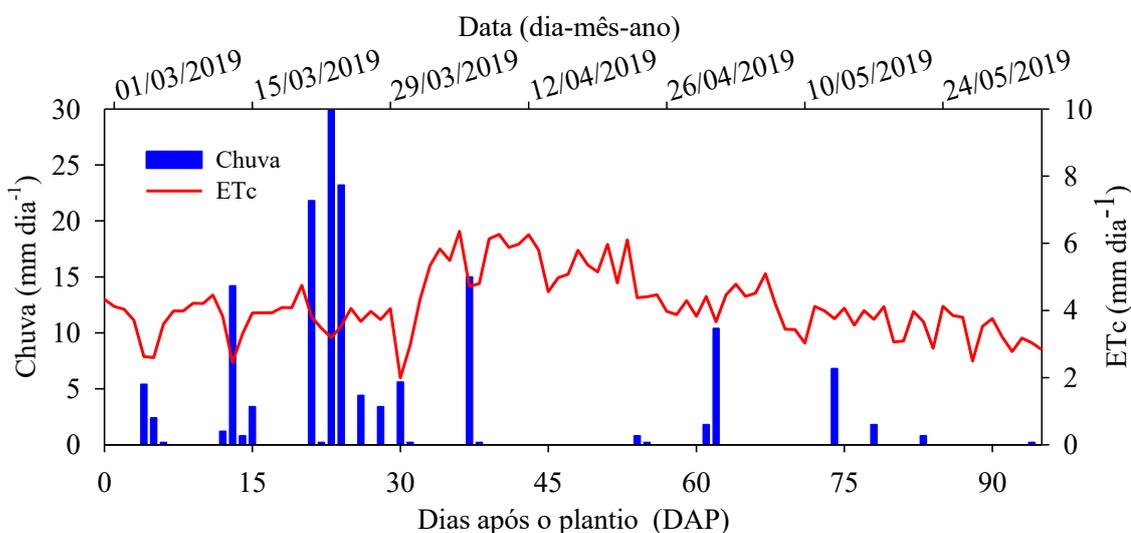
equivalentes às temperaturas basais (inferior e superior), o que nos permite inferir que a cultura esteve em seu pleno desenvolvimento no que diz respeito à temperatura do ar, não sofrendo estresse térmico, pois temperaturas abaixo da basal inferior e acima da basal superior interferem negativamente na taxa de fotossíntese da planta.

A precipitação pluvial durante o ciclo de produção do milho somou 156 mm,

sendo que 75% (118 mm) dessa precipitação ocorreu durante o mês de março (04/03/2019 a 31/03/2019), caracterizando a distribuição irregular da precipitação pluvial durante o período de cultivo (Figura 3). Este período do ano corresponde à estação chuvosa da região, mas essa disponibilidade hídrica é insuficiente para atender a demanda de água

da cultura, que, conforme Machado (2016), para uma boa produção necessita de 400 a 600 mm de água durante o ciclo. Considera-se que a cultura do milho apresenta alta demanda por água, mas também é uma das mais eficientes no seu uso, isto é, produz uma grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida (CAVALCANTE JUNIOR et al., 2018).

Figura 3. Valores diários de chuva e ETc de fevereiro de 2019 a junho de 2019 durante o cultivo de milho em Piranhas, AL.



