

Lâminas de irrigação e doses de potássio na produção e eficiência do uso da água no cultivo da cebola

Irrigation blades and potassium doses in the production and efficiency of water use in onion cultivation

DOI:10.34117/bjdv8n9-150

Recebimento dos originais: 16/08/2022

Aceitação para publicação: 13/08/2022

Valfran José Santos Andrade

Mestre em Recursos Hídricos

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão - SE

E-mail: valfranjose40@gmail.com

Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Doutorado em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão - SE

E-mail: rrgomesfilho@gmail.com

Rychardson Rocha de Araujo

Doutorado em Fitotecnia

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão - SE

E-mail: rychardsonrocha@gmail.com

Welington Gonzaga do Vale

Doutorado em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão - SE

E-mail: valewg@gmail.com

Adilson Machado Enes

Doutorado em Máquinas Agrícolas

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão - SE

E-mail: adilsonenes@gmail.com

Silvestre Rodrigues

Doutorado em Máquinas Agrícolas
Instituição: Federal de São João del-Rei (UFSJ)
Endereço: Rod. MG 424, KM 47, CEP: 35701-970, Sete Lagoas - MG
E-mail: silvestrerod@gmail.com

Diego Andrade Pereira

Engenheiro Mecânico
Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Endereço: Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão - SE
E-mail: diegoandrade_senai@yahoo.com.br

Eduardo Jose dos Santos

Graduando de Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Endereço: Av. Marechal Rondon, S/N, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão - SE
E-mail: eduardo22santos@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação das lâminas de irrigação e doses de potássio na produção e eficiência do uso da água no cultivo da cebola na bacia do rio Poxim, São Cristóvão – SE. Nessa região o solo é classificado como sendo Argissolo Vermelho-Amarelo, distrófico típico e clima tropical chuvoso com médias anuais que chegam a 1.200 mm por ano. Para preparação do solo foram realizadas operações de aração e gradagem, posteriormente elaborados os canteiros que receberam as sementes e mudas. O experimento foi disposto em faixas e subdivididos num esquema fatorial 5 x 4 com quatro repetições, sendo 5 lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura) e 4 doses de adubação potássica (80, 160, 240 e 320 kg ha⁻¹). Após a colheita foram determinadas as produtividades total e comercial dos bulbos, bem como a massa média comercial, matéria seca de bulbos comerciais e a eficiência no uso da água. As máximas produtividades total e comercial de bulbos de cebola foram encontradas com lâminas de irrigação estimadas em 722,5 e 715,91 mm, correspondendo a 24,39 e 17,92 t ha⁻¹ de bulbos de cebolas, respectivamente. Não houve efeito significativo da fertilização potássica nas produtividades total e comercial de bulbos. A eficiência do uso da água para produtividade total foi estimada em 42,37 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na dose de 80 kg de fertilização potássica e lâmina de 603,20 mm. A eficiência do uso da água para produtividade comercial foi estimada em 34,04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na dose de 80 kg de fertilização potássica e lâmina de irrigação de 603,20 mm.

Palavras-chave: *Allium cepa*, déficit hídrico, evapotranspiração da cultura, gotejamento, texas early grano 502.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the application of irrigation depths and potassium doses on the production and efficiency of water use in the cultivation of onion in the Poxim River basin, São Cristóvão - SE. In this region the soil is classified as being Argisol Red-Yellow, typical dystrophic and rainy tropical climate with annual averages that reach 1,200 mm per year. Plowing and harrowing operations were carried

out to prepare the soil, and later the beds that received the seeds and seedlings were prepared. The experiment was arranged in plots and subdivided in a 5 x 4 factorial scheme with four replications, with 5 irrigation depths (50, 75, 100, 125 and 150% of the crop evapotranspiration) and 4 doses of potassium fertilization (80, 160, 240 and 320 kg ha⁻¹). After harvesting, the total and commercial bulb productivity was verified, as well as the average commercial weight, dry matter of commercial bulbs and the water use efficiency. The maximum total and commercial productivity of onion bulbs was found in the irrigation depth of 722,5 and 715,91 mm, corresponding to 24,39 and 17,92 t ha⁻¹. There was no significant effect of potassium fertilization on total and commercial bulb productivity. The water use efficiency for total productivity was 42,37 kg ha⁻¹ mm⁻¹ at a dose of 80 kg and irrigation depth of 603,20 mm. The water use efficiency for commercial productivity was 34,04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ at a dose of 80 kg and irrigation depth of 603,20 mm.

Keywords: *Allium cepa*, water deficit, crop evapotranspiration, drip, texas early grano 502.

1 INTRODUÇÃO

O alimento faz parte de uma das necessidades de todos os seres humanos, precisando ser seguro e ter uma boa qualidade nutricional. A cebola (*Allium cepa* L.) é uma hortaliça que faz parte da alimentação de muitos brasileiros. É cultivada por pequenos e grandes agricultores em várias regiões do Brasil, proporcionando renda para todos aqueles envolvidos na atividade. Ela tem uma grande importância socioeconômica, sendo a terceira hortaliça mais difundida no Brasil e no mundo, ficando atrás apenas do tomate e da batata (FIGUEIREDO *et al.*, 2014).

A área total cultivada no mundo em 2018 foi de 5,04 milhões de hectares, produzindo 96,77 milhões de toneladas de cebolas, com um rendimento médio de 19,2 t ha⁻¹. A China é o principal produtor de cebola do mundo, responsável por 25,6% da produção em 2018, seguido da Índia (22,8%) e Estados Unidos (3,4%). O Brasil foi o décimo segundo maior produtor mundial com 1,6% da produção (FAO, 2018).

Em 2019 no Brasil, a produção foi de 1,56 milhões de toneladas de bulbos de cebola, em 48,7 mil hectares de área plantada, proporcionando uma produtividade média nacional de 32,3 t ha⁻¹. Sendo a região Sul a principal produtora de cebola do país com uma produção de 683,6 mil toneladas, em 28,2 mil hectares de área plantada, com média de 24,4 t ha⁻¹, seguida das regiões Sudeste e Nordeste. As regiões Sudeste e Nordeste com uma produção de 373,4 e 315,1 mil toneladas, em 8,1 e 9,5 mil hectares, com média de 46,1 e 34,4 t ha⁻¹, respectivamente. No Nordeste, Bahia e Pernambuco são os dois estados que se destacam como os maiores produtores de cebola da região com uma produção de

242,8 e 53,0 mil toneladas, em 6,2 e 1,8 mil hectares de área plantada, com média de 40,9 e 29,6 t ha⁻¹ (IBGE, 2019).

A cultura da cebola necessita, frequentemente, de irrigações, pois é sensível ao déficit hídrico. Esta apresenta raízes superficiais, demandando boa disponibilidade de água no solo. Desta maneira, o controle da irrigação é imprescindível, estando diretamente correlacionado com as necessidades hídricas da cultura. Devido a grande preocupação com a questão da conservação da água, procura-se atualmente aplicar o método de irrigação localizada, irrigação por gotejamento, sendo um método bastante eficiente (BISPO *et al.*, 2017).

Atualmente há uma preocupação muito grande dos pequenos e grandes agricultores em modernizar os sistemas de irrigação a fim de conservar a água, aplicando-a de maneira mais uniforme. Em que o avanço na engenharia de irrigação trouxe métodos mais eficazes, como a irrigação por gotejamento, permitindo aplicar a água de acordo com as necessidades da cultura. Junto com as inovações tecnológicas no campo vieram resultados positivos como melhorias na uniformidade de aplicação e horários de irrigação adequados, buscando uma maior eficiência da irrigação (MATEOS, ARAUS, 2016).

A água é um componente indispensável para todos os seres vivos que habitam o planeta Terra. A alternância entre intervalos secos e úmidos no meio ambiente torna a água um recurso ainda mais valioso. A falta desta em algumas áreas geram impactos econômicos, sociais e ambientais negativos. Sendo assim, a escassez de água pode ser entendida como a intensificação da exploração de recursos hídricos, acima do que é disponível na natureza. E sua importância na agricultura não é diferente, devendo atender as necessidades da cultura (PEDRO-MONZONÍS *et al.*, 2015).

