

EFEITO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL NA EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE EM PASTAGEM

PRISCILA LOIRE DA SILVA¹; MARIANA CECÍLIA MELO²; DAIANE DOVIGO CAMARGO³; MARCELO FERREIRA FERNANDES⁴ E LUÍS CÉSAR DIAS DRUMOND⁵

¹ Eng. Agrônoma, Mestre em Produção Vegetal - Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: Priscila.loire@ufv.br

² Eng. Agrícola e Ambiental, Mestre em Produção Vegetal, Doutoranda em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Lavras, Av. Sul UFLA, sn - Aqueça Sol – Lavras MG – CEP 37200-000, Brasil; E-mail: marianaceciliamel@yahoo.com.br

³ Eng. Agrônoma - Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx. Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: daiane.dovigo@gmail.com

⁴ Zootecnista, mestre e doutor em Zootecnista - Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: marceloferreirafernandes@bol.com.br

⁵ Professor Doutor do curso Agronomia da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx. Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: irriga@ufv.br

1 RESUMO

O risco eminente de escassez hídrica que cresce de maneira alarmante em várias regiões do mundo tem fomentado a adoção de métodos de irrigação mais eficientes, assim como mudanças estratégicas no manejo da irrigação. Como alternativa destacam-se o gotejamento subsuperficial e a irrigação deficitária. Objetivou-se avaliar a produtividade, teor, extração de nutrientes e produtividade da água, em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetida a cinco potenciais de água no solo: 0, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração potencial da cultura (ET_c). O trabalho foi conduzido no campo em área experimental da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba, MG. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e as médias foram comparadas por regressão e pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que o déficit hídrico reduziu até 54% da produtividade, mas aumentou 27% da eficiência no uso da água. A produtividade da lâmina 75% ET_c foi semelhante a irrigação plena, podendo esta, ser uma alternativa para locais que apresentem restrições hídricas. Por outro lado, as lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial não influenciaram o teor de NPK, no entanto, reduziram a quantidade de nutriente extraído.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, irrigação deficitária, eficiência do uso da água, nutrientes.

SILVA, P. L.; MELO, M. C.; CAMARGO, D. D.; FERNANDES, M. F.; DRUMOND, L. C. D.

EFFECT OF SUBSURFICIAL IRRIGATION SLIDES ON NUTRIENT EXTRACTION AND PRODUCTIVITY ON PASTURE

2 ABSTRACT

The imminent risk of growing water scarcity in many regions of the world has encouraged the adoption of more efficient irrigation methods and strategic changes in irrigation management. Alternatively, subsurface drip irrigation and deficit irrigation. This work aimed to evaluate the productivity, water productivity, nutrient content and extraction in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submitted to five soil water potentials: 0, 50, 75, 100, and 125% of potential crop evapotranspiration (ET_c). The study was conducted in the field in the experimental area of the Federal University of Viçosa - Rio Paranaíba Campus, MG. A completely randomized design with four replicates was used, where averages were compared by regression and by the Tukey test at 5% probability. The results demonstrate that water deficit reduced up to 54% of productivity, but increased 27% water use efficiency. The productivity of the 75% ET_c blade was similar to that of full irrigation, and this could be an alternative for sites with water restrictions. However, sub-surface irrigation slides did not influence the NPK content, however, they reduced the amount of nutrient extracted.

Keywords: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, deficit irrigation, water use efficiency, nutrients.

3 INTRODUÇÃO

Os projetos de irrigação têm como objetivo o melhor desempenho agronômico da cultura, entretanto diante do cenário de escassez hídrica que cresce de forma preocupante em várias regiões do mundo, tornam-se indispensáveis mudanças estratégicas nas técnicas de irrigação, bem como no manejo da água para obtenção de um consumo eficiente e economicamente viável. Isso porque em muitos casos, a quantidade de água aplicada para alcançar a máxima lucratividade é menor do que a necessária para atender totalmente a evapotranspiração da cultura. Dessa forma, a aplicação do déficit controlado de água torna-se uma alternativa para redução dos custos com a irrigação e energia obtendo-se ao mesmo tempo uma maior produtividade econômica da água (GAVA et al., 2015; DU et al., 2015).

Segundo o Atlas Irrigação da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021), o Brasil possui 8,2 milhões de hectares irrigados correspondendo a 49,8% da demanda de captação de. Em contrapartida, o agronegócio brasileiro em 2020 foi responsável por 26,6% do PIB brasileiro (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL, 2021). Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a forma mais eficiente de aumento da produção de alimentos, já que em apenas 21% de toda a área agrícola do planeta, as lavouras irrigadas são responsáveis por mais de 40% de toda a produção de alimentos no mundo (FAO, 2016). Assim sendo, um dos grandes desafios do mundo atual é racionalizar o uso dos recursos hídricos e ao mesmo tempo

conseguir manter ou aumentar a produtividade das culturas.

