

USO RACIONAL DA ÁGUA E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO (*Zea Mays* L.) IRRIGADO POR GOTEJAMENTO EM CULTIVO DE OUTONO/INVERNO¹

PAULO FERREIRA DA SILVA²; MARCOS ANTONIO LIODORO DOS SANTOS³;
JOÃO VICTOR RIBEIRO DA SILVA DE SOUZA⁴; DOUGLAS MARCELO
PINHEIRO DA SILVA⁵; JÉSSICA MAIARA DE SOUZA FERRARI⁶ E JOÃO
CARLOS CURY SAAD⁷

¹ Trabalho retirado da tese intitulada: "Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada no milho cultivado no outono/inverno em Botucatu-SP", do autor Paulo Ferreira da Silva²

² Doutor em Agronomia Irrigação e Drenagem, Rua Elpídio Coelho, 427, Centro, 64750-000, Paulistana, PI, Brasil, e-mail: pauloagrom@gmail.com

³ Doutor em Agronomia, Departamento de vendas e projetos, Irrimar irrigação e serviços LTDA, Av. Antares 720, Recanto dos Vinhais, 65070-070, São Luís, MA, Brasil, e-mail: marcos.liodorio@irrimar.com.br

⁴ Doutor em Agronomia Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia rural, FCA - UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Fazenda Lageado, 18603-970, Botucatu, SP, Brasil, e-mail: joao.vrsp@gmail.com

⁵ Professor Doutor, Instituto de Educação Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Rua 29 de Agosto, 786, Centro. 69800-000, Humaitá, AM, Brasil, e-mail: douglasilva@ufam.edu.com

⁶ Mestre em Agronomia Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências e Engenharia, UNESP, Rua Domingos da Costa Lopes, 780, Jardim Itaipu, 17602-496, Tupã, SP, Brasil, e-mail: jessicamaiaraferrari@gmail.com

⁷ Professor Doutor, Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA - UNESP, Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, e-mail: joao.saad@unesp.br

1 RESUMO

Este estudo foi realizado para investigar o efeito da irrigação e doses de fertilizante nitrogenado sobre a produtividade do milho cultivado entre os meses de abril a outubro de 2016 e 2017. O experimento foi conduzido na Fazenda Lageado na área experimental localizada nas coordenadas geodésicas 22°51'07" Sul, 48°25'45,07" Oeste e altitude de 764 m. A acidez do solo foi corrigida com calcário dolomítico apenas no ano de 2016 e a semeadura realizada no espaçamento de 0,85 x 0,20 m entre as linhas e plantas, respectivamente, com adição de 300 kg de NPK 04-30-10 aplicado no sulco. O delineamento experimental usado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com parcela subdividida sendo cinco níveis de irrigação correspondendo a 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração diária da cultura (ETc) e cinco doses de adubação nitrogenada nos níveis 0, 22,5, 45, 67,5 e 90 kg ha⁻¹ de N, utilizando a uréia como fonte de N em quatro repetições. A produtividade de grãos de milho foi maior utilizando a lâmina com 100% da ETc nos anos de 2016 e 2017. Para o fator adubação nitrogenada, o maior rendimento foi obtido no nível utilizando 90 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chave: economia de água, irrigação suplementar, produtividade de grãos

SILVA, P. F.; SANTOS, M. A. L.; SOUZA, J. V. R. S.; SILVA, D. A. P.; FERRARI, J. M. S.; SAAD, J. C. C.

RATIONAL USE OF WATER AND NITROGENATED FERTILIZATION IN CORN (*Zea Mays* L.) IRRIGATED BY DRIPPING IN AUTUMN / WINTER CULTIVATION

2 ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of irrigation and nitrogen fertilizer doses on the productivity of corn grown between April and October 2016 and 2017. The experiment was conducted at Fazenda Lageado in the experimental area located at geodetic coordinates 22°51'07" South, 48°25'45.07" West and altitude of 764 m. The soil was corrected with dolomitic limestone only in 2016 and the sowing carried out at a spacing of 0.85 x 0.20 m between the lines and plants, respectively, with the addition of 300 kg of NPK 04-30-10 applied in the furrow. The experimental design used was randomized blocks, in a 5 x 5 factorial scheme, with a subdivided plot with five levels of irrigation corresponding to 50, 75, 100, 125 and 150% of the daily culture evapotranspiration (ET_c) and five doses of nitrogen fertilization at levels 0; 22.5; 45; 67.5 and 90 kg ha⁻¹ of N, using urea as a source of N in four replications. The productivity of corn grains was higher using depth with 100% ET_c in the years 2016 and 2017. For the nitrogen fertilization factor, the highest yield was obtained at the level using 90 kg ha⁻¹ of N.

Keywords: water saving, supplementary irrigation, grain yield

3 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de grãos do mundo com duas safras por ano em algumas regiões do país. A produção de milho tem contribuído significativamente para o aumento da produção total de grãos, seja na primeira ou na segunda safra devido às tecnologias genéticas e de manejo, que tem gerado altas produtividades.

O milho é uma das culturas mais estudadas e cultivadas no mundo, sendo produzido em diversas regiões do Brasil. Este pode ser cultivado onde as precipitações variam de 400 a 800 mm e a variação de demanda hídrica está parcialmente associada à arquitetura foliar (ângulo da folha, altura e densidade), às características das folhas (números de estômatos e de horas de sua abertura), à duração do ciclo e a época de cultivo (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2009).

O milho primeira safra é aquele cultivado em regiões cujo verão é chuvoso, enquanto o milho denominado segunda safra é cultivado entre as estações outono/inverno, normalmente em sucessão

à cultura da soja, sendo um período caracterizado por menor ocorrência de chuva que no verão.

Para Greaves e Wang (2017), a produção de milho desempenha um papel importante no desenvolvimento econômico e socioeconômico de muitos países devido à diversificação de suas utilizações. A principal importância econômica do milho decorre de sua utilização diversificada como alimento para humanos e animais e matéria-prima em aplicações industriais, bem como na agroindústria (SÁRVÁRI e PEPÓ, 2014; DEVKOTA et al., 2016; MARKOVIĆ et al., 2017).

Além de atender a crescente demanda por alimentos, o milho se destaca também como uma grande alternativa de matriz energética. Veljković et al. (2018) relataram que grandes quantidades de milho são utilizadas para produção de amido, óleo e etanol.

Vários são os fatores responsáveis pelo rendimento de grãos de milho, no entanto, para Liaqat, Akmal e Ali (2018), a interação genótipo e ambiente é o principal fator determinante da produtividade. Nesse contexto, o déficit hídrico na cultura do milho pode ser comprometedora durante a

fase de desenvolvimento ou reprodutiva, ocasionando redução da produtividade. Yi et al. (2010), observaram que o estresse hídrico afeta diretamente a capacidade das plantas de capturar os recursos necessários para a fotossíntese, bem como a eficiência com a qual convertem esses recursos em biomassa e produção de grãos.

O desenvolvimento de novas tecnologias de irrigação que forneçam o uso eficiente e efetivo da água de irrigação é essencial para manter a produção agrícola em níveis que satisfaçam a crescente demanda de alimentos (KAMAN, KIRDA e SESVEREN, 2011; OLIVEIRA, 2018).

O milho irrigado por gotejamento apresenta vantagens características desse sistema de irrigação. Isso porque a irrigação por gotejamento proporciona um nível de controle sobre os nutrientes do solo que não é possível em uma área não irrigada (JACQUES, FOX e WHITE, 2018). Tão importante quanto saber a necessidade hídrica da cultura, é saber o quanto ela está sendo eficiente no uso da água. De acordo com Chaudhry (2017), o uso e eficiência da água (UEA) fornecem informações sobre o quanto a aplicação de água pode ser diminuída pelo agricultor sem alterar a produção e as quantidades de outros insumos utilizados.