A cebola, como qualquer outra hortaliça, responde muito bem aos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) presentes no solo. Os nutrientes proporcionam grandes produtividades de bulbos com um grau de qualidade muito satisfatório para a comercialização. Mas, o solo nem sempre oferece os nutrientes adequados às determinadas culturas, precisando ser repostos por meio de adubações orgânicas e/ou minerais.

O fertilizante é usado na produção agrícola para diminuir as necessidades do solo com relação a alguns nutrientes. Sendo que, qualquer falta de nutrientes no solo pode comprometer toda ou parte da produção da cultura. O potássio (K) é um destes nutrientes, indispensável na cultura da cebola. Este exerce uma função essencial nos processos metabólicos das plantas, como síntese, transporte e armazenamento de fotoassimilados

(MARROCOS *et. al.*, 2018). Mas a fertilização potássica na cultura da cebola nem sempre tem respostas significativas, mesmo sendo o nutriente presente em maior quantidade nos bulbos. A quantidade de adubo potássico necessário na cultura da cebola varia em função da situação do solo e do clima da região.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de lâminas de irrigação e doses de potássio na produção e eficiência do uso da água no cultivo da cebola na bacia do rio Poxim, São Cristóvão – SE, estimando as produtividades total e comercial de bulbos de cebola e determinando a eficiência do uso da água e doses de potássio que proporcionem maiores produtividades de bulbos de cebola.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe, localizado nas coordenadas 10°55'S e 37°11'O no município de São Cristóvão – Sergipe (Figura 1). A altitude do local em relação ao nível médio dos mares é de 18 metros. Segundo a classificação Köppen, a região apresenta clima As', tropical chuvoso com verão seco e pluviometria em torno de 1.200 mm anuais, com chuvas concentradas entre os meses de abril a setembro (ALVARES *et. al.*, 2013). Esta região possui um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, distrófico típico (PEDROTTI, 2019).

Figura 1: Localização do Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Fonte: Autor (2021)

Foram coletadas 20 amostras simples de solo no local do experimento na profundidade de 0 - 20 cm e enviadas 1 amostra composta para análise química e física

no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS. Os parâmetros químicos do solo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Análise química do solo utilizado no experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Parâmetros	Valor	Unidade
pH em água	6,09	-
Cálcio + Magnésio	1,76	cmolc dm ⁻³
Cálcio	1,18	cmolc dm ⁻³
Alumínio	<0,08	cmolc dm ⁻³
Matéria Orgânica	11,6	g dm ⁻³
Magnésio	0,58	cmolc dm ⁻³
Fósforo	32,10	mg dm ⁻³
Sódio	6,00	mg dm ⁻³
Potássio	30,20	mg dm ⁻³
Hidrogênio + Alumínio	0,857	cmolc dm ⁻³
Soma de Bases Trocáveis (SB)	1,87	cmolc dm ⁻³
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	2,73	cmolc dm ⁻³
Porcentagem de Sódio Trocável (PST)	0,95	%
Índice de Saturação de Bases (V)	68,5	%

Fonte: Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, Aracaju, 2019.

A partir dos resultados da análise química do solo, foi feita a calagem para a cultura da cebola, a recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe (SOBRAL *et al.*, 2007), a necessidade de calcário foi determinada pelo método de saturação por bases.

O solo analisado é composto por mais de 70% de areia, sendo classificado como um solo franco arenoso, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Granulometria, classificação textural e especificação do solo - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Areia	Granulometria (%)		Classe textural	Especificação Tipo de solo
	Silte	Argila		
71,85	12,05	16,10	Franco arenoso	2

Fonte: Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, Aracaju, 2019.

O fertilizante utilizado no fornecimento de doses diferenciadas de potássio foi o cloreto de potássio (KCl). Foram aplicadas ainda, em atendimento as exigências nutricionais da cultura, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Superfosfato simples, 666,67 kg ha⁻¹) e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio na composição de sulfato de amônia (400 kg ha⁻¹). A aplicação do superfosfato simples foi realizada em dose única para todos os canteiros antes do

transplântio. Já o sulfato de amônia e o cloreto de potássio foram divididos em duas doses iguais, correspondente a 50% do total da recomendação e variando conforme o tratamento. Estes fertilizantes foram distribuídos a lanço nos canteiros com 10 dias e 45 dias depois do transplântio das mudas.

A cultivar da cebola utilizada foi a Texas Early Grano 502 que é uma das principais cultivares recomendadas para o Nordeste Brasileiro, adaptando-se muito bem a região. Esta cultivar, com sementes importadas do Texas, EUA e Chile, é cultivada no Vale do São Francisco desde 1979. Possui um sabor suave, bulbo com aparência de um pião, bastante uniforme e coloração amarelo claro. O ciclo da cultura é de 100 a 120 dias. A cultivar é bastante vulnerável a algumas doenças como a mancha púrpura, o mal-de-sete-voltas e a raiz rosada (COSTA; RESENDE, 2007).

No preparo de solo da sementeira, inicialmente foi realizada a aração, invertendo assim as camadas de solo. Logo depois foi realizada a gradagem para nivelar a área. Após a aração e gradagem foram adicionados ao solo o calcário dolomítico e o esterco de gado (adubo orgânico). A adubação orgânica foi realizada na medida de 20 t ha⁻¹. E o calcário 314 kg ha⁻¹, adicionado para elevar a saturação por bases a 80%. Posteriormente foram preparados os canteiros com encanteirador mecânico (enxada rotativa), na altura de 20 cm e largura de 120 cm.

As sementes de cebola Texas Early Grano 502 foram distribuídas nas sementeiras em sulcos. A profundidade dos sucos foi de 0,5 cm e espaçados 15 cm. Cada sulco tinha 120 cm de comprimento. Foram distribuídas igualmente 100 sementes por sulco.

Logo depois da sementeira, os sulcos foram cobertos com solo peneirado e revestidos com palha de coqueiro. As palhas de coqueiro foram removidas da sementeira depois de transcorridos 7 dias. Nesta fase foi realizada a irrigação por microaspersão, 2 vezes ao dia com duração de 20 minutos para manter a umidade do solo.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da capina manual, semanalmente.

Na área definitiva de implantação do experimento foi realizado também o preparo de solo com aração e gradagem. Foram adicionados ao solo o calcário e o esterco (adubo orgânico). Os canteiros definitivos foram preparados e posteriormente, foi montado o sistema de irrigação por gotejamento.

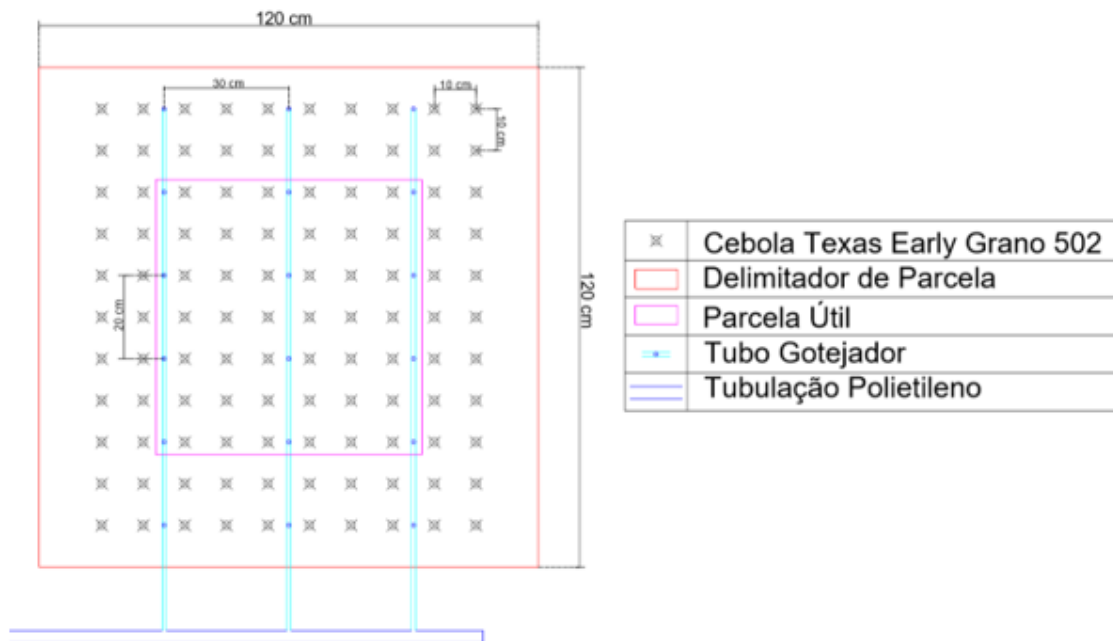
O delineamento do experimento utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 5 x 4 com 4 repetições. Sendo o primeiro fator cinco lâminas de irrigação (W1 =

50%, W2 = 75%, W3 = 100%, W4 = 125%, W5 = 150% em relação a ETc), e o segundo fator quatro doses de potássio (K1 = 80, K2 = 160, K3 = 240, K4 = 320 kg de K₂O ha⁻¹).