Nesse cenário surgem métodos de irrigação mais eficientes, bem como mudanças no manejo da irrigação, destacando-se o gotejamento subsuperficial e a irrigação deficitária. Sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial aplicam água com uma precisão e economia única, fazendo com que a eficiência na utilização e aplicação dos recursos hídricos seja incomparável (TESSLER, 2021), já que a evaporação, escoamento superficial ou percolação profunda são minimizados (DALRI et al., 2008).

Quanto ao manejo, uma estratégia comumente utilizada para aumentar a eficiência no uso da água é a irrigação deficitária, sendo essa uma boa opção para produtores que possuem restrição hídrica. Segundo Justino et al. (2019), essa técnica consiste na aplicação de lâminas inferiores às essenciais para satisfazer as necessidades hídricas da cultura, afetando assim, a evapotranspiração e a produtividade. Entretanto, a produtividade de água só será de fato interessante se estiver associada a rendimentos aceitáveis (GRAFTON et al., 2018)

Acredita-se que a combinação da irrigação eficiente e manejo hábil possam aumentar a produtividade da água, proporcionando a obtenção de produções satisfatórias mesmo com uma menor disponibilidade hídrica. Entretanto, ainda que tal combinação seja eficiente ao ponto de permitir a redução da quantidade de água necessária para o alcance de produtividades satisfatórias, não se deve deixar de levar em consideração a importância da água no transporte e absorção de nutrientes, uma vez que, o movimento de nutrientes do solo em direção à raiz depende da presença de água (SILVA et al., 2017).

Segundo Paes (2016), a diminuição da quantidade de água no solo reduz o movimento dos nutrientes transportados

tanto em fluxo de massa quanto como difusão. Isso porque, o fechamento estomático reduz o fluxo transpiratório e o fluxo em massa, afetando assim, diretamente a absorção de NPK pelas plantas.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo verificar se a aplicação de água diretamente no sistema radicular possui a capacidade de minimizar os efeitos do déficit no que tange a absorção de nutrientes. Mas, só uma análise criteriosa do teor de nutrientes no tecido vegetal poderá explicar até que ponto o déficit hídrico controlado poderá comprometer a extração e a eficiência de utilização de nutrientes. Além disso, é necessário indicar a viabilidade desse tipo de manejo e seus efeitos práticos na adubação.

A fim de responder a tais questionamentos e propor alternativas viáveis de gerenciamento de recursos hídricos, esta pesquisa se justifica. Além disso, é escasso na literatura nacional, trabalhos que ilustrem a viabilidade desse manejo de irrigação na produção intensiva de forrageiras irrigadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental de campo da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, MG, localizado nas coordenadas 19° 12' 34" S e 46° 07' 53" W com altitude média de 1.100 metros (m), sendo oriundo da dissertação de Silva (2018). O clima da região é classificado como Cwa (KÖPPEN, 1948) e o solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico A moderado, textura argilosa, fase cerrado e relevo plano (SANTOS et al., 2018). Após preparo do solo e instalação do sistema de irrigação, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,0-0,20 m para caracterização física e hídrica do solo, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e hídricas do solo da área experimental