Em relação aos fertilizantes, o nitrogênio em especial é de grande importância no manejo do milho, sendo aplicado em quantidades consideráveis na adubação de cobertura e proporciona alta resposta na produção de grãos (DHITAL e RAUN, 2016), além de ser o nutriente mais utilizado e estudado na cultura do milho (COSTA et al., 2012). Este elemento desempenha papel fundamental como constituinte essencial dos aminoácidos, principais integrantes de proteínas (GONÇALVES, SILVA e BRANDÃO, 2016). Mota et al. (2015) afirmam que a uréia tem sido o fertilizante nitrogenado mais utilizado nas plantações de milho, devido ao seu custo benefício por unidade

de nutriente, associada à eficiência agrônômica, e a uma grande amplitude de aplicação.

Segundo Souza et. al (2011), o incremento de doses de N pode aumentar o teor de N foliar, o número de grãos por feixe e por espiga, e conseqüentemente, a produtividade de grãos de milho segunda safra irrigado. Biscaro et al. (2011), avaliaram o efeito da aplicação de nitrogênio na forma de uréia em cobertura e via foliar nas características agrônômicas e produtividade do milho irrigado por pivô central, e constataram maior rendimento influenciado pelo incremento de N.

Considerando a disponibilidade hídrica para a cultura, bem como a grande demanda por fertilizante nitrogenado, objetivou-se com este trabalho determinar um manejo adequado para a cultura do milho irrigado por gotejamento, estabelecendo uma combinação de lâmina de irrigação e doses de adubação nitrogenada capaz de promover o melhor rendimento de grãos para a cultura do milho segunda safra.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Lageado na área Experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas FCA-UNESP, Campus de Botucatu, situado na Região Centro Oeste no Estado de São Paulo, coordenadas geodésicas 22°51'07" Sul, 48°25'45,07" Oeste, altitude de 764 m, no período de abril a outubro dos anos 2016 e 2017.

4.2 Clima e classificação do solo

O clima segundo os critérios de Köppen e Geiger (1936) é Cwa, caracterizado pelo clima tropical de

altitude, com chuva no verão e seca no inverno, com temperatura média de 20,3°C, umidade relativa do ar 73,9% e precipitação pluvial média anual de 1.501,4 mm. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (SANTOS et al., 2018).

Foram coletadas amostras de solo da área experimental nas camadas de 0-20 e

20-40 e realizada a análise química (Tabela 1). Para obtenção da curva de retenção de água no solo, foram coletas amostras em anel volumétrico (anel de Kopeck) de bordas cortantes e capacidade volumétrica conhecida.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.

Camada (cm)	pH CaCl ₂	M.O g/dm ³	P _{resina} mg/dm ³	Al ³⁺ -----	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
-----mmolc/dm ³ -----											
Ano 2016											
0-20	4.5	25	13	1	60	1.6	9	12	23	83	28
20-40	4.6	32	11	2	56	0.5	14	14	29	85	34
Ano 2017											
0-20	6.2	27	12	---	22	2.0	48	30	79	101	78
20-40	5.6	19	31	---	25	2.2	31	16	49	74	66

pH, na água; M.O, material orgânica; P_{resina}, fósforo disponível no solo; Al³⁺, alumínio trocável; H+Al, potencial de acidez; K, potássio; Ca, cálcio; Mg, magnésio; SB, soma das bases; CTC, capacidade de troca de cátion; V, saturação por bases.

Com base nos dados da Tabela 1, no ano de 2016, foi aplicado o equivalente a 5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com poder de redução de neutralização total (PRNT) de 70%, 25 dias antes da semeadura para corrigir a acidez do solo conforme Raij et al. (1996), e passagem de grade para incorporar o calcário ao solo, sendo que no ano de 2017, não foi necessário realizar correção da acidez do solo.

4.3 Delineamento experimental

Os tratamentos, em ambos os anos, foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5 com parcela subdividida sendo cinco lâminas de irrigação e cinco doses de adubação nitrogenada com quatro repetições. Cada parcela media 4,25 m de largura por 15 m de comprimento e as subparcelas mediam 4,25 m de largura por 3 m de comprimento, contendo seis linhas de plantas. A área útil utilizada foi de 1 m², medida no centro da subparcela e foram

escolhidas as duas linhas centrais de plantas para obtenção dos dados. As demais plantas das linhas centrais da subparcela mais as outras duas linhas de plantas de cada lado da subparcela não foram avaliadas por fazer parte da bordadura.

O experimento foi conduzido com milho (*Zea mays* L), cultivar 2A401 da Dow AgroSciences®, por sua adaptação ao cultivo de segunda safra. Durante a semeadura, foi realizada uma adubação no sulco utilizando 300 kg h⁻¹ da formulação comercial NPK 04-30-10, com base nas recomendações de Raij et al. (1996). A semeadura ocorreu no dia 09/04/2016 e 20/04/2017, realizada de forma manual com o auxílio de um gabarito de madeira perfurada a cada 0,2 m, utilizada como referência para possibilitar a uniformidade de espaçamento das sementes, e com espaçamento de 0,85 m entre linhas, que resultou em um adensamento equivalente a 58,824 plantas por hectare.

Apenas no segundo ano de cultivo, foi necessário fazer o controle da lagarta

rosca (*Agrotis ipsilon*) utilizando inseticida da classe de contato e ingestão do grupo químico dos piretroides (250 g L⁻¹ Lambda-cialotrina), aplicando-se uma única vez aos 9 dias após a emergência.

O sistema de irrigação utilizado no ano de 2016 foi constituído por uma fita gotejadora, com diâmetro interno de 16 mm, vazão de 1,2 L h⁻¹ com carga de pressão de serviço de 10 metros de coluna de água (mca) e emissores não compensantes espaçados a cada 0,2 m. Para o ano de 2017, foi utilizada uma fita gotejadora com diâmetro interno de 16 mm, vazão de 1 L h⁻¹, com pressão de serviço de 10 mca, e emissores autocompensantes espaçados a cada 0,2 m. Na entrada de cada parcela foi utilizado um registro que possibilitou irrigar simultaneamente todas

as unidades experimentais pertencentes ao mesmo tratamento.

4.4 Descrição dos tratamentos

Foram utilizados cinco diferentes níveis de irrigação denominados W1, W2, W3, W4 e W5, correspondendo a 50, 75, 100, 125 e 150%, respectivamente, da evapotranspiração da cultura (ETc) diária. A ETo foi obtida diariamente pelo método de Penman-Montheith, fornecida pela estação meteorológica Lageado localizada à 550 m da área experimental.

A metodologia de Penman-Monteith utilizada para calcular a ETo foi parametrizada no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998):

$$E_{To} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que: ETo = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹; Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa °C⁻¹; R_n = saldo de radiação à superfície, MJ m⁻² s⁻¹; G = fluxo de calor no solo, MJ m⁻² s⁻¹; γ = constante psicrométrica, kPa °C⁻¹; T = temperatura média do ar, °C; U₂ = velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹; e_s = pressão média de vapor de saturação, kPa; e_a = pressão real de vapor, kPa; (e_s - e_a) = déficit de pressão de vapor, kPa.

4.5 Coeficiente de cultivo

Dentre os indicadores utilizados para calcular a necessidade hídrica das culturas, o coeficiente de cultura (Kc) compreende a relação entre a ETc e a ETo, sendo dependente da espécie, altura, área foliar e manejo da cultura. Não havendo dados de Kc locais, pode-se recorrer a dados obtidos em outras regiões. Neste estudo, foram utilizados valores apresentados por Allen et al. (1998) (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficiente de cultivo (Kc) da cultura do milho e os respectivos tempos de duração por fase.