De acordo com o manual de adubação para o Estado de Sergipe e análise de solo a exigência da cultura para a adubação potássica é de 160 kg de K₂O/ha se fornecido na forma de cloreto de potássio corresponde a 266,66 kg/ha. A definição das doses da adubação potássio foi de acordo com as percentagens de k1 = 50%, K2 = 100%, K3 = 150% e K4 = 200% da exigência da recomendada para cultura da cebola.

As parcelas tiveram dimensões de 120 cm de largura por 120 cm de comprimento cada uma. A parte considerada útil na parcela foi de 60 cm x 60 cm, ou seja, a parte central da parcela, contendo ao todo 42 plantas (Figura 2).

Figura 2: Parcela experimental com detalhes da área útil e o sistema de irrigação por gotejamento implantado (Layout da parcela) - São Cristóvão - SE, UFS, 2021a



Fonte: Autor (2021)

O sistema de irrigação nos canteiros definitivos era composto de tubos gotejadores de 16,1 mm, com vazão dos emissores de 2,1 L h⁻¹ espaçados entre si em 20 cm. Em cada canteiro foram montadas três linhas gotejadoras com espaçamento entre elas de 30 cm. As linhas de tubos gotejadores foram conectadas a uma tubulação de derivação de polietileno de 25 mm e no início de cada uma delas foi instalado um registro de linha de mesmo diâmetro. De acordo com as orientações do fabricante dos tubos gotejadores e a faixa de pressão sugerida por Marouelli, Braga e Andrade Junior (2012), a pressão de serviço de operação foi mantida em 100 KPa. Já o fornecimento d'água à linha de

derivação era feito através de um cavalete que continha um manômetro analógico para aferir a pressão de serviço, um filtro de disco 32 mm para evitar entupimento dos emissores e um registro de gaveta para regular a pressão.

As lâminas de irrigação para cada um dos tratamentos foram determinadas através de diferentes tempos de funcionamento das linhas de tubos gotejadores. Esse tempo foi determinado através da Equação 1:

$$T = \frac{Li \times Eg \times EL}{q} \quad (1)$$

Onde T é o tempo (h) de irrigação para cada tratamento; Li é a lâmina de irrigação para cada tratamento (mm); Eg é o espaçamento entre gotejadores; EL é o espaçamento entre linhas; e q é a vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$).

Para as lâminas de irrigação foram utilizados dados meteorológicos da estação meteorológica E5000 da Irriplus, situada a 27 metros do local. Os parâmetros meteorológicos utilizados para estimar a evapotranspiração de referência diária foram: umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade do vento, radiação solar e precipitação. Foi utilizado um software livre chamado de ET₀ Calculator, disponibilizado pela FAO. Este software baseia-se no método de Penman-Monteith-FAO para determinar a Evapotranspiração de Referência diária.

A partir da evapotranspiração de referência foi possível encontrar a lâmina líquida, multiplicando-a pelo coeficiente da cultura da cebola (Kc), que foram proposto pelos autores Marouelli, Costa e Silva (2005), usando irrigação por gotejamento na região do semiárido. Os valores do Kc para a cultura da cebola utilizados foram 0,60, 0,80, 0,95 e 0,65.

O transplântio das mudas ocorreu depois de decorridos 36 dias da sementeira. Foram utilizados dois gabaritos de madeira e parafusos para uniformizar o espaçamento de 10 cm. Estes foram pressionados ao solo (canteiro) dando origem a pequenos furos, garantindo assim o espaçamento correto. Depois de marcados os espaçamentos corretamente foram realizados o transplântio manualmente das mudas de cebolas Texas Early Grano 502.

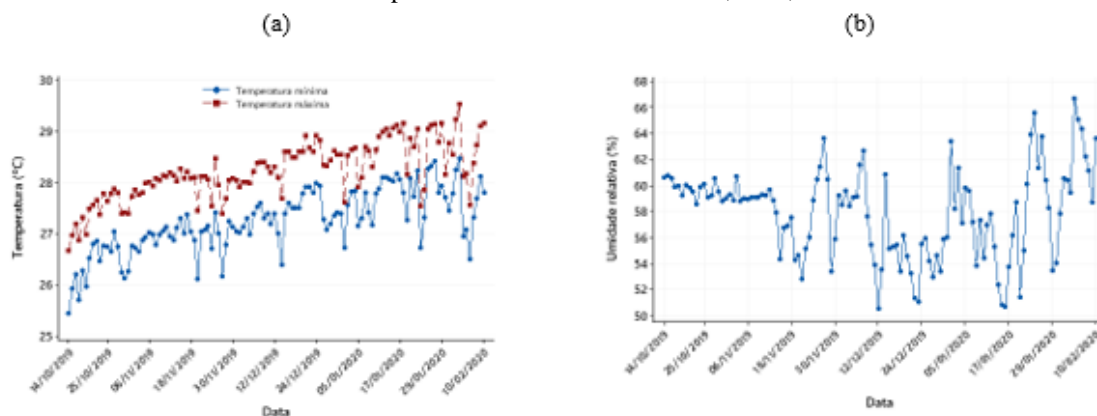
As cebolas Texas Early Grano 502 foram colhidas quando mais de 70% das plantas estavam em fase de estalo (tombamento). Logo após a colheita, as cebolas ficaram em processo de cura por 15 dias, 3 dias ao sol e 12 dias à sombra, em local ventilado

(RESENDE, COSTA, YURI, 2018). Em seguida foi efetuado o corte das raízes e da parte aérea.

O experimento iniciou com a semeadura no dia 14/10/2019, sendo usadas sementes da cultivar Texas Early Grano 502. Já o transplântio, aconteceu no dia 19/11/2019. E a colheita foi realizada no dia 10/02/2020. O ciclo da cultura total, da semeadura até a colheita, foi de 120 dias.

A temperatura média diária durante todo o experimento foi de 27,84 °C, as mínimas permaneceram entre 25,45 e 28,47 °C e as máximas entre 26,68 e 29,53 °C. As temperaturas diárias mínimas e máximas ocorridas durante o experimento podem ser observadas na Figura 3a. As umidades relativas diárias médias durante todo o experimento ficaram entre 50,54 e 66,67 %, com valor médio de 57,94, como pode ser observado na Figura 3b.

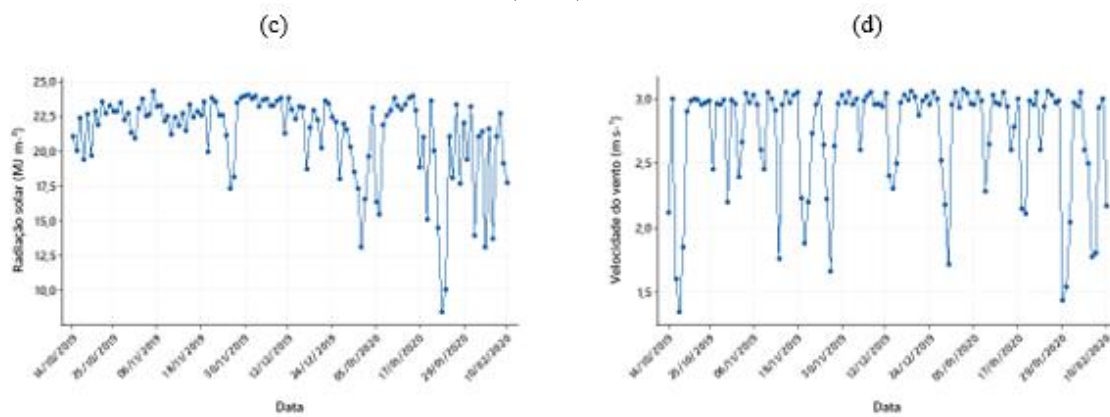
Figura 3: Temperaturas diárias mínimas e máximas, e umidades relativas médias diárias ocorridas durante o experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Na Figura 4c foram representadas as médias diárias da radiação solar ocorridas durante o experimento. Foi possível observar que as médias diárias da radiação solar ficaram entre 8,51 e 24,3 MJ m⁻², com valor médio de 21,29 MJ m⁻².