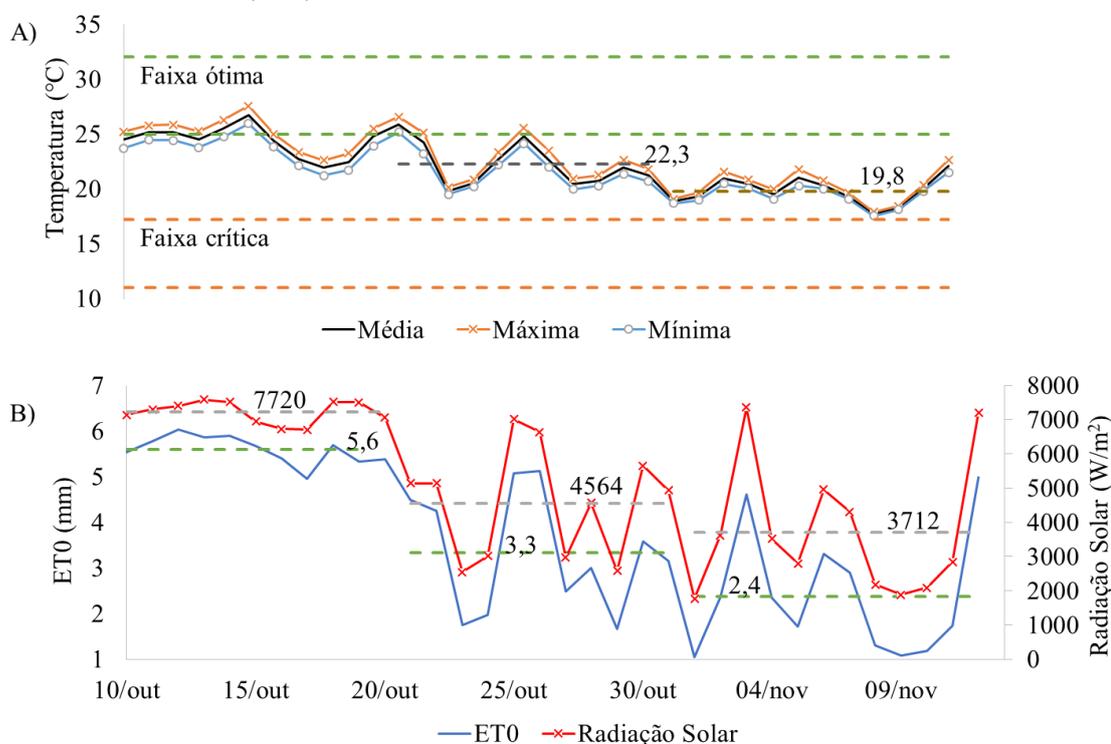
Prof m	Θ_s -----	Θ_{cc} cm ³ cm ⁻³	Θ_{pmp} -----	Ds g cm ⁻³	Areia -----	Silte g kg ⁻¹	Argila -----	Ksat cm s ⁻¹
0-0,20	0,66	0,43	0,12	1,37	180	120	700	2,5 x 10 ⁻³

*Prof. = profundidade; Ds = densidade do solo; Θ_s , Θ_{cc} e Θ_{pmp} referem-se à umidade na saturação, capacidade de campo e ponto de murcha permanente; Ksat = condutividade hidráulica saturada do solo.

A área experimental total possuía 238 m², sendo cada unidade experimental correspondente a 47,74 m². A irrigação utilizada foi o gotejamento subsuperficial automatizado, marca NaanDanJain®, modelo Top Drip, enterrado a uma profundidade de 0,2 m. O espaçamento entre fitas gotejadoras era de 1 m e o espaçamento entre os gotejadores de 0,3 m, formando uma faixa contínua molhada, com vazão dos tubos igual a 1,6 L h⁻¹.

O manejo da irrigação foi realizado mediante coleta diária dos dados

meteorológicos da estação agroclimática instalada à 50 m da área irrigada, a qual fornecia dados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) pelo método de Penman-Monteith - FAO 56, conforme proposto por Allen et al. (1998), bem como os demais dados meteorológicos utilizados na pesquisa, sendo estes a precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima e média e radiação solar, apresentados na Figura 1.

Figura 1. Dados climáticos do período experimental em Rio Paranaíba de 2017, sendo A) temperaturas máxima, média e mínima e B) radiação solar e evapotranspiração de referência (ET₀).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado constituído por 5 tratamentos, sendo uma

espécie de forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e cinco lâminas de água; 0, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração

potencial da cultura (ET_c), com quatro repetições, totalizando 20 unidades amostrais. Os tratamentos foram constituídos por 5 manejos, sendo eles, T1 – testemunha, T2 - déficit hídrico moderado, T3 – déficit hídrico leve, T4 – irrigação completa e T5 – irrigação adicional. As irrigações foram determinadas por meio da Equação 1.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

Sendo: ET_c - evapotranspiração da cultura, (mm); K_c - Coeficiente de cultivo; ET_0 - evapotranspiração de referência, (mm). As irrigações foram aplicadas de

acordo com a evapotranspiração acumulada da cultura ($ET_{c_{ac}}$), de acordo com a Equação 2.

$$ET_{c_{ac}} = (ET_{diária}) \quad (2)$$

Sendo: $ET_{c_{ac}}$ – evapotranspiração acumulada da cultura, (mm); ET diária – evapotranspiração diária, (mm).