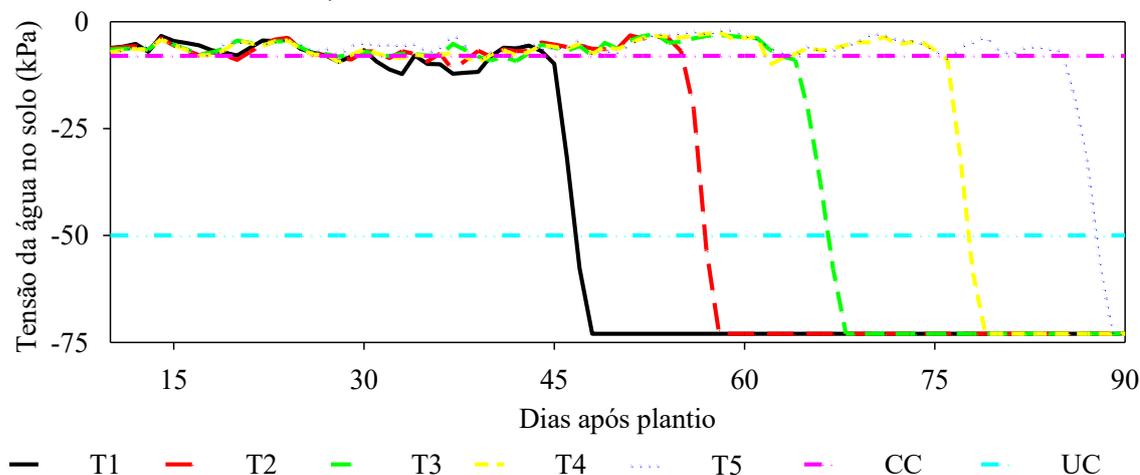
A evapotranspiração da cultura (ETc) total no ciclo de cultivo foi 399 mm, com valores parciais de 32,9; 212,4; 51,1; 48,6; 53,5; 56,1 e 57,9 mm para as respectivas fases de desenvolvimento constantes na Figura 3. Observam-se valores menores de ETc no período em que há ocorrência de chuvas, quando há alta nebulosidade e diminuição da intensidade da radiação solar, do aquecimento da atmosfera e consequentemente, da demanda hídrica atmosférica. Ao longo de todo o ciclo da cultura observou-se valores médio, mínimo e máximo da ETc de 4,2; 2 e 6,4 mm dia⁻¹, respectivamente (Figura 3).

A irrigação aplicada no cultivo fez com que do plantio até ao final da fase de crescimento da cultura (0-45 DAP), todos os tratamentos estivessem com a umidade próxima à capacidade de campo (CC),

equivalente a -8 kPa (Figura 4). A partir do estágio de pendramento, a tensão de água no solo em T1 esteve abaixo do ponto de umidade crítica (-50kPa) em virtude da suspensão da irrigação. Nos tratamentos T2, T3, T4 e T5 a tensão de água no solo permaneceu próximo à CC até aos 55, 65, 75 e 85 DAP, que corresponde, respectivamente, aos estádios de polinização, grão leitoso, grão pastoso e grão farináceo atingidos pela cultura. A partir desses períodos de suspensão da irrigação em todos os tratamentos (pendramento ao grão farináceo), a tensão diminuiu drasticamente, ultrapassando o ponto de umidade crítica para a cultura. Isso refletiu negativamente nas variáveis de crescimento, matéria seca e produtividade da cultura, exceto o T5, que teve a suspensão do fornecimento de água quando

não havia mais efeito da umidade do solo no enchimento de grãos.

Figura 4. Tensão de água no solo durante cultivo de milho no período de fevereiro a junho de 2019 em Piranhas, AL.



As plantas de milho cultivadas nos diferentes tratamentos apresentaram desempenhos distintos. No T1 as plantas não floresceram, diferentemente do T2, que apesar de apresentar crescimento reduzido, teve florescimento, porém, mais desuniforme quando comparado com as plantas cultivadas nos T4 e T5. Os aspectos observados quanto ao florescimento das plantas de milho foram similares aos de Melo et al. (2018) que avaliando genótipos de milho, observaram atraso no florescimento nos tratamentos com baixa disponibilidade de água. Storck et al. (2009) também observaram florescimento tardio do milho cultivado sob estresse hídrico.

Quanto à avaliação dos parâmetros produtivos, apenas o T1 não produziu espiga. Entre os demais tratamentos não houve diferença significativa para o número de fileiras por espiga, enquanto as variáveis comprimento e diâmetro de espiga e número do grão por fileira diferiram estatisticamente (Tabela 1). O número de grãos por fileira variou de 31,97 a 25,4 para os tratamentos T5 e T2, respectivamente. O tratamento T2 também apresentou menor comprimento e diâmetro de espiga em relação ao T5. A maior massa de mil grãos foi obtida pelo T5, o qual apresentou massa de mil grãos 136% a mais que o T2 (Tabela 1).

Tabela 1. Valores dos parâmetros produtivos da cultura do milho, comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de grão por fileira (NGF), número de fileiras (NF) e massa seca de mil grãos (Massa), cultivado de fevereiro a julho de 2019 em Piranhas, AL.

