

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTIVO PARA LISIANTHUS DE CORTE CULTIVADO EM AMBIENTE PROTEGIDO

JÉSSICA DARIANE PIROLI¹; MARCIA XAVIER PEITER²; ADROALDO DIAS ROBAINA³; MARCELO ANTONIO RODRIGUES⁴; ANDERSON CRESTANI PEREIRA⁵ E LAURA DIAS FERREIRA⁶

¹ Eng. Agrônoma, Doutora em Engenharia Agrícola, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Email: jehpiroli@hotmail.com

² Eng. Agrônoma, Doutora, Professora Associada do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Email: mpeiter@gmail.com

³ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, CEP: 97195-000, Santa Maria, RS, Brasil, CEP. Email: diasrobaina@gmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria. Email: marceloarodrigues2002@yahoo.com.br

⁵ Eng. Agrônomo, Mestre, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Email: acrestanipereira@gmail.com

⁶ Eng. Agrônoma, Mestre, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Email: lauradiasferreira14@gmail.com

1 RESUMO

O lisianthus é considerado uma das espécies de maior relevância econômica no mercado nacional e internacional. Contudo, para alcançar a qualidade que o mercado exige, é necessário um manejo hídrico eficiente durante o período de produção. Uma das alternativas capaz de otimizar a eficiência no uso da água é a adição de hidrogel ao substrato, associada à irrigação. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi determinar peso fresco, consumo hídrico, eficiência do uso da água e os coeficientes de cultura do lisianthus de corte, sob o efeito combinado entre diferentes manejos de irrigação e doses de hidrogel, em ambiente protegido, em duas épocas de cultivo. O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5x4, sendo cinco lâminas de irrigação: 40, 60, 80, 100 e 120% da capacidade de retenção do vaso, e quatro doses de hidrogel (0, 3, 6 e 9 gramas por vaso). Foram utilizadas quatro repetições para cada tratamento, totalizando 80 vasos. Em conclusão, o peso fresco, consumo hídrico e a eficiência do uso da água, foram significativamente afetadas pela interação entre lâminas de irrigação e doses de hidrogel nas duas épocas de cultivo.

Palavras-chave: *Eustoma grandiflorum*, consumo hídrico, evapotranspiração, otimização de uso da água.

PIROLI, J. D.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; RODRIGUES, M. A.; PEREIRA, A. C.; FERREIRA, L. D.

EFFICIENCY OF WATER USE AND CROP COEFFICIENT FOR LISIANTHUS AS CUT FLOWER CULTIVATED IN GREENHOUSE

2 ABSTRACT

Lisianthus is considered one of the most economically important species in the national and international market. However, to achieve the quality demanded by the market, efficient water management during the production period is necessary. An alternative capable of optimizing the water use efficiency is the addition of hydrogel to the substrate, associated with irrigation. In this sense, the objective of this work was to determine fresh weight, water consumption, water use efficiency and crop coefficients of cut lisianthus under the combined effect of different irrigation management and hydrogel doses in a protected environment in two growing seasons. The design adopted was completely randomized, with a 5x4 factorial distribution, with five irrigation depths, namely: 40, 60, 80, 100, and 120% of the pot's holding capacity, and four doses of hydrogel (0, 3, 6, and 9 grams per pot). Four replicates were used for each treatment, totaling 80 pots. In conclusion, fresh weight, water consumption and water use efficiency were significantly affected by the interaction between irrigation depths and hydrogel doses in the two growing seasons.

Keywords: *Eustoma grandiflorum*, water consumption, evapotranspiration, optimization of water.

3 INTRODUÇÃO

A produção de flores e plantas ornamentais está relacionada ao alto consumo de água (GARCÍA-CAPARRÓS; LAO, 2018). Assim, a melhoria da eficiência do uso da água tornou-se uma prioridade frente a atual escassez desse recurso (DAMKJAER; TAYLOR, 2017; ZURITA et al., 2018). Nesse sentido, o cultivo em ambiente protegido é uma alternativa para a gestão eficiente dos recursos hídricos, além de influenciar no padrão de qualidade das flores de corte (SLATHIA et al., 2018).