As irrigações foram aplicadas quando a evapotranspiração acumulada da cultura ($ET_{c_{ac}}$) atingia valores de até 15 mm, sendo a ET_c diária determinada para cada tratamento, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. $ET_{c_{diária}}$ de cada tratamento

T1	Testemunha	
T2	Déficit hídrico moderado	$ET_{c_{diária}} = (ET_c) \times 0,50$
T3	Déficit hídrico leve	$ET_{c_{diária}} = (ET_c) \times 0,75$
T4	Irrigação completa	$ET_{c_{diária}} = (ET_c) \times 1,00$
T5	Irrigação adicional	$ET_{c_{diária}} = (ET_c) \times 1,25$

Geralmente, a irrigação localizada molha apenas de um a dois terços da área, portanto, necessita de correção devido à localização, a qual consiste em multiplicar a ET_c por um coeficiente de ajuste específico K_L (KELLER, 1978).

$$ET_c = (K_c \times ET_0) \times K_L \quad (3)$$

Onde, K_L - coeficiente de localização. Para o gotejo enterrado foi adotado um K_L igual a 1, seguindo o modelo proposto por Fereres (1981), que adotada esse valor em sistemas de irrigação que proporcionam mais que 65% de área molhada.

A semeadura da forrageira foi feita a lanço em março de 2017, na quantidade de 15 kg ha⁻¹, duas semanas após a correção do solo (calcário geox, PRNT 125% na dose de 4,2 t ha⁻¹ para elevar a saturação de base para 70%). O período de estabelecimento da cultura foi de 180 dias, devido ao inverno rigoroso deste ano. No período de 15 de setembro de 2017 a 20 de novembro do mesmo ano, as plantas receberam irrigação conforme recomendação para cada tratamento. As irrigações foram realizadas dependendo da ocorrência de chuvas. As lâminas de irrigação e a precipitação estão apresentadas na (Tabela 3).

Tabela 3. Precipitação e volume total de água utilizado para cada tratamento ao longo dos ciclos

		Volume Hídrico Total (mm)				
		T1	T2	T3	T4	T5
Ciclo 1	Precipitação	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0
	Irrigação	0,00	36,91	55,37	73,88	92,28
	Total	47,0	83,91	102,38	120,83	139,38
Ciclo 2	Precipitação	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8
	Irrigação	0,00	35,5	53,2	71,0	88,7
	Total	92,8	128,3	146	163,8	181,5

A adubação foi realizada com base na análise química do solo, realizada nos meses que antecediam o início do experimento (Tabela 4). Uma calagem foi feita com base nessa análise, visando à

correção de acidez e elevar a saturação por bases a 70%. Os demais nutrientes foram aplicados a lanço mensalmente de acordo com a necessidade da cultura (Tabela 5).

Tabela 4. Resultados da análise química de solo na profundidade de 0,0 – 0,20 m

P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
mg dm ⁻³	gd m ⁻³					cmol _c dm ⁻³				%
17	41	4,8	0,14	2,5	0,7	0,05	9	3,35	6,6	27,1

Tabela 5. Adubação química realizada no experimento kg ha⁻¹

Aplicação	Uréia	Fosfato monoamônico	Cloreto de Potássio	Sulfato de amônio
Mensal	125	21	73	18
Anual	1500	250	880	220

A pastagem foi manejada simulando-se um pastejo intensivo em lotação rotacionada, seguindo metas de altura de pré-pastejo 0,25-0,30 m e pós pastejo 0,12 m, com períodos de descanso variando de 25 a 30 dias. O período compreendido entre pré e pós pastejo foi denominado ciclo. A Matéria Seca (MS) foi avaliada a partir do corte em moldura quadrada de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), com altura de restolho 0,12 m. A biomassa vegetal coletada foi pesada no campo, com o objetivo de se determinar a massa verde ou fresca. Posteriormente, foi retirada uma amostra de 100 g do material fresco para determinação da matéria seca da forragem, através da secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72 horas (GARDNER, 1986). Com o valor obtido na área da moldura, foi estimada a

matéria seca por hectare por extrapolação simples.

Para cálculo da produtividade da água adotou-se o modelo descrito Pereira; Cordery; Iacovides (2009), onde a produtividade da água (WP) foi definida como a razão entre a produção atingida pela cultura (massa seca) e a quantidade de água utilizada, de acordo com a Equação 4.

$$WP = \frac{Y_a}{TWU} \quad (4)$$

Em que, WP - produtividade da água, (kg m³); Y_a - produção de silagem atingida pela cultura, (kg ha⁻¹); TWU - total de água utilizado para atingir Y_a, incluindo a precipitação pluvial, (m³). Esse estudo também pode ser feito levando-se em

consideração somente a água utilizada na irrigação, de acordo com a Equação 5.

$$WP_{\text{irri}} = \frac{Y_a}{IWU} \quad (5)$$

Sendo WP_{irri} - produtividade da água da irrigação (WP_{irri} , kg m^{-3}); IWU - água da irrigação utilizada para atingir Y_a .