TRATAMENTOS	CE	DE	NGF	NF	Massa
	cm	cm	unidade planta ⁻¹	unidade planta ⁻¹	g
T1- Pendoamento	-	-	-	-	-
T2- Polinização	13,3 c	3,31 b	25,40 b	14,40 a	11,0 c
T3- Grão leitoso	16,4 b	3,86 b	31,70ab	14,20 a	16,75 b
T4- Grão pastoso	15,9 ab	4,26ab	29,12 a	14,70 a	23,25 a
T5- Grão farináceo	17,7 a	6,51a	31,97 a	14,55 a	26,00 a
Média geral	15,88**	4,48**	29,55**	14,46 ^{ns}	19,25**
CV %	4,47	25,51	6,41	3,34	10,46

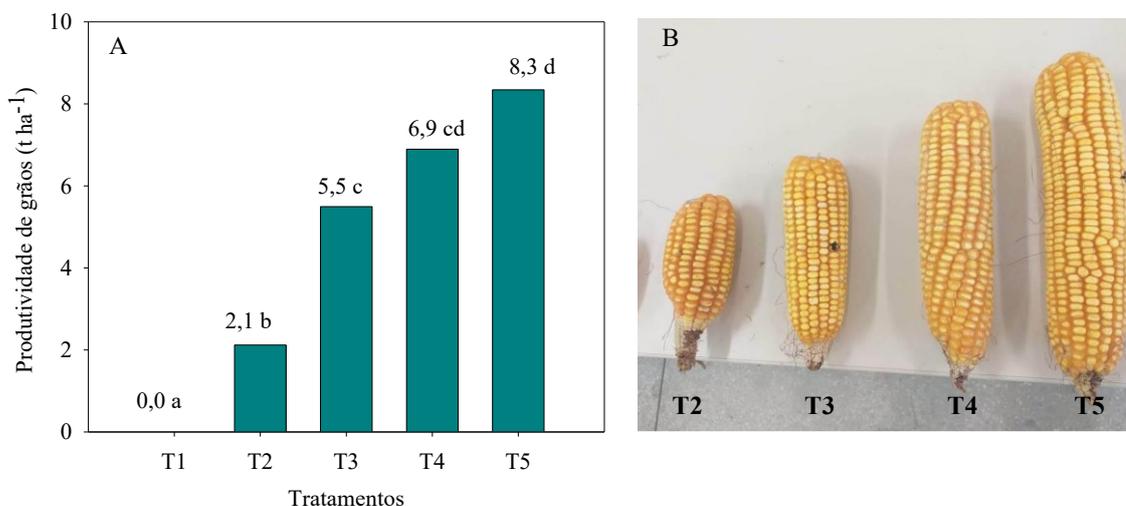
** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ns - não significativo.

Valores menores do comprimento da espiga são observados em no T2 (Tabela 1), tratamento submetido ao déficit hídrico na fase de polinização, estágio que define o rendimento da produtividade de grãos. O mesmo acontece para o número de grãos produzidos em cada fileira. O comprimento da espiga e número de grãos por fileira é determinado nas últimas semanas antes do pendoamento (MAGALHÃES; DURÃES, 2006), com a submissão ao estresse nesse momento, ocorre a redução do número de grãos produzidos em cada fileira, porém o número de grãos final é determinado durante e após a polinização. Para Cirilo e Andrade (1994), o número de grãos por espiga no milho dependerá das condições fisiológicas da planta no florescimento, no entanto, as condições climáticas durante o período de enchimento de grãos podem afetar a produção e a alocação de fotoassimilados para a formação dos grãos.

As investigações de New, Duthion e Turc (1994) demonstraram que quando o déficit hídrico ocorre junto ou após o florescimento, há significativo efeito na redução do número de grãos, e que a massa final dos grãos é função da taxa de desenvolvimento da planta e da duração do período de enchimento dos grãos.

O resultado do teste de Tukey ($p \leq 0,05$) indica que houve diferença significativa para a produtividade de grãos entre os tratamentos submetidos ao déficit hídrico (Figura 5). O tratamento T5, submetido ao estresse hídrico aos 85 DAP foi o mais produtivo, totalizando 8,3 t ha⁻¹, o que equivale à aproximadamente quatro vezes a mais que o tratamento T2, que teve produtividade agrícola de apenas 2,1 t ha⁻¹ (Figura 5). O tratamento T1 não produziu nada, pois não ocorreu a formação da espiga.

Figura 5. Produtividade (A) e exemplo de espigas colhidas (B) de milho cultivado sob déficit hídrico no período de fevereiro a julho de 2019, na região de Piranhas, AL.