Fases	Inicial	Desenvolvimento	Intermediária	Final
Kc	0,3	1,2	1,2	0,35
Dias	20	35	40	30

Fonte: Food and Agriculture of the United Nations – FAO 56 (ALLEN et al., 1998).

Com os dados de ET_o obtidos da estação juntamente com o K_c proposto pela FAO 56, foi possível determinar a evapotranspiração da cultura ET_c por meio da equação 2.

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (2)$$

Em que ET_c = evapotranspiração da cultura, (mm); ET_o = evapotranspiração de referência, (mm); K_c = coeficiente de cultivo, adimensional.

4.6 Lâmina de irrigação

A necessidade de irrigação foi obtida pela razão direta da ET_c pela eficiência do sistema utilizado, expresso pela Equação 3.

$$NI = \frac{ET_c}{E_a} \quad (3)$$

Em que: NI = necessidade de irrigação, (mm dia^{-1}); ET_c = evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}); E_a = eficiência de aplicação de água do sistema (decimal). Foi obtido 90% de eficiência de aplicação de água pelo sistema.

O turno de irrigação foi diário e a lâmina de irrigação era variável conforme a ET_c e o nível de tratamento. Foi considerada a precipitação efetiva pelo fato da ocorrência de chuva durante o período de execução do experimento.

4.7 Adubação nitrogenada

Para a adubação de cobertura, foi utilizada a uréia convencional com 45% de N. A adubação nitrogenada foi fracionada sendo 50% da quantidade aplicado na fase de desenvolvimento vegetativo V4 quando as plantas estavam com quatro folhas completamente formadas e os outros 50% na fase V8 quando as plantas estavam com

oito folhas completamente formadas, para ambos os anos de acordo com as recomendações de Raij et al. (1996). As doses de adubação nitrogenada utilizadas foram representadas por N0, N1, N2, N3 e N4 correspondendo a 0, 22,5, 45, 67,5 e 90 $kg\ ha^{-1}$ de N, respectivamente. O fertilizante foi distribuído manualmente, a lanço, e depositado próximo à área de maior concentração de raízes das plantas.

4.8 Colheita do milho

A colheita do milho foi realizada manualmente, colhendo-se apenas as espigas da área útil de cada subparcela. Simultaneamente a colheita, foi realizada a biometria das plantas, analisando as seguintes variáveis: altura de planta, altura da espiga e diâmetro do colmo. Logo após a colheita, realizou-se a biometria da espiga, sendo medido o comprimento da espiga com uma fita métrica graduada, o diâmetro da espiga com um paquímetro digital, a contagem do número de fileiras de grãos e o número de grãos por fileira. O número de grãos por espiga foi resultante da multiplicação do número de fileiras pelo número de grãos por fileira.

4.9 Determinação da produtividade ($kg\ ha^{-1}$)

A produtividade de grãos foi determinada mediante a pesagem dos grãos de todas as espigas existentes na área útil de cada subparcela. O resultado obtido, em kg, foi dividido pelo respectivo número de plantas contidas em cada subparcela, obtendo-se o peso médio de grãos por planta e posteriormente extrapolados para área de um hectare. Para ambos os anos, o rendimento foi determinado quando os grãos atingiram 13% de umidade.

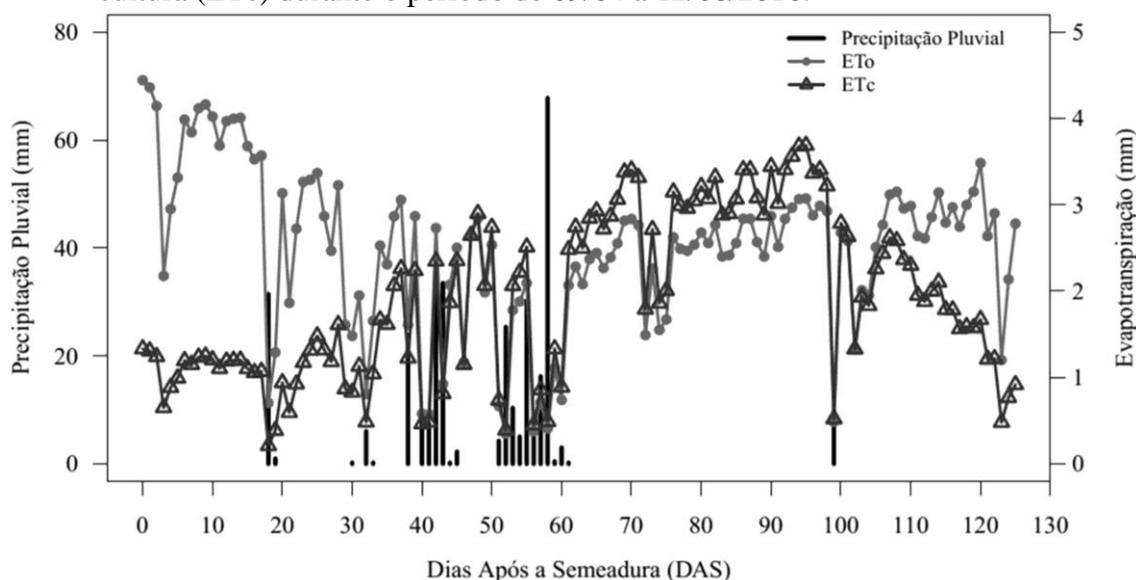
4.10 Análise estatística

Para a análise estatística e a análise de variância, foi utilizado o software R Core Team (2016). Na análise de variância foi usado o teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro. As médias foram submetidas ao teste de Tukey com probabilidade de erro de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de irrigação diária do experimento foi de 125 dias. Durante este período, a ETo acumulada foi de 315 mm, a ETc foi de 242 mm e houve 328 mm de precipitação pluvial no ano de 2016 (Figura 1), com eventos de chuva concentrados em determinados períodos e com alta intensidade.

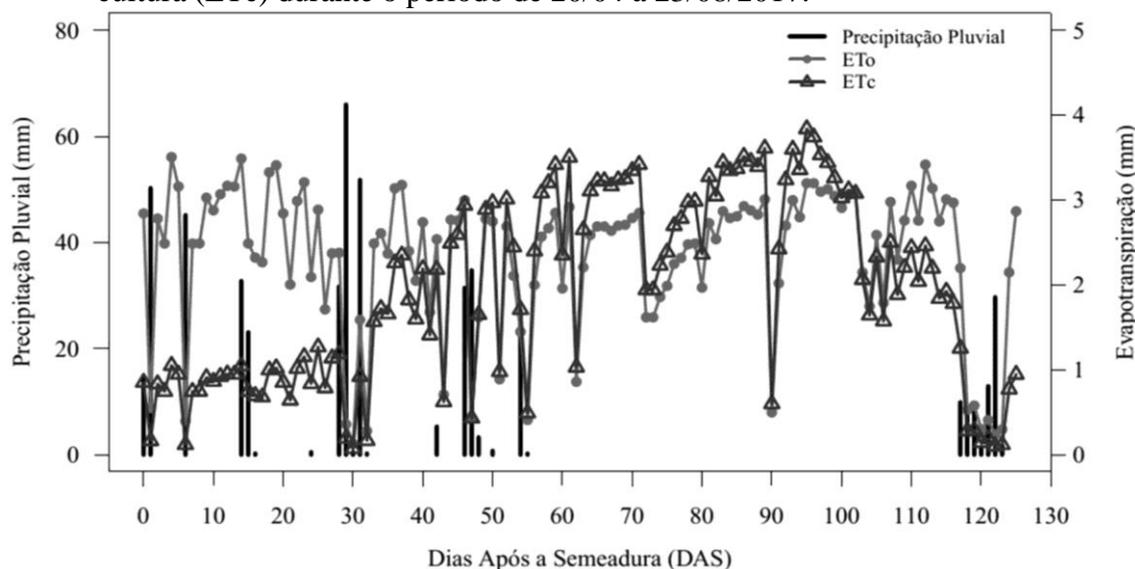
Figura 1. Precipitação pluvial, evapotranspiração de referencia (ETo) e evapotranspiração da cultura (ETc) durante o período de 09/04 a 12/08/2016.