As análises químicas dos tecidos vegetais foram realizadas conforme as metodologias descritas por Silva (2009). Para a determinação do N foi realizada a digestão sulfúrica, seguido pela destilação de Kjeldahl. Os demais nutrientes foram submetidos à digestão nitro-perclórica e analisados por espectrofotometria (P) e fotometria de chama (K). Posteriormente os dados foram submetidos à análise de outliers, orientada pelo método dos resíduos padronizados. Os resultados com valores discrepantes associados a fatores não explicáveis foram eliminados.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do programa estatístico R (R Core Team, 2014) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se verificar que a ocorrência de chuvas concentradas durante o período de avaliação restabeleceu o armazenamento de água no solo em todo sistema radicular da planta, o que minimizou o efeito dos tratamentos.

A produtividade do capim *Brachiaria brizantha* variou em função do manejo de irrigação por gotejamento subsuperficial (Tabela 6), sendo que os tratamentos 4 e 5 apresentaram desempenhos superiores aos tratamentos 1 e 2 que apresentaram as menores médias. Esse fato é decorrente da deficiência hídrica que segundo Duarte et al. (2019) resulta na redução de vários processos fisiológicos e bioquímicos na planta, como fotossíntese, alongamento das células e taxa de acúmulo de forragem.

Os resultados apresentados estão em conformidade com Amaral (2019) que ao avaliarem a produção de Tifton 85 conduzido sob condições de manejo da irrigação com 100, 80, 60, 40 e 20% da água disponível no solo no momento das irrigações, concluiu que 80% da água disponível no solo não prejudicou a produção da forragem.

Tabela 6. Médias de produtividade (ton ha^{-1}), produtividade da água (WP) e produtividade da água de irrigação (WP_{irri}) (kg m^{-3}) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes manejos de irrigação

Tratamento	Produtividade (t ha^{-1})	WP (kg m^{-3})	WP_{irri} (kg m^{-3})
T1	1,17 c	20,44 a	-
T2	1,33 c	13,15 b	36,92 a
T3	1,74 bc	13,42 b	32,06 ab
T4	2,41 ab	15,82 ab	33,4 ab
T5	2,53 a	14,97 b	27,26 b
F	12,93**	5,83*	36,88**
Média	1839,88	15,58	25,93
CV (%)	18,60	15,71	18,93

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** F significativo ao nível de 1% de probabilidade. * F significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - F não significativo a 10% de probabilidade.

Estes resultados corroboram aos encontrados por Ismail e Almarshadi (2013) que trabalhando com irrigação subsuperficial deficitária no cultivo de alfafa, obtiveram economia no uso da água correspondente. Entretanto no estudo destes autores houve redução da produtividade da cultura com a diminuição das lâminas de irrigação. Já Gargantini et al. (2005) avaliaram as respostas produtivas do capim mombaça submetido a crescentes lâminas de irrigação, os quais observaram maior produção de forragem com o uso de lâminas de irrigação que variavam entre 73% a 114% da ET_0 . No entanto, a melhor resposta a reposição de água, na maioria dos ciclos, limitou-se a valores próximos de 100% da ET_0 .

É importante destacar que quando se compara a lâmina recomendada (T4) em relação ao déficit hídrico leve (T3) é possível verificar que são estatisticamente iguais, embora T3 possibilite a economia de 25% da quantidade de água aplicada, sugerindo sua utilização em condições de déficit hídrico, já que a redução da produtividade não foi significativa para as condições testadas, mantendo assim, o retorno econômico da cultura irrigada. Estes resultados podem ser explicados pelo melhor aproveitamento da chuva no tratamento 3. Possivelmente a irrigação subsuperficial também contribuiu para o observado, pois reduziu a perda de água por evaporação direta no solo e, conseqüentemente, permitiu o uso da menor lâmina de água sem redução significativa da produtividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Mendonça (2017), que ao estudar os efeitos da irrigação subsuperficial deficitária na cultura do tomateiro, concluiu que a produtividade da irrigação plena foi semelhante ao tratamento com 75 % capacidade de água disponível.