Os tratamentos T1 e T2 foram os mais afetados, pois a produtividade do grão foi afetada devido ao baixo sincronismo entre o florescimento masculino e feminino, que segundo Santos et al. (2020) pode levar a perdas de produtividade entre 35 e 50% sob condição de estresse hídrico, sendo o estágio de florescimento considerado a fase crítica do milho. No T2 (déficit hídrico aos 55DAP) o déficit hídrico afetou a polinização e causou baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dessecação (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Para Durães et al. (2004), apenas dois dias de estresse hídrico durante a polinização é capaz de diminuir o rendimento em mais de 20%, e de quatro a oito dias pode provocar mais de 50% de perdas, pois é nessa época que ocorre a definição do rendimento de grãos. No T3 (déficit hídrico aos 65 DAP) ocorreu redução de 66%, pois de acordo com Adebayo et al. (2014), o estágio de enchimento de grãos também é considerado uma fase crítica do milho e nessa fase o estresse hídrico reduz o rendimento de grãos, podendo ter perdas de 80%. Diferente dos demais tratamentos, T5 foi o que mais produziu, pois não sofreu estresse durante as fases críticas, recebendo

irrigação plena, e com isso não houve redução na produtividade. No trabalho realizado por Bergamaschi et al. (2004), avaliando o rendimento da cultura do milho em dois anos agrícolas distintos na região de Eldorado do Sul, Rio grande do Sul, os autores observaram que condições adequadas de irrigação durante o período crítico da cultura, garantiram rendimento próximo a 8,95 t ha⁻¹, a aplicação de déficit hídrico durante esse período, reduziu a produtividade em mais de 80%. Estresse ambiental nessa fase pode antecipar o aparecimento da formação da camada preta, indicadora da maturidade fisiológica. A redução na produção, nesse caso, seria relacionada à massa dos grãos e não ao número de grãos. Os grãos, nesse estágio, apresentam-se com cerca de 55% de umidade (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

6 CONCLUSÃO

– Os altos níveis de radiação solar e temperatura do ar da região não possuem muita influência negativa na produção de grãos do milho quando este já é cultivado sob estresse hídrico severo;

– A ocorrência de estresse hídrico a partir da fase de pendoamento do milho provoca a não formação de espiga pela planta;

– Quando o déficit de água ocorre a partir da fase de polinização, o milho produz espigas mal formadas e apresenta baixo rendimento, além de redução na área foliar e matéria seca;

– A suspensão de água na fase de grão farináceo não compromete o desenvolvimento e produtividade do milho.

7 AGRADECIMENTOS

Ao IFAL/Campus Piranhas por disponibilizar a área experimental, as bolsas, trator, laboratórios de apoio com equipamentos e ferramentas necessários para o projeto. Ao INMET pelos dados da estação meteorológica.

8 REFERÊNCIAS

ADEBAYO, M. A.; MENKIR, A.; BLAY, E.; GRACEN, V.; DANQUAH, E.; HEARNE, S. Genetic analysis of drought tolerance in adapted x exotic crosses of maize inbred lines under managed stress conditions. **Euphytica**, Ikenne, v. 196, n. 2, p. 261-270, 2014. DOI:

10.1007/s10681-013-1029-5. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-013-1029-5>. Acesso em: 6 nov. 2020.

ALLEN, R. A.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em:

https://www.scsocourt.org/complexcivil/105CV049053/volume3/172618e_5xAGWAX8.pdf.

Acesso em: 6 nov. 2020.

ALMEIDA, A. C. S.; BONIFÁCIO, J.; PUSCH, M.; OLIVEIRA, F. C.; GESEINHOFF, L. O.; BISCARO, G. A. Produtividade e eficiência de uso da água em milho cultivado com diferentes estratégias de manejo hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**,

Fortaleza, v.11, n.3, p.1148-1457, 2017. DOI: 10.7127/rbai.v11n300577. Disponível em:

<http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/577/0>. Acesso em: 6 nov. 2020.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.;

SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em:

https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 6 nov. 2020.

ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; TOEBE, M.; SILVA, L. P.

Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 884-891, 2015.

DOI:10.1590/0103-8478cr20140471. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33138346022>. Acesso em: 6 nov. 2020.

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**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000900001. Disponível em: http://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/EMBR_969570e22a3d45ad24827468b28b2eaf. Acesso em: 6 nov. 2020.