Observa-se na Figura 1, que de 61 a 98 DAS, não houve ocorrência de chuva, e durante este período, ocorreu o florescimento, formação de espigas e enchimento de grãos. É neste período que a complementação de água por meio da irrigação torna-se essencial para promover um desenvolvimento ininterrupto dos componentes de rendimento do milho.

Para o ano de 2017, a ETo total durante o período do experimento foi de 294 mm e a ETc total foi de 244 mm. O volume acumulado de chuva durante este período foi de 494,5 mm, distribuídas durante a fase inicial, de desenvolvimento e com algumas ocorrências na fase final da cultura entre 117 e 123 DAS (Figura 2).

Figura 2. Precipitação pluvial, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c) durante o período de 20/04 a 23/08/2017.



Observa-se ainda na Figura 2 que a maior frequência de chuvas ocorreu até os 55 DAS, e que entre os 56 a 116 DAS ocorreu um veranico. Durante este período (60 dias sem chuva), ocorreu a emissão da floração, formação de espiga, formação e

enchimento de grãos e início da maturação fisiológica. Os valores detalhados dos níveis de irrigação, precipitação pluvial, e as frações de irrigação para cada nível de tratamento estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de precipitação e níveis de irrigação durante a segunda safra do milho nos anos de 2016 e 2017.

Níveis de Tratamento (% da ET _c)	Média de Irrigação Aplicada (mm/d)	Irrigação Aplicada (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Precipitação Efetiva (mm)	Total Irrigação (mm)
Ano 2016					
50	1,3	108		57	165
75	1,6	161		45	206
100	2,2	215	328	27	242
125	2,3	268		22	290
150	2,8	322		22	344
Ano 2017					
50	1,5	114		73	187
75	1,8	171		60	231
100	2,0	228	494	18	246
125	2,4	284		14	298
150	2,8	341		14	355

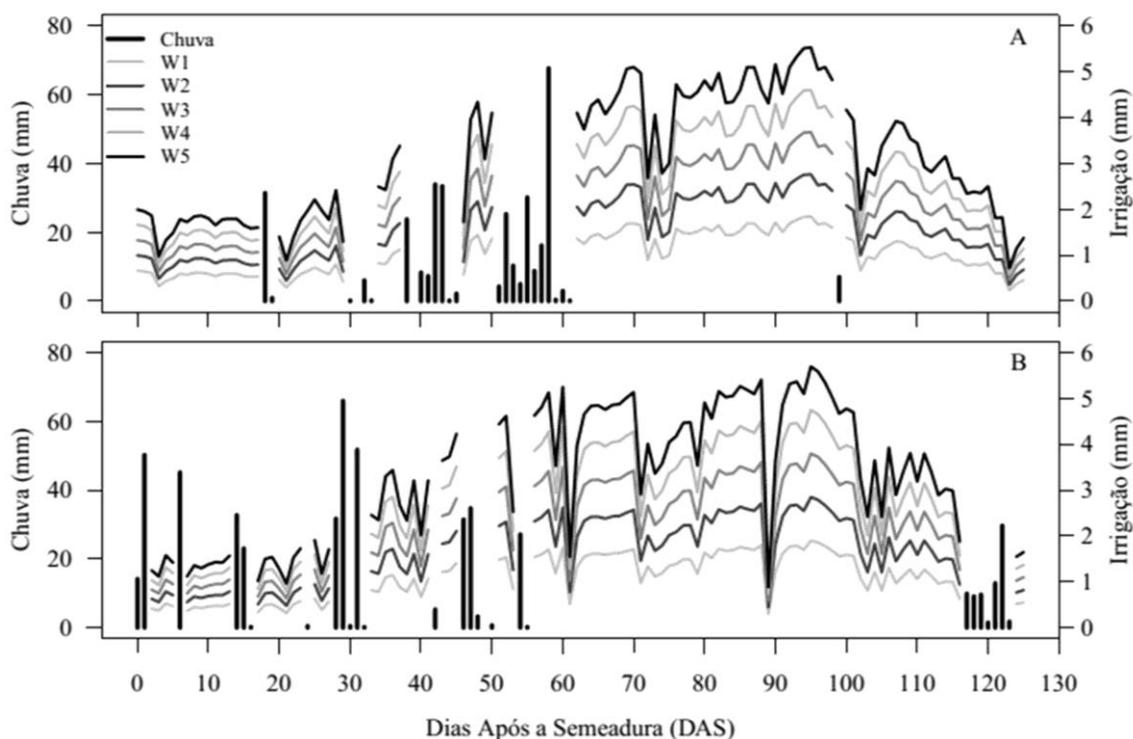
A irrigação total fornecida às plantas foi resultante da soma da precipitação efetiva com a irrigação aplicada conforme a

Tabela 3, tanto para o ano de 2016, quanto para 2017.

A irrigação foi interrompida a cada ocorrência de chuva e somente realizada após considerar a precipitação efetiva e o

déficit acumulado de água no solo, de acordo com cada tratamento (Figura 3).

Figura 3. Chuva e lâmina de irrigação aplicada durante o período de observação dos anos 2016 (A) e 2017 (B).



Os componentes de rendimento tais como altura de planta, altura da espiga, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, comprimento da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e

número de grãos por espiga, foram submetidos a análise de variância, dados médios referentes aos fatores irrigação e doses de adubação nitrogenada conforme as Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras da espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por espiga (NGE) para o ano de 2016.

Lâminas de Irrigação (mm)	AP (m)	AIE (cm)	DC (mm)	DE (mm)	CE (cm)	NFE	NGF	NGE
165	1,99 ab	86,7	24,26	51,70	16,9	16,0	31,3	500
206	2,02 ab	87,0	24,52	52,03	17,1	16,3	31,6	511
242	2,05 a	87,2	24,54	52,11	17,2	16,4	31,7	514
290	2,02 ab	86,8	24,43	51,96	17,1	16,2	31,6	511
344	1,97 b	86,0	23,97	51,64	17,0	16,2	31,4	499
P-valor	0,03	0,97	0,87	0,89	0,55	0,15	0,66	0,25
Doses de N (Kg ha ⁻¹)								
0	1,97	83,9 b	23,82 b	51,55	16,79	16,13	30,9	499
22.5	2,00	85,8 ab	23,97 ab	51,58	16,97	16,19	31,4	504
45	2,01	87,4 ab	24,39 ab	51,78	17,07	16,22	31,7	509
67.5	2,01	87,9 ab	24,46 ab	51,99	17,20	16,24	31,8	511
90	2,03	88,3 a	25,06 a	52,53	17,20	16,24	31,9	512
P-valor	0,12	0,01	0,03	0,24	0,15	0,96	0,18	0,64

P-valor = probabilidade de significância;

Médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras da espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por espiga (NGE) para o ano de 2017.