Os resultados demonstraram que a maior produtividade da água (WP) foi observada no T1, com 20,44 kg m⁻³ para produção de MS. Estes valores diferem estatisticamente do T2, T3 e T5, os quais

foram menos eficientes na utilização de água. Este fato pode estar associado ao melhor aproveitamento das chuvas ocorridas. Ou seja, nos tratamentos que permaneceram durante o ciclo da cultura com conteúdo elevado de água, a precipitação efetiva pode ter sido inferior em relação à testemunha, causando um menor aproveitamento da precipitação.

Martins et al. (2012), estudando a eficiência no uso da água para produção de silagem de milho, verificaram que a maior produtividade da água foi observada para o tratamento com reposição de 50% de ET_c . Vale salientar que nem sempre a máxima eficiência no uso da água corresponde ao maior retorno econômico da cultura. Além disso, a alta precipitação ocorrida minimizou o efeito testemunha. Por isso, não é recomendado dispensar a irrigação, já que o tratamento testemunha não apresentou o melhor desempenho econômico.

Observando-se a produtividade da água da irrigação (WP_{irri}) na Tabela 6, verifica-se que T2 apresentou as maiores médias, com 36,92 kg m⁻³ para produção de MS em comparação a T5, a qual respondeu com produtividade de 27,26 kg m⁻³. Estes valores indicam que os tratamentos com déficit hídrico podem ser mais eficientes na utilização de água de irrigação. Esses resultados corroboram aos encontrados por Zwirtes et al. (2015), que avaliando os efeitos dos diversos manejos de irrigação deficitária com gotejamento superficial e a produtividade da água na cultura do sorgo, concluíram que a irrigação deficitária resultou em redução linear na altura, no índice de área foliar, bem como, no rendimento de grãos, apesar de ter observado aumento na produtividade da água irrigada.

No que tange a absorção de nutrientes foi possível verificar que o teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do capim *Brachiaria brizantha* não variou em função do manejo de irrigação por gotejo subsuperficial (Tabela 7). Acredita-se que a aplicação de água diretamente no sistema

radicular possa ter minimizado os efeitos do déficit quanto a extração de nutrientes. Entretanto, também é possível que a

irrigação de fato não exerça influência direta nesse sentido.

Tabela 7. Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor (g kg^{-1}) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função das lâminas de irrigação durante o período avaliado,

	Lâminas (%) ET_c					Média	Equações de regressão	R^2	CV
	0	50	75	100	125				
Teor N	26,7 a	23,6 a	24,1 a	25,4 a	26,8 a	25,3	$\hat{Y} = 25,38$	ns	6,54
Teor P	1,3 a	1,4 a	1,2 a	1,2 a	1,1 a	1,2	$\hat{Y} = 1,25$	ns	17,3
Teor K	21,3 a	22,1 a	22,1 a	20,8 a	21,7 a	21,6	$\hat{Y} = 21,66$	ns	14,2

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** F significativo ao nível de 1% de probabilidade. * F significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - F não significativo a 10% de probabilidade.

Esses resultados se assemelham aos encontrados por Rezende et al. (2006) que ao avaliarem a influência de diferentes adubos e do manejo de irrigação sobre o crescimento, florescimento e teores foliares de NPK em alpínia, concluíram que a irrigação não exerceu influência sobre os teores foliares de NPK, nas diferentes épocas do ano.

Os conteúdos nutricionais apresentados neste trabalho corroboram com os descritos por Aguiar (2011) para o gênero *Brachiaria brizantha* cv Marandu, com extração de 18, 1.9 e 21 kg ton^{-1} de MS da parte aérea para N, P e K, respectivamente.

A extração de N, P e K em função das lâminas de irrigação, ajustou-se ao modelo

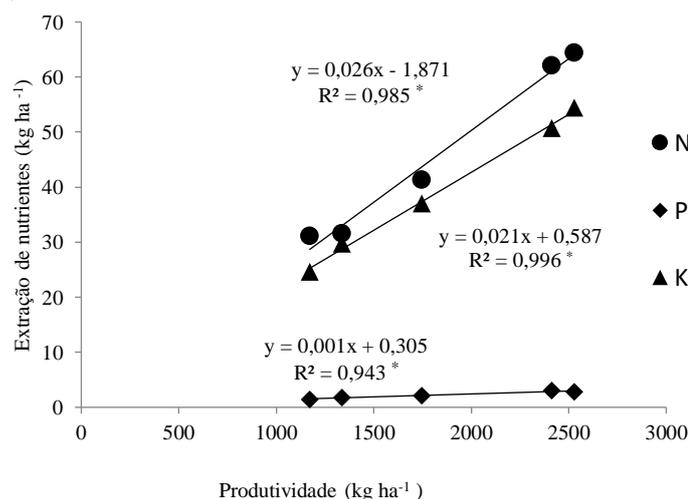
cúbico de regressão, sendo que as lâminas 100 e 125% de ET_c resultaram no máximo acúmulo desses nutrientes. Em contrapartida as lâminas 0 e 50% de ET_c apresentaram redução dos nutrientes citados (Tabela 8). Esse fato pode ser justificado pela relação linear entre o nutriente extraído e produtividade alcançada (Figura 2). Diferentemente do esperado, a principal consequência do aumento da extração de nutrientes foi a produção, já que os teores de N, P e K não foram influenciados pelo manejo de irrigação. Nesse sentido, a irrigação passa a exercer efeito secundário, contribuindo com o aumento da eficiência de absorção.