CARON, B. O.; OLIVEIRA, D. M.; ELLI, E. F.; ELOY, E.; SCHWERZ, F.; SOUZA, V. Q. Elementos meteorológicos sobre características morfológicas e produtivas do milho em diferentes épocas de semeadura. **Científica**, Jaboticabal, v. 45, n. 2, p. 105-114, 2017. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/download/910/565>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; MEDEIROS, J. F.; FREITAS, I. A. S.; OLIVEIRA, A. K. S.; SOBRINHO, J. E.; SILVA, J. P. N.; SILVA, THIERES, G. F. Necessidade hídrica da cultura do milho influenciada pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 2, p. 251-262, 2018. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p251-262. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/917>. Acesso em: 6 nov. 2020.

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 1039-1043, 1994. DOI: 10.2135/cropsci1994.0011183X003400040037x. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223607387_Growth_and_dry_matter_partitioning_of_diverse_cotton_genotypes. Acesso em: 6 nov. 2020.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Circular técnica, 96). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/486122/1/Circ96.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2020.

DURÃES, F. O.; GOMES, E. E.; GAMA, M. X. D. S.; SANTOS, F. G.; COELHO, A. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; CARLOS, A. **Fenotipagem associada à tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. Sete Lagoas: Embrapa, 2004. (Circular Técnica, 39).

GUIMARÃES, P. S.; ROCHA, D. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Conteúdo de carboidrato foliar em híbridos de milho submetidos à restrição hídrica. **Evidencia**, Joacaba, v. 19, n. 2, p. 93-112, 2019. DOI: 10.18593/eba.v19i1.20201. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/20201>. Acesso em: 3 jul. 2020.

HERNÁNDEZ, M.; ECHARTE, L.; DELLA MAGGIORA, A.; CAMBARERI, M.; BARBIERI, P.; CERRUDO, D. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to N supply under contrasting soil water availability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 178, n. 1, p. 8-15, 2015. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.03.017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429015001082>. Acesso em: 3 jul. 2020.

- MACHADO, J. R. A. **O excesso de chuvas e a cultura do milho**. 2016. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8900890/artigo---o-excesso-de-chuvas-e-a-cultura-do-milho>. Acesso em: 2 set. 2020.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; **Fisiologia da produção do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA: CNPMS, 2006. (Circular Técnica, 76). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf. Acesso em: 6 ago. 2020.
- MELO, A. V.; SANTOS, V. M.; VARANDA, M. A. F.; CARDOSO, D. P.; DIAS, M. A. R. Desempenho agrônômico de genótipos de milho submetidos ao estresse hídrico no Sul do Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 177-189, 2018. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p177-189. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/817/1343>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- NEW, B.; DUTHION, C.; TURC, O. Phenological response of pea to water stress during reproductive development. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 141-146, 1994. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400010025x>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1994.0011183X003400010025x>. Acesso em: 6 ago. 2020.
- SANTOS, B. C.; PERUSSI, R.; DIEGO, N. B. P.; SOUZA, P. H. Agricultura Sintrópica na Bacia do Ribeirão do Feijão: uma proposição a partir dos balanços hídrico e energético na Região. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 53, p. 443-466, 2018. DOI: 10.5752/P.2318-2962.2018v28n53p443-466. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17323>. Acesso em: 6 ago. 2020.
- SANTOS, R. L. V.; BARBOSA, J. P. F.; SOUZA, W. C. L.; SILVA, L. E. B.; BRITO, D. R.; BRITO, D. B. Rendimento do híbrido de milho (*Zea mays* L.) AG 1051 sob diferentes populações de plantas em irrigação deficitária por gotejamento no Agreste Alagoano. **Revista da Universidade Estadual de Alagoas, [S. l.]**, v. 12, n. 12, p. 1-9, 2020. DOI: 10.34032/ambientale.v12i1.190. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/190>. Acesso em: 6 ago. 2020.
- SILVA, S.; COSTA, CÍCERO, T. S.; NASCIMENTO, R.; TEODORO, I.; CANTARELLI, A. L. D., SOARES M. A. S. Épocas de plantio e dose econômica de nitrogênio para o milho cultivado nos Tabuleiros Costeiros Alagoanos. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 114-122, 2016. DOI:10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3476. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/3476>. Acesso em: 6 ago. 2020.
- STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S. J.; TOEBE, M.; SILVEIRA, T. R. Duração do subperíodo semeadura-florescimento, crescimento e produtividade de milho em condições contrastante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 1, p. 27-39, 2009. DOI:10.18512/1980-6477/rbms.v8n01p%25p. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/268/855>. Acesso em: 6 ago. 2020.