As médias diárias da velocidade do vento ocorridas durante o experimento ficaram entre 1,35 e 3,07 m s⁻¹, com valor médio de 2,73 m s⁻¹, como podem ser visto na Figura 4d.

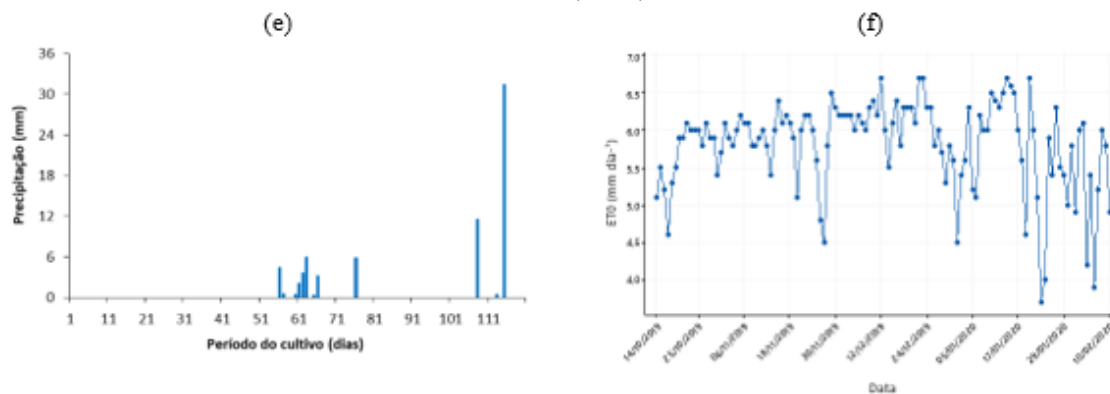
Figura 4: Médias diárias da radiação solar e velocidade do vento durante o experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Os valores diários de precipitação coletados em campo durante o experimento podem ser observados na Figura 5e. Observou-se que a maior precipitação (31,4 mm) aconteceu quando a cultura da cebola estava na fase final do processo, fase de maturação.

A média da Evapotranspiração de Referência (ET_o) durante todo o período do experimento foi de 5,8 mm, como pode ser observado na Figura 5f. O valor mínimo de evapotranspiração diária de 3,7 mm foi percebido aos 102 dias e o valor máximo de 6,7 mm aos 60, 70, 71, 93 e 99 dias após semeadura.

Figura 5: Precipitações ocorridas durante o experimento e Evapotranspiração de Referência (ET_o) estimada diariamente a partir do software ET_o Calculator da FAO, método Penman-Monteith - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Na fase de sementeira ou inicial a reposição da água do solo era feita de acordo com a fração de evapotranspiração da cultura. Essa reposição era feita diariamente, levando em consideração a evapotranspiração de referência (ET_o) do dia anterior e o coeficiente da cultura (K_c). A lâmina total aplicada nesta fase foi de 167,7 mm. Somente após o transplântio, foram aplicados os tratamentos de diferenciação para o fator lâmina,

através de um sistema de gotejamento que durou até 10 dias antes da colheita, como pode ser observado na Tabela 3. A precipitação total ocorrida em todo o ciclo da cultura foi igual a 70,1 mm.

Tabela 3: Fração da evapotranspiração da cultura de cada tratamento, lâminas de irrigação inicial, precipitação e lâminas de irrigação distintas (gotejamento) após transplântio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fração da evapotranspiração da cultura (ETc) %	Lâmina (mm)			
	Inicial	Precipitação	Gotejamento	Total
L1 = 50	167,7	70,1	179,2	417,0
L2 = 75	167,7	70,1	271,4	509,2
L3 = 100	167,7	70,1	365,4	603,2
L4 = 125	167,7	70,1	461,6	699,4
L5 = 150	167,7	70,1	559,4	797,2

As informações coletadas foram submetidas ao teste de normalidade e seguidamente a análise de variância. As variáveis foram analisadas pelo teste de Tukey e regressão aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Foi utilizado o software estatístico R (R Core Team, 2019) para as variáveis analisadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a análise de variância (Tabela 5) para produtividade total de bulbos foi possível observar efeito significativo ao nível de 1 % de probabilidade sobre o fator lâminas de irrigação, enquanto para o fator dose de potássio e interação não foram observadas diferenças significativas.

Tabela 5: Análise de variância para produtividade total de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

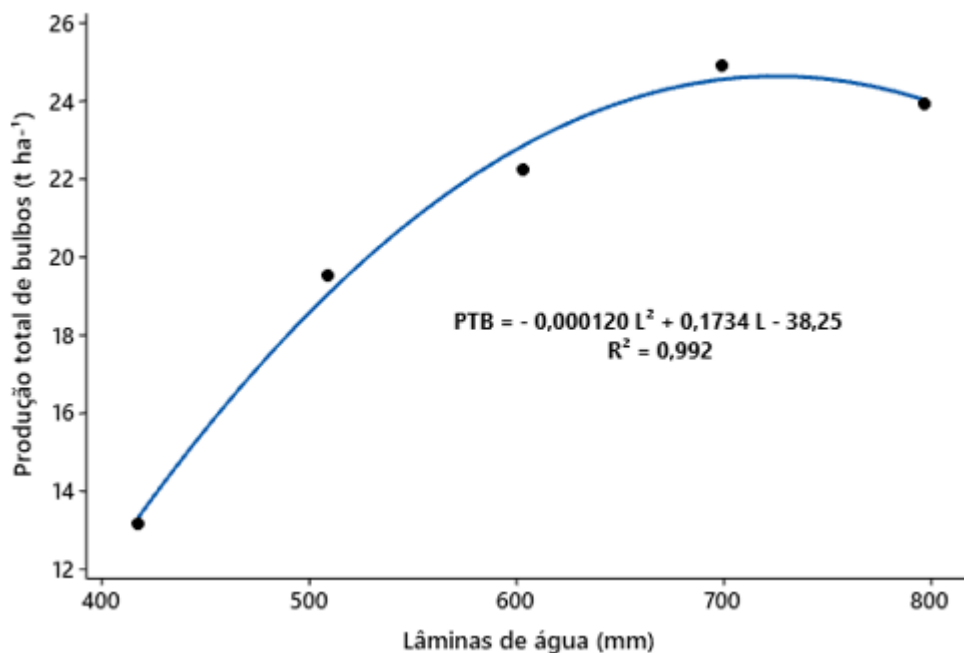
Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	81,86	27,287	1,71	0,176 ^{NS}
Lâmina	4	1426,69	356,671	22,30	0,001 ^{**}
Dose	3	29,77	9,924	0,62	0,605 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	316,67	26,390	1,65	0,104 ^{NS}
Erro	57	911,84	15,997		
Total	79	2766,83			
CV (%)	19,28				
Média geral	20,7				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Notou-se na Figura 6, que a máxima produtividade foi encontrada na lâmina de 722,50 mm, com 24,39 t ha⁻¹. Bispo et al. (2017), estudando o desempenho de cinco cultivares de cebola irrigada por gotejamento submetidas a diferentes tensões de água no

solo, no município de Juazeiro – BA, obtiveram valores na produtividade para as cultivares Atacama (29,17 t ha⁻¹), 1206 (29,44 t ha⁻¹) e predileta (31,26 t ha⁻¹), semelhantes ao encontrado nesse trabalho. Barreto (2015), avaliando a produtividade e qualidade de bulbos de cebola em função de lâminas de irrigação e doses de potássio utilizando o sistema de irrigação por gotejamento, no município de Lavras – MG encontrou valor de produtividade superior a conseguida nesse trabalho. Os resultados encontrados ficaram abaixo da média nacional 32,30 t ha⁻¹ e também abaixo da média da região nordeste com 34,40 t ha⁻¹ (IBGE, 2019). Observou-se nesse trabalho uma resposta polinomial quadrática para produtividade total de bulbos em função das diferentes lâminas de água, comportamento condizente com Vilas Boas (2014). As lâminas de irrigação que ficaram abaixo ou acima do ponto de inflexão proporcionaram queda na produtividade total de bulbos.