Tabela 8. Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação da extração (kg ha^{-1}) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e produtividade *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (ton ha^{-1}) em função das lâminas de irrigação durante o período avaliado

	Lâminas (%) ET_c					Média	R^2	CV
	0	50	75	100	125			
Extração de N	31,2 b	31,6 b	41,3 ab	62,1 a	64,4 a	46,1	0,98*	25
Equação de Regressão	$y = 63,44 - 51,28x + 21,88x^2 - 2,31x^3$							
Extração de P	1,5 b	1,8 ab	2,1 ab	3,1 a	2,8 a	2,2	0,92*	25
Equação de Regressão	$y = 2,45 - 1,47x + 0,70x^2 - 0,79x^3$							
Extração de K	24,6 b	29,7 b	37,1 ab	50,7 a	54,5 a	39,3	0,99*	20
Equação de Regressão	$y = 34,01 - 17,51x + 9,43x^2 - 1,02x^3$							
Produtividade	1,1 c	1,3 c	1,7 bc	2,4 ab	2,5 a	1,8	0,99*	18
Equação de Regressão	$y = 1897,93 - 1257,65x + 609,62x^2 - 66,46x^3$							

Médias seguidas de mesma letra linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** F significativo ao nível de 1% de probabilidade. * F significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - F não significativo a 10% de probabilidade.

Figura 2. Correlação entre a produtividade e o acúmulo total de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)



* significativo a nível de 0,05

Estes resultados corroboram aos descritos por Silva et al. (2017) ao avaliarem diferentes manejos de irrigação deficitária na cultura da cana-de-açúcar e sua relação com a transpiração, teor e acúmulo de N, P e K na parte aérea da planta. Os autores concluíram que existem fortes correlações positivas entre acumulação de N, P e K na planta e a produção de matéria seca, enquanto existem apenas coeficientes intermediários de correlações entre a transpiração da planta e a absorção de nutrientes em plantas submetidas ao déficit hídrico.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Crusciol et al. (2003), que estudaram a exportação, absorção e eficiência de utilização dos nutrientes em arroz, utilizando 0,5, 1,0, 1,5 e 1,95 do valor referência K_c (coeficiente cultural), verificando que a maior extração de nutrientes ocorreu na maior lâmina, devido em grande parte à maior produção de matéria seca, já que os teores dos nutrientes foram semelhantes aos obtidos nos demais tratamentos. Também foi verificado que a lâmina de água recomendada proporcionou

maior eficiência de utilização para todos os nutrientes analisados. Em contrapartida, a maior lâmina, apresentou baixa eficiência de utilização de nutrientes.

Dessa maneira a irrigação deficitária pode ser uma excelente estratégia para a redução do uso da água na agricultura, podendo ser indicado para áreas onde a escassez hídrica afeta a produção agrícola. Nestes casos, o nível de máxima eficiência econômica deve levar em consideração o valor agregado da cultura, bem como a disponibilidade ou valor do recurso hídrico e seu estudo caso a caso em cada situação.

6 CONCLUSÃO

O déficit hídrico reduziu até 54% da produtividade, mas aumentou 27% da eficiência no uso da água. Já a produtividade da lâmina 75% ET_c foi estatisticamente igual a irrigação plena.

As lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial não influenciaram o teor de nitrogênio, fósforo e potássio em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Além disso, existem fortes correlações entre a extração de N, P e K na parte aérea das plantas e produção de matéria seca.

7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2021. 130 p.

AGUIAR, A. P. A. **Correção e adubação do solo da pastagem**. Uberaba: AGUIAR, A. P. A., 2011. 244 p.