Lâminas de Irrigação (mm)	AP(m)	AIE (cm)	DC (mm)	DE (mm)	CE (cm)	NFE	NGF	NGE
187	2,00 b	79,7	18,8	48,7	15,1	13,8	27,9	391
231	2,04 ab	82,8	19,5	49,6	15,6	14,0	28,5	395
246	2,09 a	83,4	19,7	50,2	15,8	14,2	29,5	404
298	2,06 ab	82,8	19,3	50,0	15,7	14,0	29,3	401
355	2,05 ab	82,7	18,9	50,0	15,5	13,9	28,3	401
P-valor	0,02	0,18	0,63	0,10	0,72	0,59	0,37	0,91
Doses de N (Kg ha ⁻¹)								
0	1,96 c	75,1 b	18,6	49,7	15,3	13,8	28,0	385 b
22.5	2,03 bc	83,0 a	19,1	47,5	15,4	14,0	27,9	386 ab
45	2,05 ab	83,5 a	19,3	49,5	15,5	14,1	28,5	389 ab
67.5	2,09 ab	84,3 a	19,4	50,1	15,6	14,0	29,5	415 ab
90	2,11 a	85,4 a	19,9	52,2	15,8	14,4	29,6	417 a
P-valor	<0,001	<0,001	0,15	0,06	0,60	0,47	0,10	<0,01

P-valor = probabilidade de significância;

Médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.1 Análise biométrica da planta de milho

No campo, as variáveis analisadas foram altura de planta, altura de inserção da espiga e o diâmetro do colmo, mensurados no momento da colheita. O tratamento lâmina de irrigação foi estatisticamente significativa ao teste de Tukey a 5%, com a maior média de altura de planta obtida no nível correspondente a reposição de água de 100% da ETc, com valor de 2,05 m e o valor mínimo de 1,97 m no nível correspondente a 150% da ETc. Para o tratamento adubação nitrogenada, não foi estatisticamente significativo, e a melhor resposta foi obtida no nível correspondente a 90 Kg ha⁻¹ de N no ano de 2016.

Para o ano de 2017, a menor variação nas médias da variável altura de planta ocorreu no tratamento lâminas de irrigação com valores entre 2,00 e 2,09 m nos níveis com 50 e 100% da ETc, respectivamente. Mesmo com uma pequena diferença entre as médias, a variável altura de planta foi estatisticamente significativa ao teste de Tukey a 5%, com a maior média obtida no nível com 100% da ETc.

Quanto ao tratamento doses de adubação nitrogenada, a variação de altura de planta foi entre 1,96 e 2,11 m obtida entre os níveis 0 e 90 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A aplicação de 90 Kg ha⁻¹ de N resultou na maior altura de planta de milho, e mesmo com valores próximos entre as médias de cada tratamento, foi estatisticamente significativa ao teste de Tukey a 1% representado pelo P-valor <0,001.

Almeida et al. (2017) trabalhando com quatro diferentes lâminas de irrigação na cultra do milho, constataram que as alturas das plantas apresentaram relação diretamente proporcional com o volume de água consumido no ciclo da cultura. Sabe-se que a variável altura de planta é uma condição dependente do híbrido utilizado,

da região, e até mesmo da estação de cultivo. No entanto, na Turquia, İdikut e Kara (2011) encontraram valores de 1,82 e 2,14 m de altura média de plantas de milho nos anos de 2007 e 2008, respectivamente. Testando doses de adubação nitrogenada, Abera, Debele e Wegary (2017), observaram valores médios de 2,71 e 2,77 m de altura de milho aplicando 55 e 110 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Estes resultados foram diferentes do apresentado nesta pesquisa pelo fato dos híbridos utilizados terem sido distintos, dentre outros fatores.

A ocorrência de chuva durante o ciclo de cultivo pode ter comprometido parcialmente a diferenciação dos tratamentos tanto para o fator irrigação, quanto para o fator doses de adubação nitrogenada nos anos de 2016 e 2017. Greaves e Wang (2017), trabalhando com cinco níveis de irrigação, encontraram comportamentos semelhantes nos seus resultados, e atribuíram ao fato de não haver diferença significativa na altura de plantas de milho à falta de estresse hídrico, que foi observado durante o estágio de crescimento vegetativo.

No primeiro ano do experimento (2016), a variável altura de inserção da espiga não foi estatisticamente significativa, com valor máximo de 87,2 cm e o mínimo foi de 86,7 cm para os níveis W3 e W5, correspondendo a reposição de água equivalentes a 100 e 150% da ETc, respectivamente. O tratamento adubação nitrogenada foi estatisticamente significativo, com valores de 83,9 e 88,3 cm de altura de inserção da espiga, obtidos nos níveis N0 e N4, correspondentes a 0 e 90 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente no primeiro ano.

No segundo ano, a altura de inserção da espiga variou de 79,7 a 83,4 cm entre os níveis de lâmina de irrigação com o maior valor obtido no nível com 100% da ETc e de 75,1 a 85,4 cm entre os níveis 0 e 90 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente, nas doses de

adubação nitrogenada. Não houvesse diferença estatística significativa para o tratamento lâmina de irrigação, mas, para as doses de adubação nitrogenada foi significativa a 1%, com diferença de 12% entre a média do maior e menor valor.

Valores de altura de inserção da espiga encontrados por Marković et al. (2018), variaram de 71,67 a 84,09 cm em 2010 e para o ano de 2011 variaram de 111 a 122 cm, segundo os autores, em ambos os anos essa variação foi influenciada pela irrigação. Para o tratamento doses de adubação nitrogenada, Gonçalves, Silva e Brandão (2016), encontraram alturas de inserção da espiga a 106, 118, 131 cm para os níveis 0, 40 e 80 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Embora as doses de adubação nitrogenada adotadas tenham sido semelhantes àquelas utilizadas nesta pesquisa, as alturas de plantas foram diferentes decorrentes de híbridos distintos quanto às características agronômicas.

Quanto ao diâmetro do colmo das plantas de milho, para o tratamento lâmina de irrigação não foi estatisticamente significativo, os valores médios obtidos variaram de 23,97 a 24,54 mm para os níveis com 150 e 100% da ETc, respectivamente. A adubação nitrogenada foi estatisticamente significativa, com um valor mínimo e máximo de 23,82 e 25,06 mm nos níveis correspondentes a 0 e 90 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Para a variável diâmetro do colmo, a variação de médias do tratamento lâmina de irrigação foi entre 18,8 e 19,7 mm entre os níveis com 150 e 100% da ETc, respectivamente. Para o tratamento doses de adubação nitrogenada a variação de médias foi entre 18,6 e 19,9 mm nos níveis correspondentes a 0 e 90 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Ambos os tratamentos não foram estatisticamente significativos.

Para o diâmetro do colmo, os valores foram semelhantes aos encontrados por Gonçalves, Silva e Brandão (2016), que obtiveram para as doses 0, 40 e 80 Kg ha⁻¹

de N, diâmetros de 21,1; 24,1 e 28,1 mm, respectivamente.

5.2 Análise biométrica da espiga de milho

O diâmetro da espiga é um importante componente de rendimento de grãos, pois pode determinar o aumento ou diminuição do número de fileiras de grãos por espiga que influencia no aumento da produtividade. Foram obtidos valores que variaram de 51,64 a 52,11 mm para os níveis com 150 e 100% da ETc, respectivamente. Quanto aos níveis dose de N, a variação foi de 51,55 a 52,52 mm entre os níveis correspondentes a 0 e 90 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente, no ano de 2016.

Para o ano de 2017, a variação do diâmetro da espiga foi entre 48,7 a 50,2 mm para o fator lâmina de irrigação nos níveis W1 e W3, respectivamente. Quanto ao fator doses de adubação nitrogenada, a variação foi de 49,2 a 52,2 mm nos níveis N0 e N4, respectivamente. A variável diâmetro da espiga não foi estatisticamente significativa ao teste de Tukey a 5%, tanto para o tratamento lâmina de irrigação e adubação nitrogenada nos anos de 2016 e 2017.