Figura 6: Produtividade total de bulbos de cebola em função da lâmina de água - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



De acordo com Costa e Resende (2007), no Nordeste brasileiro a produtividade pode variar de 15 a 40 t ha⁻¹, dependendo dos tratos culturais e da localidade. Segundo Pinto et al. (2016), as cebolas quando semeadas no segundo semestre, na região nordeste do Brasil, apresentam queda de 40% na produtividade, dependendo das condições climáticas. As citações destes autores corroboram com o baixo rendimento encontrado na produtividade da cebola do presente trabalho de pesquisa.

A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, foi possível verificar um aumento linear da produtividade de bulbos com o acréscimo na lâmina de água de 50, 75 e 100% da ETc, percebendo-se valores de 13,13, 19,51 e 22,23 t ha⁻¹. Comportamento condizente aos obtidos por Bispo et al. (2017), quando os mesmos relatam que a redução da disponibilidade de água no solo provoca diminuição na produtividade da cebola.

Baptestini *et al.* (2018), em experimento realizado na Universidade Federal de Viçosa, pesquisando a produtividade da cebola em relação às lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, verificaram que a lâmina de água que proporcionou maior produtividade total de bulbos de cebola foi aquela correspondente a 150% da evapotranspiração da cultura (450 mm), obtendo uma produtividade total de 59,40 t ha⁻¹, no sistema de irrigação por gotejamento da cultivar híbrido Aquarius. Estes resultados foram superiores aos obtidos no presente estudo em que a maior produtividade total de bulbo de cebola (24,39 t ha⁻¹) foi obtida para uma lâmina de irrigação de 722,50 mm.

Bispo et al. (2018), analisando a produtividade da cebola sob diferentes manejos de irrigação por gotejamento, em Juazeiro – BA, obtiveram o valor máximo para a produtividade total de bulbos 36,7 t ha⁻¹ na lâmina total de irrigação de 521,3 mm. O baixo rendimento encontrado na produtividade em São Cristóvão – SE, tem como possível fator responsável, o clima, segundo o autor.

Bispo et al. (2017), cultivando cinco cultivares de cebola, irrigadas por gotejamento, em Juazeiro – BA, observaram que as cultivares avaliadas tiveram melhores desempenho agrônômico na maior lâmina de água de 417,42 mm, com a produtividade total afetada significativamente pelos tratamentos impostos, destacando que não atingiu o ponto de inflexão da curva para o fator lâmina de água, divergindo do presente estudo, onde o máximo da produtividade foi obtida com o emprego da lâmina de 722,50 mm da evapotranspiração da cultura.

Em concordância com a análise de variância (Tabela 6) para produtividade comercial de bulbos foi possível observar efeito significativo ao nível de 1 % de probabilidade sobre o fator lâminas de irrigação, enquanto para o fator dose e interação não foram observadas diferenças significativas.

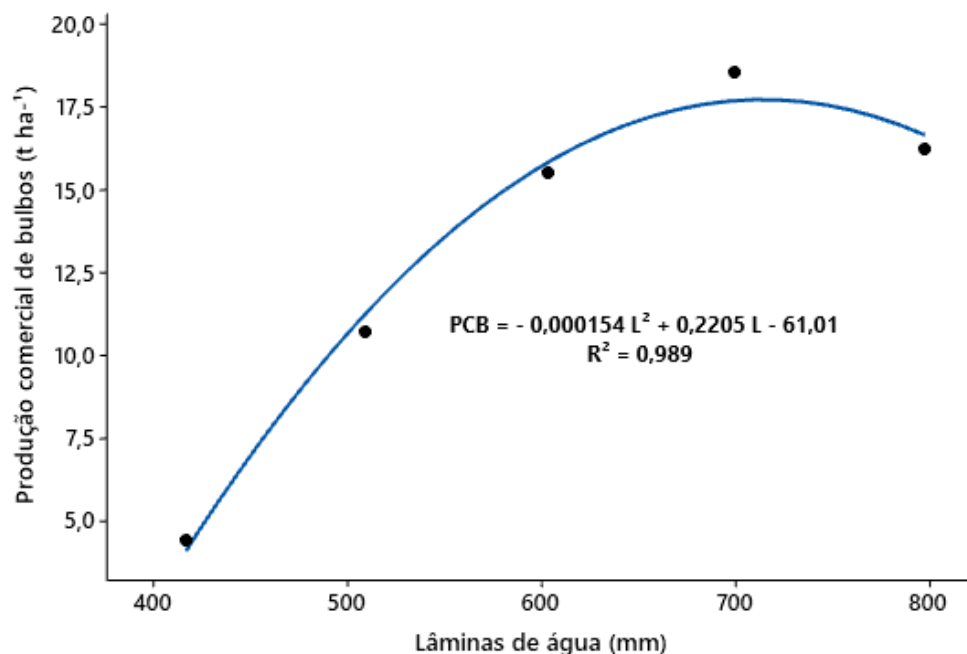
Tabela 6: Análise de variância para produtividade comercial de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	147,4	49,14	1,35	0,268 ^{NS}
Lâmina	4	2032,5	508,13	13,93	0,001 ^{**}
Dose	3	199,6	66,52	1,82	0,153 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	642,0	53,50	1,47	0,164 ^{NS}
Erro	57	2079,4	36,48		
Total	79	5100,9			
CV (%)	46,1				
Média geral	13,1				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Observou-se na Figura 7, que a máxima produtividade comercial de bulbos foi encontrada na lâmina de 715,91 mm, com 17,92 t ha⁻¹. Esses resultados corroboram com os obtidos por Ferreira et al. (2017), ao testarem variações de 60 a 120% da ETc nas lâminas, evidenciaram aumento do diâmetro do bulbo e produtividade comercial, com o aumento da lâmina.

Figura 7: Produtividade comercial de bulbos de cebola em função das lâminas de água - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Carvalho, Ribeiro e Gomes (2018), avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura morta sobre a produtividade e qualidade comercializáveis de bulbos de cebola, no município de Seropédica – RJ, em um Argissolo Vermelho Amarelo, observaram que a produtividade comercial de bulbos de cebola foi influenciada

pelas lâminas de irrigação (0, 22, 45, 75 e 100% da ETc), independentemente da cobertura do solo, obtendo um efeito linear positivo. O incremento das diferentes lâminas proporcionou produtividades comerciais de 7,60, 17,10, 26,30, 30,40 e 32,00 t ha⁻¹, na ausência de cobertura morta. No presente trabalho o aumento da produtividade comercial também foi linear de 50 a 100% da ETc, na ausência de cobertura morta, num Argissolo Vermelho Amarelo, mas com produtividades (4,41, 10,73 e 15,52 t ha⁻¹) inferiores as encontradas pelos autores.

Segundo Bispo et. al. (2017), a produtividade comercial das cultivares Atacama, 1206, Predileta, Serena e Vale Ouro IPA-11 apresentaram valores de produtividade acima de 29 t ha⁻¹ na tensão limite de água no solo de 20 KPa. No entanto, com a elevação da tensão limite de água no solo para 40 e 50 KPa as cultivares apresentaram valores abaixo de 26 t ha⁻¹. Ainda, de acordo com Bispo et. al. (2017), a elevação da tensão limite pode afetar negativamente a qualidade comercial dos bulbos de cebola.

Vilas Boas *et al.* (2016), analisando o efeito de tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 KPa) sobre a produtividade de cebola, submetidas a irrigação por gotejamento, em Lavras – MG, visando à obtenção de plantas de cebolas mais produtivas e bulbos maiores, encontraram maiores valores de produtividade de bulbos comerciais para as cultivares Optima F1 (42,78 t ha⁻¹) e Alfa Tropical (33,48 t ha⁻¹), na tensão de 15 KPa, correspondendo a uma lâmina total de água de 615,2 mm. O presente trabalho obteve uma produtividade de 16,27 t ha⁻¹ para a mesma lâmina de irrigação (615,2 mm), valor inferior 61,97 e 51,40% em relação as cultivares Optima F1 e Alfa tropical, respectivamente.