ALLEN, R. G *et al.* **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMARAL, M. A. C. M. Desempenho produtivo de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 sob diferentes condições de manejo da irrigação. **Revista Ciências Ambientais e Biotecnologia**, Recife, v. 5, n. 2, p. 30-37, 2019.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **PIB do Agronegócio: PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020**. Brasília, DF: CNA/CEPEA, 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>. Acesso em: 08 set. 2017.

CRUSCIOL, C. A. C. U.; ARF, O. U.; SORATTO, R. P. U.; ANDREOTTI, M. U.; RODRIGUES, R. A. F. U. Absorção, exportação e eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em função de lâminas de água aplicadas por aspersão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 97-102, 2003.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

DU, T.; KANG, S.; ZHANG, J.; DAVIES, W. Deficit irrigation and sustainable water resource strategies in agriculture for China's food security. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 66, n. 8, p. 2253-2269, 2015.

DUARTE, C. F. D.; PROCHERA, D. L.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; CASSARO, L. H.; FLORES, L. S.; FERNANDES, R. L. Morfogênese de braquiárias sob estresse hídrico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Aquidauana, v. 71, n. 5, p. 1669-1676, 2019.

FAO. **AQUASTAT** - FAO's global information system on water and agriculture. Roma: FAO, 2016. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm. Acesso em: 05 set. 2017.

FERERES, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. In: **SEMINARIO LATINOAMERICANO DE MICROIRRIGACIÓN**, 4, 1981, Barquisimeto, Venezuela. Anais... Barquisimeto: IICA, p.1-23, 1981.

GARDNER, A. L. **Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistema de produção**. Brasília, DF: IICA/EMBRAPA, 1986.

GARGANTINI, P. E.; HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA, L. S.; LIMA, R. C. Irrigação e adubação nitrogenada em capim Mombaça na região Oeste do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2005, Teresina. Anais [...]. Teresina: ABID: Embrapa Meio Norte, 2005.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 3, p. 305-315, 2016.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; DE ALMEIDA, B. M.; DE FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. STRATEGIES OF DEFICIT WATER MANAGEMENT IN IRRIGATION OF SOYBEAN CROP. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, São Paulo, Brazil, v. 10, n. 3, p. 305-315, 2016.

GRAFTON, R. Q.; WILLIAMS, C. J.; PERRY, C. J.; MOLLE, F.; RINGLER, C.; STEDUTO, P.; UDALL, B.; WHEELER, S. A.; WANG, Y; GARRICK; D.; ALLEN, R. G. The paradox of irrigation efficiency. **Science**, Washington, v. 361, n. 6404, p. 748- 750, 2018.

ISMAIL, S. M.; ALMARSHADI, M. H. Maximizing productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid regions. **Irrigation and Drainage**, Nova Jersey, v. 62, n. 1, p. 57-66, 2013.

JUSTINO, L. F.; ALVES JÚNIOR, J.; BATTISTI, R.; HEINEMANN, A. B.; LEITE, C. V.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. Assessment of economic returns by using a central pivot system to irrigate common beans during the rainfed season in Central Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 224, n. 34, p. 105749, 2019.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com um estúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economia, 1948, 478 p.

MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, V.; FRIES, H. M.; SCHEIBLER, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **IRRIGA**, Botucatu, v. 1, n. 01, p. 192–205, 2012.

MENDONÇA, T. G. **Irrigação subsuperficial deficitária no cultivo de tomateiro em casa de vegetação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.

PAES, J. L. A. **Crescimento e acúmulo do fósforo em milho, em resposta à adubação localizada do nutriente e à disponibilidade de água**. 2016. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with Water Scarcity: Addressing the Challenges**. Dordrecht: Springer, 2009.

REZENDE, M. E. Crescimento, florescimento e teores foliares de NPK em alpínia: influência da adubação e irrigação. **Revista Ceres**, Campos dos Goytacazes, v. 53, n. 310, p. 627-633, 2006.

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

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

SILVA, P. L. **Efeito de lâminas de irrigação subsuperficial sobre extração de nutrientes e produtividade da água em pastagem**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2018.

SILVA, T. R.; CAZETTA, J. O.; CARLIN, S. D.; TELLES, B. R. Drought-induced alterations in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium, and the relation with drought tolerance in sugar cane. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 2, p. 117-127, 2017.

TESSLER, M. H. Irrigação por gotejamento: histórico e evolução tecnológica. *In*: PAOLINELLI, M. H.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, E. C. **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: técnica e cultura**. Piracicaba: USP, cap. 3, p. 41-63, 2021.

ZWIRTES, A. L.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; KUNZ, J.; REIMANN, G. K. Desempenho produtivo e retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 676-688, 2015.