Em um trabalho de avaliação de componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio realizado por Ziech et al. (2016), no Paraná, obtiveram médias de diâmetro de espiga de 45,3 e 42,8 mm utilizando dose de 180 Kg ha⁻¹ de N, que foi o dobro da maior dose aplicada nesta pesquisa.

O comprimento da espiga apresentou uma variação entre 16,86 e 17,17 cm para os níveis W1 e W3, respectivamente. Para as doses de adubação nitrogenada, a variação de média foi de 16,79 cm para o nível N0 a 17,20 cm para os níveis N3 e N4 no ano de 2016. Em 2017, a variação para o tratamento lâmina de irrigação foi entre 15,1 e 15,8 cm para os níveis W1 e W3, respectivamente. A variação obtida no tratamento doses de adubação nitrogenada foi entre os níveis N0

com valor de 15,3 cm e N4 com 15,8 cm. Não houve diferença estatística em nenhum dos fatores analisados nem no primeiro e nem no segundo ano.

A variação nos valores médios de comprimento de espiga deste trabalho foi superior aos mencionados por Băşa et al. (2016), que trabalhando com dois híbridos de milho e três doses de adubação nitrogenada, encontraram valores médios de 14,5 cm de comprimento de espiga de milho aplicando doses de 120 Kg ha⁻¹ de N, e inferiores ao de Mo e Wang (2017), que trabalharam com diferentes doses de fertilizantes nitrogenado na cultura do milho irrigado por gotejamento subsuperficial, encontraram valor médio de 19,7 cm de comprimento de espiga de milho.

A quantidade de fileiras por espiga de milho variou de 12 a 18, no entanto, as médias estatísticas foram de 16,02 a 16,37 nos níveis W1 e W3, respectivamente, e de 16,13 e 16,24 nos níveis N0 e N4 no primeiro ano. No segundo ano, a variação nas médias foi de 13,8 a 14,2 nos níveis W1 e W3, respectivamente, para o tratamento lâmina de irrigação. Para as doses de adubação nitrogenada, a menor média foi de 13,8 no nível N0 e a maior de 14,4 no nível N4 com 90 Kg ha⁻¹ de N. Para este componente de rendimento, não houve diferença estatística significativa para nenhum dos tratamentos tanto para o ano de 2016 quanto para 2017.

Quanto ao número de fileiras por espiga, Gonçalves, Silva e Brandão (2016), encontraram valores correspondentes a 16,3; 16,5 e 16,7 para as doses de 0, 40 e 80 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente, sendo que na dose 0 de N, a média do número de fileiras de grãos de milho foi igual a observada neste trabalho no ano de 2016. Amanullah et al. (2016), encontraram médias do número de fileiras de milho de 13,7 e 14,2, nos níveis 50 e 200 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente, no ano de 2008 e repetindo o mesmo trabalho em 2010

observaram médias de 13,3 tanto para os níveis com 50 quanto para 200 Kg ha⁻¹ de N, valores estes próximos aos encontrados nesta pesquisa no ano de 2017. Como houve uma adubação de base e incidências de chuvas nos dias da adubação de cobertura, é possível ter ocorrido grandes perdas por volatilização do N, possibilitando que o nível 0 kg ha⁻¹ de N apresentasse média semelhante aos demais níveis, assim como ocorreu no ano de 2016.

Os valores obtidos para o número de grãos por fileira em 2016 variaram de 31,3 a 31,7 para os níveis W1 e W3, respectivamente, do tratamento lâmina de irrigação. No tratamento doses de adubação nitrogenada, foi de 30,9 no nível N0 a 31,8 nos níveis N3 e N4. No ano de 2017 as médias foram de 27,9 no nível W1 e 29,5 no nível W3. No fator doses de adubação nitrogenada, os valores foram crescentes na medida em que aumentou a dose de N, com uma variação de 28 a 29,6 nos níveis N0 e N4, respectivamente. Para o número de grãos por fileira as médias não foram estatisticamente significativas em nenhum dos anos.

O número de grãos por fileira obtido no experimento de Marković et al. (2017), foi de 38 grãos por fileira utilizando 200 Kg ha⁻¹ de N e para o fator lâminas de irrigação com reposição de água no solo de 80 a 100% da capacidade de campo, obtiveram 39 grãos por fileira. Valores maiores do número de grãos por fileira foram relatados por Hafez and Abdelaal (2015), que encontraram 47,7 e 48,1 grãos por fileira nos anos de 2012 e 2013, respectivamente, aplicando 150 Kg ha⁻¹ de N, valores estes apenas 3,7% maior quando eles aplicaram 90 Kg ha⁻¹ de N. Ambos os autores supracitados, obtiveram valores maiores do número de grãos por fileira, quando comparados ao valor médio encontrado por esta pesquisa nos anos de 2016 e 2017.

O número de grãos por espiga obtidos no primeiro ano para o tratamento lâmina de irrigação variou de 499 a 514 nos

níveis W5 e W3, respectivamente. Para o tratamento doses de adubação nitrogenada, a variação foi de 499 a 512, correspondendo a 0 e 90 Kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Tanto para o tratamento lâmina de irrigação quanto para doses de adubação nitrogenada, não foram significativos estatisticamente. No segundo ano, os valores foram de 391 e 404 para os níveis W1 e W3, respectivamente. Apenas o tratamento doses de adubação nitrogenada foi significativo estatisticamente com valor mínimo de 385 no nível N0 e máximo de 417 grãos por espiga para o nível N4.

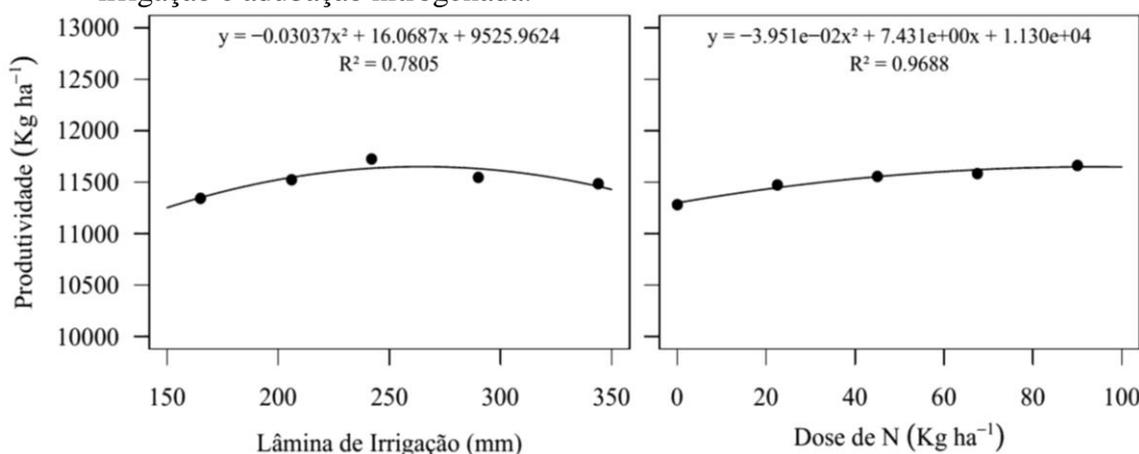
Os maiores valores do número de grãos por espiga encontrado neste trabalho em 2016 foram próximos aos de Silva et al. (2017), que trabalhando com irrigação

suplementar, obtiveram 528 grãos por espiga. Hafez e Abdelaal (2015) obtiveram 408 e 422 grãos por espigas nos anos de 2012 e 2013, respectivamente, aplicando 150 kg ha⁻¹ de N, correspondendo a maior dose de N aplicada por eles. Estes valores foram semelhantes aos observados nesta pesquisa no ano de 2017.