Para alcançar a qualidade que o mercado exige, a irrigação é considerada um insumo essencial para o cultivo em ambiente protegido de culturas de alto valor agregado (CANAJ et al., 2020), como é o caso do Lisianthus (RODRÍGUEZ-SERRANO et al., 2020).

Adicionado a isso, além da gestão eficiente da irrigação, que permite auxiliar na melhor tomada de decisão, objetivando rendimento, economia de água e melhoria da eficiência do uso da água, outra técnica promissora em ambientes protegidos é o cultivo sem solo (MONTESANO et al.,

2018). Nesse sistema, o substrato tem a função de reter água e nutrientes, garantindo a disponibilidade destes para as raízes das plantas (ULLAH et al., 2017).

Outra alternativa capaz de otimizar a eficiência no uso da água é a adição de hidrogel ao substrato, associada à irrigação. Seu uso é capaz de promover um manejo hídrico mais eficiente, diminuindo os custos e aumentando os intervalos de irrigação, uma vez que a água é liberada de forma gradual para as plantas (MENDONÇA; QUERIDO; SOUSA, 2015; ABOBATTA, 2018).

Apesar do hidrogel ser amplamente utilizado na agricultura, especialmente em estudos voltados para sua aplicabilidade no segmento de silvicultura e fruticultura, as consequências técnicas e econômicas de sua utilização no cultivo de plantas ornamentais requerem estudos (LJUBOJEVIĆ et al., 2017), principalmente em ambientes protegidos.

Além disso, a abordagem de economia de água requer informações precisas sobre o uso da água pela cultura (FERNÁNDEZ-PAVÍA; TREJO-TÉLLEZ, 2019). Nesse sentido, o coeficiente de

cultura é um parâmetro para a estimativa do uso da água necessária para a realização de um manejo de irrigação eficiente.

A demanda hídrica das plantas é diferenciada de acordo com a sua fase fenológica, necessitando assim, de um coeficiente de cultura específico para cada uma das fases (SILVA et al., 2017). Contudo, atualmente na literatura científica não há descrição desse parâmetro, considerando o efeito simultâneo entre manejos de irrigação e hidrogel para a cultura do lisianthus de corte.

Esse parâmetro é dado pela razão entre evapotranspiração da cultura (ETc), que pode ser determinada de modo direto com uso de lisímetros e a evapotranspiração de referência (ETo), que por sua vez, pode ser obtida por métodos aplicados ou equações empíricas (LIMA et al., 2020).

Considerando a importância de se ampliar e aprimorar estudos sobre a necessidade hídrica em espécies de interesse econômico na floricultura, o objetivo desse trabalho foi determinar os coeficientes culturais do lisianthus de corte e avaliar a eficiência de uso da água sob o efeito combinado de diferentes manejos de irrigação e doses de hidrogel em ambiente protegido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Floricultura do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, em estufa semi-climatizada com área de 600 m² (20x30m), 3,5 metros de altura e cobertura de polietileno transparente (150 micras), em duas épocas de cultivo. A primeira época de cultivo (147 dias) ocorreu entre os meses de março a julho de 2019 e a segunda época (88 dias), de agosto a dezembro de 2019.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (HELDWEIN;

BURIOL; STRECK, (2009). A temperatura média do ar na primeira época de cultivo variou de 10° a 28° C, enquanto a umidade relativa do ar oscilou entre 58 e 95%. Na segunda época, a temperatura média do ar variou de 16 a 31°C e a umidade relativa do ar oscilou entre 65 e 95%.

A cultura utilizada foi o *Lisianthus - Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn, 'Mariachi blue', de coloração roxa. As mudas foram adquiridas da floricultura Úrsula, localizada na cidade de Nova Petrópolis/RS, que recebe as sementes da empresa Sakata Seed Corporation, com sede em São Paulo.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x4, sendo os tratamentos: cinco lâminas de irrigação com 40, 60, 80, 100 e 120% da capacidade de retenção do vaso (CRV), e quatro doses de hidrogel (0, 3, 6 e 9 gramas por vaso). Foram utilizadas quatro repetições para cada tratamento, totalizando 80 vasos. Os vasos possuem capacidade para 8 litros e possuem as seguintes dimensões: 22,5 cm de altura, 23 cm de diâmetro superior, 19 cm de diâmetro inferior.