A análise de variância não identificou diferença significativa em relação ao fator doses de potássio, para as características produtividade total e comercial de bulbos, mas várias pesquisas mostram que a produtividade total e comercial de bulbos de cebola é fortemente dependente da aplicação apropriada de potássio. Marrocos et al. (2018), estudando adubação potássica para otimização da produção de cebola, em Mossoró – RN, perceberam que a adubação potássica que promoveu aumento na produtividade total e comercial foi na dose de 180 kg ha⁻¹. Já Resende (2018), avaliando os efeitos de doses de potássio sobre a produtividade e armazenamento pós-colheita de bulbos, em Petrolina-PE, obteve como resultado a dose de potássio de 144 kg ha⁻¹, promovendo maior produtividade de bulbos de cebola.

Na análise de variância para massa média de bulbos comerciais, Tabela 7, verificou-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para o fator

lâmina e interação em nível de 5% de probabilidade. Não foram observadas diferenças significativas para o fator dose de potássio a 1% de probabilidade.

Tabela 7: Análise de variância para massa média de bulbos comerciais de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	16,56	5,521	0,30	0,824 ^{NS}
Lâmina	4	1237,98	309,496	16,94	0,001 ^{**}
Dose	3	32,66	10,888	0,60	0,620 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	484,74	40,395	2,21	0,023 [*]
Erro	57	1041,26	18,268		
Total	79	2813,20			
CV (%)	11,47				
Média geral	37,25				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Para a massa média de bulbos de cebola apresentados na Tabela 8, foi possível observar que a elevação da lâmina de irrigação afetou positivamente a massa média dos bulbos. As maiores massas médias foram observadas na lâmina de 797,2 mm (150% da ETc), para as doses de 80, 160, 240 e 320 kg ha⁻¹, equivalente a 50%, 100%, 150% e 200% da dose recomendada para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe, com uma massa média de 46.49, 43.26, 39.84 e 41.61 g bulbo⁻¹. Bispo et. al. (2018), avaliando a produtividade da cebola sob diferentes manejos de irrigação encontraram valores superiores para massa média de bulbos, 70,8 g bulbo⁻¹ para a irrigação efetuada com base na Evapotranspiração da cultura obtidas pelo método Penman-Monteith.

Tabela 8: Massa média de bulbos comerciais de cebola em função das diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais na linha, não diferiram pelo

Lâmina (mm)	Massa média de bulbos comerciais (g bulbo ⁻¹)			
	Doses de potássio (kg ha ⁻¹)			
	80	160	240	320
417	30,88 Ab	28,00 Ab	29,80 Ab	34,90 Aab
509,2	35,38 ABb	40,66 Aa	37,25 ABab	30,99 Bb
603,2	39,30 Aab	35,86 Aab	33,46 Aab	39,65 Aa
699,4	38,21 Aab	39,73 Aa	41,09 Aa	38,73 Aab
797,2	46,49 Aa	43,26 Aa	39,84 Aa	41,61 Aa

teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa média de bulbos comerciais variou significativamente, conforme a interação das lâminas e doses (Tabela 8), ratificando a grande importância de fazer uma adequada irrigação e nutrição da planta, dentre tantos outros fatores de produção. A maior

massa média de bulbos foi observada na lâmina de 797,2 mm (150%), sendo que tal característica apresentou diferença entre as doses apenas para a lâmina de 509,2 mm. Kumar et al. (2007), analisando a resposta da cebola a diferentes níveis de água de irrigação, no município de Abohar - Punjab, na Índia, evidenciaram em seus estudos que a massa média de bulbos comerciais é influenciada positivamente pela elevação da lâmina de água aplicada, sendo que no ano de 2004 e 2005 as médias foram de 29,09 a 51,05 g bulbo⁻¹ e 30,69 a 52,12 g bulbo⁻¹. De acordo com os autores a alta porcentagem de bulbos de tamanho pequeno, de menor peso, foi devido à redução de água aplicada, fato condizente com o presente estudo.

Analisando a interação dos fatores lâminas de água e doses de potássio (Tabela 8), foi possível observar o crescimento da massa média comercial de bulbos nas menores adubações e maiores lâminas. Barreto (2015) encontrou diferença significativa em nível de 1% apenas em relação ao fator lâminas de água, mostrando comportamento linear, com aumento na massa média comercial de bulbos influenciada pelo acréscimo das lâminas de água. O autor não encontrou efeito significativo para o fator doses de potássio, nem para a interação (lâmina x dose) sobre a massa média comercial de bulbos.

Foi observado na interação lâmina de irrigação x dose de potássio (Tabela 8) um aumento na massa média comercial de bulbos nas doses de potássio de 80, 160, 240 e 320 kg ha⁻¹, originada pelo acréscimo das lâminas de irrigação. Vilas Boa et al. (2016), avaliando o efeito de tensões da água no solo sobre a produção, classificação, teor de matéria seca e massa média de bulbos comerciais de duas cultivares de cebola, híbrida Optima F1 e não híbrida Alfa Tropical, irrigadas por gotejamento, observaram que a redução da massa média comercial de bulbos foi provocada pelo aumento da tensão de água no solo, ou seja, na tensão de 15 KPa (umidade do solo próximo da capacidade de campo), 25, 35, 45, 60 e 75 kPa, a massa média foi de 126,4, 118,4, 110,4, 102,4, 90,4 e 78,4 g bulbo⁻¹, respectivamente. Os autores relataram comportamentos semelhantes ao encontrado no presente estudo, referente à redução da massa média comercial de bulbos em função do decréscimo das lâminas de água.

A menor massa média de bulbos comerciais (28,00 g bulbo⁻¹) foi alcançada quando aplicada uma adubação potássica de 160 kg ha⁻¹ com uma lâmina de irrigação de 417 mm (50%). Além disso, mesmo com o fornecimento de 160 kg ha⁻¹ de potássio, mas com aplicação de uma lâmina de irrigação de 797,2 mm (150%), foi possível alcançar a segunda maior massa média do experimento (43,26 kg ha⁻¹). Bispo et. al. (2017), avaliando o desenvolvimento de cultivares de cebola irrigada por gotejamento,

submetidas a tensões de água no solo, em Juazeiro – BA, observaram que a massa média dos bulbos foi afetada negativamente pela elevação da tensão de água no solo, a cultivar Predileta apresentou a maior média geral sob 20 KPa e a menor média ao 50 KPa, mostrando sua sensibilidade ao estresse hídrico, corroborando com o presente estudo.

Na análise de variância para o teor de matéria seca de bulbos, Tabela 9, observou-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade com relação para os fatores lâmina e dose. Não foram observadas diferenças significativas para a interação entre fatores até 5% probabilidade.

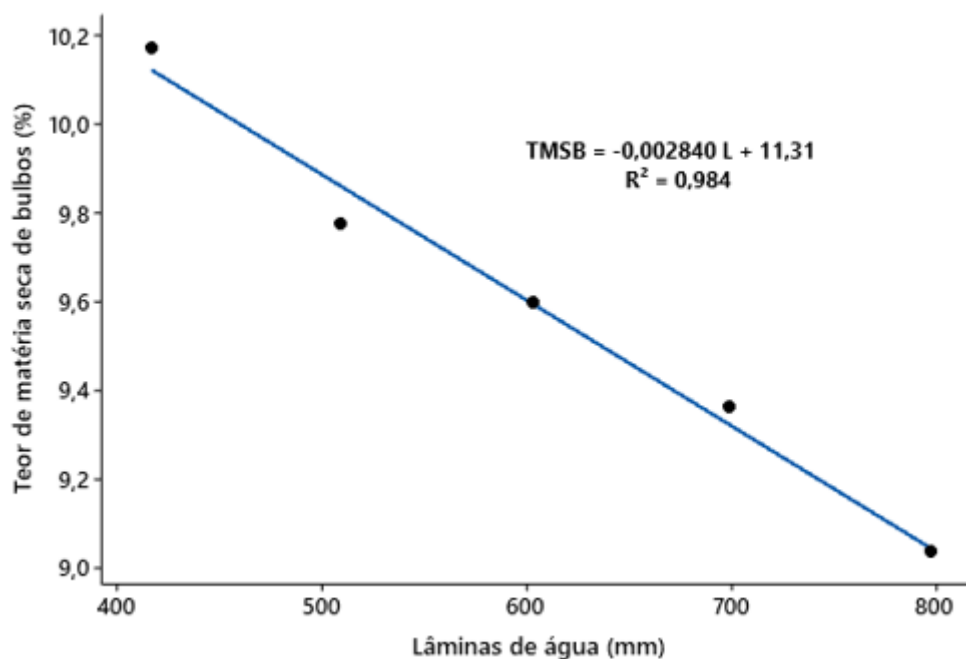
Tabela 9: Análise de variância para teor de matéria seca de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,591	0,5303	0,80	0,500 ^{NS}
Lâmina	4	11,868	2,9670	4,47	0,003 ^{**}
Dose	3	17,001	5,6670	8,54	0,001 ^{**}
Lâmina x Dose	12	1,783	0,1486	0,22	0,997 ^{NS}
Erro	57	37,831	0,6637		
Total	79	70,074			
CV (%)		8,49			
Média geral		9,59			