5.3 Análise de rendimento de grãos

A associação das variáveis componentes do rendimento resultou na produtividade de grãos. A produtividade de grãos não foi estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5%, nem nos fatores isolados e nem na interação entre os fatores no ano de 2016 (Figura 4).

Figura 4. Médias da produtividade de grãos de milho em função dos tratamentos lâminas de irrigação e adubação nitrogenada.



Em 2016, o rendimento de grãos de milho teve média geral de 11.526 kg ha⁻¹, rendimentos semelhantes foram descritos por Kisekka et al. (2017), que trabalhando com vários níveis de irrigação de pré-plantio e com uma lâmina de 5 mm dia⁻¹, encontraram para estas condições, produções que variaram de 11.083 a 11.450 Kg ha⁻¹ de grão de milho. Rendimento maior foi reportado por Yi et al. (2010), que trabalhando com diferentes práticas de manejos, obtiveram 15.200 e 15.600 Kg ha⁻¹ nos anos de 2007 e 2008 respectivamente, utilizando irrigação suplementar.

Para o ano de 2017, a produtividade de grãos de milho para o tratamento lâmina de irrigação não foi estatisticamente significativa à análise de variância com o maior valor de 8.064 Kg ha⁻¹ correspondente ao nível W3 equivalente a reposição de 100% da demanda de água com base na ETc. Este valor foi 13% maior em relação ao nível W1 que apresentou a menor produtividade.

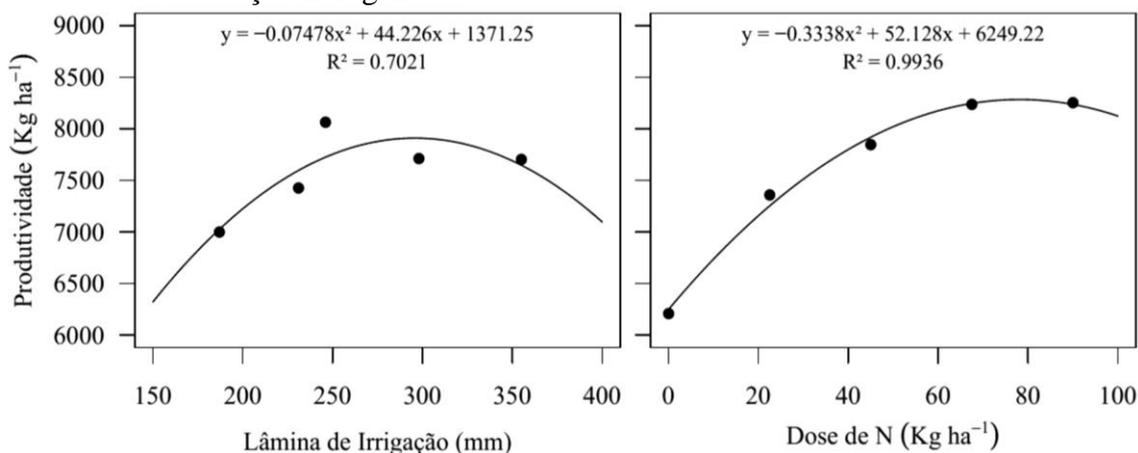
O tratamento doses de adubação nitrogenada foi estatisticamente significativo com P-valor equivalente a <0,001, com valor máximo de 8.254 kg ha⁻¹

na dose de 90 kg ha⁻¹ e comparando com a menor média de produtividade na dose 0 kg ha⁻¹, a diferença foi de 24,8%.

A produtividade foi influenciada pela irrigação até o nível com 100% de reposição de água com base na ETc, diferenciando do nível com 75% da ETc em 7,9%. A produtividade com irrigação superior ao nível de 100% da ETc diminuiu

na medida que foi aumentando o nível de tratamento. Para o tratamento doses de adubação nitrogenada, conforme aumentou o nível de tratamento, aumentou a produtividade de milho, no entanto, a produtividade para o nível com 67,5 Kg ha⁻¹ de N foi semelhante a do nível com 90 Kg ha⁻¹ de N (Figura 5).

Figura 5. Médias de produtividade de grãos analisadas nos fatores lâmina de irrigação e doses de adubação nitrogenada.



A maior produtividade de milho se deu com a maior lâmina de irrigação e maior dose de adubação nitrogenada testada. Resultado semelhante foi reportado por Teixeira et al. (2014), que observaram que a eficiência no uso da radiação aumentou com as aplicações de fertilizantes nitrogenados até 250 kg h⁻¹ N nos tratamentos totalmente irrigados, resultando assim em maior produtividade de grãos de milho.

Por outro lado, Pizolato Neto et al. (2016) testando quatro diferentes doses de N em cinco diferentes cultivares de milho irrigado por pivô central em Uberaba - MG, obtiveram a maior produtividade de 6.065 kg ha⁻¹ de milho utilizando 140 kg ha⁻¹ de N em solo de textura franco arenosa. Já em outro estudo realizado em Dourados - MS, com solo e clima de mesma classificação do realizado nesta pesquisa, Biscaro et al. (2011) testando quatro doses de adubação nitrogenada no milho irrigado via pivô

central, constataram que a dose de 90 kg ha⁻¹ de N proporcionou maior rentabilidade financeira.

Comparando o rendimento de milho dos dois ciclos, verifica-se que o do ano de 2017 foi 34% menor que o rendimento do milho do ciclo 2016. Vários fatores podem ter contribuídos para justificar essa diferença, entre eles, o fato do milho ter sido cultivado na mesma área nos dois anos de experimento, a data de semeadura ter ocorrido com 11 dias de diferença em relação ao primeiro ano e a ocorrência de chuvas com grandes intensidades no segundo ano. Conforme Sárvári e Pepó (2014), o ano-safra tem uma enorme influência sobre os rendimentos do milho no sistema de cultivo extensivo, causando uma enorme flutuação no rendimento mesmo com ótimas condições de fertilização, densidade de plantio e irrigação.

Tanto no ciclo de 2016 quanto no ciclo de 2017, houve ocorrências de chuva, no entanto, no segundo ano, o volume foi maior, porém a distribuição foi melhor no primeiro ano. Situação semelhante foi reportada por Madić et al. (2017), que trabalhando com 12 híbridos de milho nos anos 2010 e 2011, constataram uma redução na produção de todos os híbridos no segundo ano de cultivo, isso porque segundo os autores, a ocorrência de chuva em 2010, além de ter sido maior, foi melhor distribuída ao longo do ciclo.

6 CONCLUSÕES

A irrigação suplementar na cultura do milho segunda safra é uma garantia de que nas fases críticas da cultura principalmente durante a fase reprodutiva, as plantas não passarão por um estresse hídrico. A irrigação suplementar demonstrou ser indispensável no cultivo de milho segunda safra com a ocorrência de veranicos na fase de maior demanda hídrica para a cultura com duração de 38 e 60 dias em 2016 e 2017, respectivamente.

A produtividade de grãos de milho foi maior utilizando a lâmina com 100% de

reposição da necessidade de água em relação a ETc nos anos de 2016 e 2017. Observa-se que a diferença de rendimento quando comparado os níveis de 100% e 50% da ETc, foi de 3,3 e 15,2% no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. A diferença para o ano de 2017 foi maior em função do maior período que o milho foi irrigado, expressando melhor a diferenciação entre os níveis de irrigação aplicados. Para o fator doses de adubação nitrogenada, o maior rendimento foi obtido no nível utilizando 90 kg ha⁻¹ de N nos anos de 2016 e 2017. A variação de rendimento entre os maiores valores médio e a dose 0 kg ha⁻¹ de N, foram de 2,7 e 24,8% no primeiro e segundo ano, respectivamente.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES e do CNPq. Às empresas Petroísa, NannDanJain e DowAgroscience pelo fornecimento de materiais fundamentais para a realização desta pesquisa.