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

As médias dos teores de matéria seca de bulbos se adequaram ao modelo de regressão linear, apresentando um comportamento decrescente com o aumento das lâminas de água no solo, TMSB em função das lâminas de água, com valor máximo considerado de 10,13% na lâmina 417,0 mm, com teores de matéria seca variando de 9,03 a 10,18%, como observado na Figura 8. Segundo Shock, Feibert e Saunders (2000), a produção de matéria seca de bulbos de cebola é fortemente dependente da aplicação adequada de água. Já Bispo et al. (2018) observaram que para o teor de matéria seca não houve diferença estatística entre os tratamentos T1 (402,4 mm), T2 (509,3 mm) e T3 (521,3 mm), apresentando 9,7, 10,8 e 10,3%.

Figura 8: Teor de matéria seca de bulbos de cebola em função das lâminas de água - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

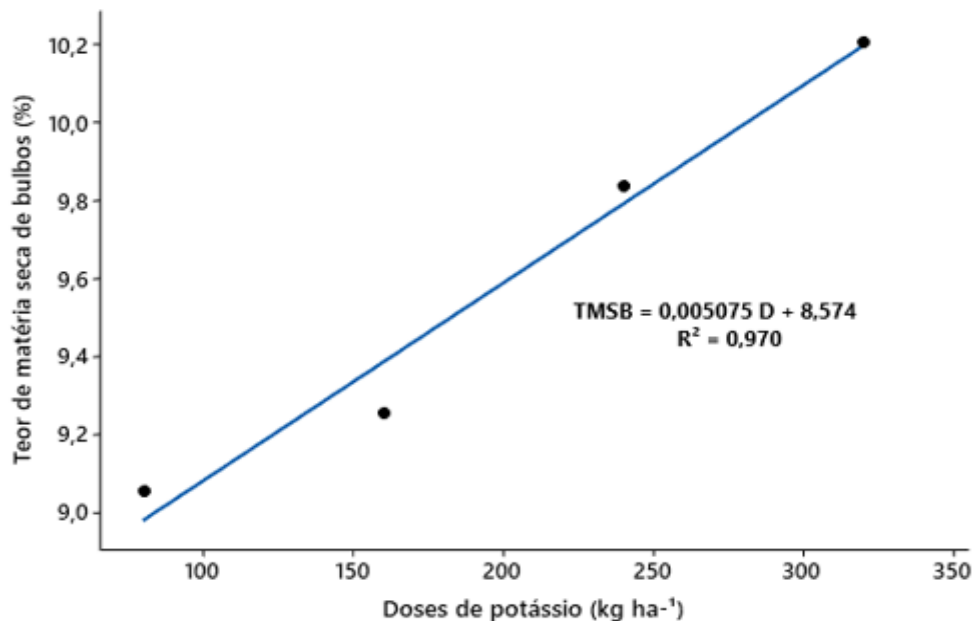


Bispo et. al. (2017), pesquisando teor de matéria seca em diferentes cultivares de cebola irrigada por gotejamento, verificaram diferença significativa para interação entre os fatores em nível de 5% de probabilidade, as maiores médias foram da cultivar Vale Ouro IPA-11, que variaram de 10,4 a 13,3%, comparado as outras cultivares, mostrando que o fator genético de cada cultivar é o principal responsável pelas diferenças encontradas. De acordo com Vilas Boas et al. (2016), o teor de matéria seca em bulbos de cebola varia de acordo com o fator genético de cada cultivar. Os autores encontraram valores de matéria seca, Optima F1 (12,3%) e Alfa Tropical (14,3%), superiores ao encontrado no presente estudo, Texas Grano 502 (10,13%).

As variações ocorridas nos teores de matéria seca de bulbos em função das doses de potássio foram explicadas pela regressão linear, apresentando um comportamento crescente com o aumento das doses de potássio no solo, como pode ser observado na Figura 9. O valor máximo estimado de teor de matéria seca foi de 10,20% na dose 320 kg. Cecílio Filho et al. (2009), avaliando o crescimento de duas cultivares de cebola, mediante a quantificação do acúmulo de matéria seca da parte aérea e do bulbo, em função da densidade populacional (60, 76, 92 e 108 plantas m⁻²), doses de potássio (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de K₂O) e de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N), no município de São José do Rio Pardo – SP, observaram que a aplicação de potássio (K) proporcionou maior

acúmulo de matéria seca de bulbos (MSB) do que plantas não fertilizadas em K, corroborando com o presente estudo.

Figura 9: Teor de matéria seca de bulbos de cebola em função das doses de K₂O - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Vidigal, Moreira e Pereira (2010) e Kurtz et al. (2016), em estudos semelhantes, observaram que o acúmulo de nutrientes, principalmente o potássio, pela planta de cebola ocorre de maneira semelhante ao acúmulo de massa seca, corroborando com o presente estudo.

De acordo com a análise de variância para eficiência na produtividade total de bulbos, Tabela 10, nota-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para o fator lâmina e interação. Não foram observadas diferenças significativas para o fator dose de potássio a 1% de probabilidade.

Tabela 10: Análise de variância da eficiência do uso da água na produtividade total de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de K₂O - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	201,65	67,22	1,77	0,164 ^{NS}
Lâmina	4	806,77	201,69	5,30	0,001**
Dose	3	49,80	16,60	0,44	0,728 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	1150,58	95,88	2,52	0,010**
Erro	57	2169,51	38,06		
Total	79	4378,31			
CV (%)		17,91			
Média geral		34,46			

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Observou-se na Tabela 11, que houve uma interação entre os fatores doses de potássio e lâminas de irrigação para a característica eficiência do uso da água na produtividade total de bulbos. A dose de 80 kg ha⁻¹ proporcionou um valor máximo de eficiência da produtividade total de 42,37 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na lâmina de 603,2 mm (100%). Vilas Boas et al. (2014), avaliando os efeitos de lâminas de irrigação e nitrogênio no rendimento e na eficiência do uso da água na cultura da cebola, utilizando a fertirrigação por gotejamento, em Lavras – MG, notaram um comportamento linear decrescente na eficiência do uso da água na produtividade total de bulbos de cebola na medida em que os valores das lâminas foram aumentando, com valor máximo para EUA de 208,3 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na menor lâmina de água 305,5 mm. O comportamento linear decrescente da EUA em função do aumento das lâminas de água, apresentado pelos autores, foi semelhante ao encontrado no presente estudo, mas com valor da EUA muito abaixo.

Tabela 11: Valores médios de eficiência do uso da água para a produtividade total de bulbos de cebola em função das diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Lâmina (mm)	Eficiência do uso da água produtividade total (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)			
	Doses de potássio (kg ha ⁻¹)			
	80	160	240	320
417	22,67 Bb	31,08 ABa	38,24 Aab	33,96 ABa
509,2	35,64 Aa	41,05 Aa	40,32 Aa	36,26 Aa
603,2	42,37 Aa	36,07 ABa	28,07 Bab	40,87 Aa
699,4	37,34 Aa	33,93 Aa	33,70 Aab	37,44 Aa
797,2	32,18 Aab	30,27 Aa	27,63 Ab	30,02 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais na linha, não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Oliveira (2020), estudando o efeito das diferentes lâminas de irrigação por gotejamento e densidade de plantio na produção de cebola, no município de São Cristóvão – SE, observou decréscimo da eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos em nível de 1% de probabilidade, com o aumento das lâminas de irrigação para cultivar Vale Ouro IPA 11. Os valores de eficiência variaram de 99.09, 87.85 e 61.11 kg mm⁻¹ ha⁻¹, com as seguintes lâminas de água 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura. Fato condizente com o presente estudo que com o aumento das lâminas de água (100, 125 e 150%), diminuiu a eficiência no uso da água para produtividade total (Tabela 11).