8 REFERÊNCIAS

ABERA, T.; DEBELE, T.; WEGARY, D. Effects of varieties and nitrogen fertilizer on yield and yield components of maize on farmers field in mid altitude areas of Western Ethiopia.

International Journal of Agronomy, London, v. 2017, p. 1–13, 2017.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper N°. 56, Rome, 1998.

ALMEIDA, A. C. DOS 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. 1448–1457, 14 jun. 2017.

AMANULLAH, IQBAL, A.; ALI, A.; FAHAD, S.; PARMAR, B. Nitrogen source and rate management improve maize productivity of smallholders under semiarid climates. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, 30 nov. 2016.

BĂȘA, A. G.; ION, V.; DUMBRAVĂ, M.; TEMOCICO, G.; EPURE, L. I.; ȘTEFAN, D. Grain yield and yield components at maize under different preceding crops and nitrogen fertilization conditions. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Amsterdam, v. 10, p. 104–111, 2016.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Viçosa, Ed. UFV, 2009. 625 p.

BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; RANZI, R.; VAZ, M. A. B.; PRADO, E. A. F.; SILVEIRA, B. L. R. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 10–19, 2011.

CHAUDHRY, A. M. Improving on-farm water use efficiency: Role of collective action in irrigation management. **Water Resources and Economics**, Amsterdam, jun. 2017.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; DE AQUINO GAMEIRO, R.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038–1047, 2012.

DEVKOTA, K. P.; MCDONALD, A. J.; KHADKA, L.; KHADKA, A.; PAUDEL, G.; DEVKOTA, M. Fertilizers, hybrids, and the sustainable intensification of maize systems in the rainfed mid-hills of Nepal. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 80, p. 154–167, out. 2016.

DHITAL, S.; RAUN, W. R. Variability in optimum nitrogen rates for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 108, n. 6, p. 2165–2173, 2016.

GONÇALVES, A. K. A.; SILVA, T. R. B.; BRANDÃO, A. G. Manejo de adubação nitrogenada em milho solteiro e em consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 318–327, 30 ago. 2016.

GREAVES, G. E.; WANG, Y. M. Effect of regulated deficit irrigation scheduling on water use of corn in southern Taiwan tropical environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 188, p. 115–125, jul. 2017.

HAFEZ, E. M.; ABDELAAL, K. A. A. Impact of nitrogen fertilization levels on morphophysiological characters and yield quality of some maize hybrids (*Zea mays* L.). **Egyptian Journal of Agronomy**, Giza, v. 37, p. 35–48, 1 jun. 2015.

İDİKUT, L.; KARA, S. N. The effects of previous plants and nitrogen rates on second crop corn. **Turkish Journal of Field Crops**, Konak-Izmir, v. 16, n. 2, p. 239–244, 2011.

JACQUES, D.; FOX, G.; WHITE, P. Farm level economic analysis of subsurface drip irrigation in Ontario corn production. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 203, p. 333–343, abr. 2018.

KAMAN, H.; KIRDA, C.; SESVEREN, S. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 5, p. 801–807, mar. 2011.

KISEKKA, I.; SCHLEGEL, A.; MA, L.; GOWDA, P. H.; PRASAD, P. V. V. Optimizing preplant irrigation for maize under limited water in the High Plains. **Agricultural Water Management**, v. 187, p. 154–163, jun. 2017.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Das geographische system der klimare. **Handbuch der klimatologie**. Berlin. p. 1–44, 1936.

LIAQAT, W.; AKMAL, M.; ALI, J. Sowing Dates Effect on Production of High Yielding Maize Varieties. **Sarhad Journal of Agriculture**, Peshawar, v. 34, n. 1, p. 102–113, fev. 2018.

MADIĆ, M.; BOKAN, N.; ŽIVIĆ, M.; ĐUROVIĆ, D.; PAUNOVIĆ, A.; TOMIĆ, D. Grain yield of maize hybrids at different plant densities. **Acta agriculturae Serbica**, Cacak, v. 22, n. 44, p. 157–167, 2017.

MARKOVIĆ, M.; JOSIPOVIĆ, M.; ŠOŠTARIĆ, J.; JAMBROVIĆ, A.; BRKIĆ, A. Response of Maize (*Zea mays* L.) Grain Yield and Yield Components to Irrigation and Nitrogen Fertilization. **Journal of Central European Agriculture**, Zegrebe, v. 18, n. 1, p. 55–72, 2017.

MARKOVIĆ, M.; ŠOŠTARIĆ, J.; JOSIPOVIĆ, M.; BARAČ, Ž.; BRKIĆ, A. Yield and Yield Components of Maize (*Zea Mays* L.) Hybrids as Affected by Irrigation Scheduling and Meteorological Conditions. **Agriculturae Conspectus Scientif**, Zegrebe, v. 83, n. 1, p. 39–44, 2018.

MO, Y.; LI, G.; WANG, D. A sowing method for subsurface drip irrigation that increases the emergence rate, yield, and water use efficiency in spring corn. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 179, p. 288–295, jan. 2017.

MOTA, M. R., SANGOI, L.; SCHENATTO, D.E., GIORDANI, W., BONIATTI, C.M., DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 512–522, abr. 2015.

OLIVEIRA, Z. B. DE. Rendimento de grãos de milho irrigado por gotejamento subterrâneo e estimativa da irrigação com dados da previsão do tempo / yield of corn grants irrigated by underground dripping and estimation of irrigation with time forecast data. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 12, n. 1, p. 40–51, 27 mar. 2018.

PIZOLATO NETO, A.; CAMARGO, A. E. V.; VALERIANO, T. B.; SGOBI, M. A.; SANTANA, M. J. Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. **Nucleus**, Ituverava, v. 13, n. 1, p. 87–96, 30 abr. 2016.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 2ª edição. 285 p. (IAC. Boletim Técnico 100).

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., revisada e ampliada, Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

SÁRVÁRI, M.; PEPÓ, P. Effect of production factors on maize yield and yield stability. **Cereal Research Communications**, Budapeste, v. 42, n. 4, p. 710–720, dez. 2014.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.

SILVA, G. U. DA.; PARIZI, A. R. C.; GOMES, A. C. D. S.; PIVOTO, O. G.; PECCIN, M. D. Manejo de irrigação via solo e clima na cultura do milho (*Zea mayz* L.) na região de Alegrete/RS. **Revista de Ciência e Inovação**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 101–112, 21 jul. 2017.

TEIXEIRA, E. I.; GEORGE, M.; HERREMAN, T.; BROWN, H.; FLETCHER, A.; CHAKWIZIRA, E.; DE RUITER, J.; MALEY, S.; NOBLE, A. The impact of water and nitrogen limitation on maize biomass and resource-use efficiencies for radiation, water and nitrogen. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 168, p. 109–118, 1 nov. 2014.

VELJKOVIĆ, V. B.; BIBERDŽIĆ, M. O.; BANKOVIĆ-ILIĆ, I. B.; DJALOVIĆ, I. G.; TASIĆ, M. B.; NJEŽIĆ, Z. B.; STAMENKOVIĆ, O. S. Biodiesel production from corn oil: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 91, p. 531–548, ago. 2018.

YI, L.; SHENJIAO, Y.; SHIQING, L.; XINPING, C.; FANG, C. Growth and development of maize (*Zea mays* L.) in response to different field water management practices: Resource capture and use efficiency. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 150, n. 4, p. 606–613, 15 abr. 2010.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; HEBERLE, C. T.; CASSOL, C.; BALIM, N. M. Produtividade e componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 195–201, 30 ago. 2016.