Bispo et al. (2017), avaliando o desenvolvimento de cinco cultivares de cebola irrigada por gotejamento, submetidas a tensões limite de água no solo, no município de Juazeiro – BA, observaram que a eficiência do uso da água apresentou um comportamento decrescente com o aumento das tensões de água no solo (diminuição da

lâminas de irrigação), divergindo do presente estudo. Entretanto, Bispo et al. (2018) verificaram que o tratamento com maior lâmina total aplicada (T3) apresentou valor da eficiência do uso da água inferior aos demais tratamentos (T2 e T1). Bandeira et al. (2013) afirmam que a elevação e a determinação dos níveis da eficiência do uso da água são complexos e requerem conhecimento e considerações interdisciplinares, porém, o manejo adequado da irrigação permite elevar esses valores. Desta forma, a partir da análise conjunta da eficiência do uso da água e qualidade do produto conseguido é possível escolher um método de manejo adequado.

Na Tabela 12 observou-se a análise de variância para eficiência na produtividade comercial de bulbos, observou-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para o fator lâmina e interação ao nível de 5% de probabilidade. Não foram observadas diferenças significativas para o fator dose de potássio a 1% de probabilidade.

Tabela 12: Análise de variância para eficiência do uso da água na produtividade comercial de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	363,0	121,01	1,36	0,265NS
Lâmina	4	2596,3	649,09	7,28	0,001**
Dose	3	379,9	126,65	1,42	0,246NS
Lâmina*Dose	12	2064,1	172,01	1,93	0,049*
Erro	57	5079,1	89,11		
Total	79	10482,5			
CV (%)		45,24			
Média geral		20,87			

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Ao avaliar o efeito de cinco lâminas de irrigação dentro de quatro doses de potássio na determinação da eficiência do uso da água da produtividade comercial (EPC), pôde-se observar uma interação significativa apenas para três destas (Tabela 13). Desta forma, a dose de 80 kg ha⁻¹ proporcionou um valor máximo de eficiência da produtividade comercial de 34,04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na lâmina de irrigação de 603,2 mm (100%), sendo a mais eficiente.

Tabela 13: Valores médios de eficiência do uso da água para a produtividade comercial de bulbos de cebola em função das diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021 Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais na linha, não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Lâmina (mm)	Eficiência do uso da água produtividade comercial (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)			
	Doses de potássio (kg ha ⁻¹)			
	80	160	240	320
417	7,07 Ab	3,58 Ab	19,06 Aa	12,60 Ab
509,2	16,71 Aab	26,47 Aa	19,90 Aa	21,21 Aab
603,2	34,04 Aa	26,35 ABa	11,16 Ba	31,37 Aab
699,4	29,55 Aa	21,24 Aab	23,64 Aa	31,84 Aa
797,2	24,09 Aab	21,37 Aab	15,65 Aa	20,48 Aab

Massaranduba (2020), avaliando a produtividade e qualidade de bulbos de cebola submetidos a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento e doses de nitrogênio, no município de São Cristóvão – SE, notou um comportamento quadrático a 1% de probabilidade para o fator lâmina em função da eficiência do uso da água para produtividade comercial de bulbos, com valor máximo de eficiência de 87,56 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na lâmina de 86,25% da Evapotranspiração da Cultura. O autor encontrou valores de eficiência do uso da água superiores e lâminas inferiores ao presente estudo.

Tosta et al. (2014), pesquisando sobre a tolerância ao déficit hídrico e eficiência do uso da água em genótipos de cebola, no Distrito Federal, com oito cultivares diferentes de cebola e cinco lâminas de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100% da ETc), notaram que a cultivar Grano TX 08 foi a que teve a maior eficiência do uso da água (EUA) para as lâminas de 100, 80 e 60% da ETc, com valores de 33.6, 34.1 e 33.9 kg ha⁻¹ mm⁻¹, superando todas as outras cultivares. Os valores de eficiência encontrados pelos autores corroboram com o do presente estudo, 34.04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para a lâmina de 603,2 mm (100%).

Vilas Boas et al. (2011), pesquisando sobre produtividade e qualidade de bulbos de cebola em função de diferentes níveis de irrigação por gotejamento e doses de potássio, em Lavras – MG, observaram que a eficiência do uso da água tinha comportamento linear crescente quando submetidos a tensões de água no solo cada vez maiores (15, 25, 35, 45, 60 e 75 KPa), obtendo um valor máximo para eficiência do uso da água de 105,1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na tensão de 75 KPa (menor lâmina de água aplicada 277mm), divergindo dos resultados encontrados no presente trabalho, onde a maior eficiência não foi conseguida com a menor lâmina.

4 CONCLUSÃO

Para as condições experimentais, a lâmina de irrigação estimada em 720 mm (131,96% da ETc) originou as maiores produtividades totais e comerciais de bulbos, mas ficando abaixo da média nacional;

As doses de potássio não afetaram significativamente as produtividades totais e comerciais de bulbos de cebola;

A menor dose de adubação potássica favoreceu o aumento da massa média de bulbos e a eficiência do uso da água das produtividades totais e comerciais de bulbos de cebolas.

Desta forma, aconselha-se que, antes de fazer a implantação da cultura da cebola observar as condições climáticas e a análise de solo das respectivas regiões, a fim de obter a lâmina de irrigação e dose de potássio ótima.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: ESA Working papers, 2012.

AL-JAMAL, M. S.; BALL, S.; SAMMIS, T. W. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Agricultural water management*, v. 46, n. 3, p. 253-266, 2001.

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.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

Agência Nacional de Águas. Água no mundo. Brasília – DF: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo#>. Acesso em: 15 mai. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2017.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe anual. Brasília – DF: ANA, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil. 2. Ed. Brasília – DF: ANA, 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-2019>. Acesso em: 21 dez.2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília: ANA, 2013, 252 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/MANUALDEProcedimentosTecnicoeAdministrativosdeOUTORGadeDireitodeUsodeRecursosHidricosdaANA.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2020.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. Washington: AOAC, p.1114, 1992.

AYARS, J. E.; FULTON, A.; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California—Here to stay?. *Agricultural Water Management*, v. 157, p. 39-47, Jul. 2015.

BACKES, C.; BÔAS, R. L. V.; GODOY, L. J. G.; VARGAS, P. F.; SANTOS, A. J. M. Determination of growth and nutrient accumulation in Bella Vista onion. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 1, p. 246-254, jan./mar., 2018.

BANDEIRA, G. R. L.; QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; COSTA N. D, SANTOS, C. A. F. Desempenho agrônômico de cultivares de cebola sob diferentes manejos de irrigação no submédio São Francisco. *Irriga, Botucatu*, v. 18, n. 1, p. 73-84, jan./mar. 2013.

BAPTESTINI, J. C. M.; OLIVEIRA, R. A.; VIDIGAL, S. M.; PUIATTI, M.; CECON, P. R. Onion productivity in relation to irrigation water depths and nitrogen doses. *Horticultura Brasileira*, v. 36, n. 1, p. 73-76, jan/mar 2018.

BARBIERI, R. L. *Cebola: ciência, arte e história*. 2. ed. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.150 p.

BARRETO, H. B. F. *Produtividade e qualidade da cebola sob níveis de irrigação por gotejamento e doses de potássio*. Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2015.

BISPO, R. C.; QUEIROZ, S. O. P. de; OLIVEIRA, G. M. de; CARVALHO, A. R. P. de; FLORES, D. S. Desempenho agrônômico de cultivares de cebola sob diferentes tensões de água no solo. *Irriga*, v. 22, n. 3, p. 485-496, julho-setembro, 2017.

BISPO, R. C.; OLIVEIRA, G. M.; QUEIROZ, S. O. P.; SANTOS, I. M. S.; PESSOA, E. S. *Produtividade da cebola sob diferentes manejos de irrigação*. *Irriga*, v. 23, n. 2, p. 262-272, abr.-jun, 2018.

BOAS, R. C. V.; PEREIRA, G. M.; JUNIOR, J. A. L.; NETO, C. F. O.; SILVA, A. L. P. *Produção e pós-colheita de duas cultivares de cebola em função da água no solo*. *Irriga*, v. 21, n. 4, p. 697-710, out/dez, 2016.