A composição química do substrato utilizado para o preenchimento dos vasos foi a turfa hídrica, substrato a base de casca de pinus e o substrato comercial Carolina, na proporção de 2,5:1:1. Todos os vasos com 4 furos na parte inferior, para drenagem e aeração do sistema radicular.

As características do hidrogel utilizado estão descritas em Hydroplan-EB® e este foi preparado seguindo as recomendações do fabricante para substrato (1000 gramas para cada 200 litros de água), utilizando-se a formulação de 3, 6 e 9 g do produto para cada 1,2, 2,4 e 3,6 litros de água, respectivamente. Para cada tratamento, os vasos receberam a dosagem do gel expandido, e posteriormente homogeneizados com o substrato, seguidos pelo transplantio das mudas.

Para os referidos tratamentos, foram utilizadas cinco lâminas de reposição de

água em relação à CRV: 40, 60, 80, 100 e 120%.

A determinação da CRV foi realizada conforme metodologia descrita por (KÄMPF; TAKANE; SIQUEIRA, 2006). Para tal, foi usada a sentença matemática abaixo, adaptada por (SCHWAB et al., 2013):

$$PV\% = (PV_{crv} - PV_{seco}) \cdot CRV + PV_{seco} \quad (1)$$

Em que: PV% - peso do vaso para cada um dos tratamentos; PV_{crv} - capacidade de retenção de água; PV_{seco} - peso do vaso preenchido com substrato totalmente seco; CRV - lâmina de reposição de água.

Após cada irrigação a quantificação de armazenamento de água no substrato, foi obtida pelo método de balanço hídrico, contabilizando as entradas e saídas de água no vaso. A variação do armazenamento de água no vaso foi determinada por meio da

$$ET_{O(BL)} = 1,21 \times 10 \left(\frac{7,45 \times T_{med}}{234,7 + T_{med}} \right) (1 - 0,01 \times UR_{med}) + 0,21 \times T_{med} - 2,30 \quad (2)$$

Em que: $ET_{O(BL)}$ - evapotranspiração de referência segundo o método de Benevides-Lopes, mm dia⁻¹; T_{med} - Temperatura média do ar, °C; UR_{med} - Umidade relativa média diária, %.

Método de Camargo (1971):

$$ET_{O(Cam)} = K \times R_a \times T_{med} \times ND \quad (3)$$

Em que: $ET_{O(Cam)}$ - evapotranspiração de referência segundo o método de Camargo, mm dia⁻¹; K - fator de ajuste que varia com a temperatura média anual do local, °C; R_a - radiação solar extraterrestre, mm dia⁻¹; T_{med} - Temperatura média do ar, °C; ND - número de dias do período.

Método de Linacre (1977):

pesagem dos vasos em balança com capacidade de 50 kg. A irrigação foi feita manualmente, com auxílio de um balde de plástico de 20 litros e colocada em cada vaso com um becker graduado. Devido o experimento ser conduzido em ambiente protegido à única entrada de água foi por meio da irrigação com intervalo de 7 dias.

Dentre os diversos métodos de cálculo da evapotranspiração, destaca-se o método Penman-Monteith, recomendado pela FAO, no entanto o uso dessa equação foi limitada pela falta de mensuração de algumas variáveis de entrada. Nesse sentido, devido o experimento ser realizado em estufa e buscando facilitar o uso por floricultores, optou-se por determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) por meio das Equações 2, 3, 4, 5 e 6. A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida por meio de lisimetria de pesagem.

Método de Benevides e Lopez (1970):

$$ET_{O(L)} = \frac{700 \times \frac{T_m}{(100 - \phi)} + 15 \times (T_{med} - T_d)}{(80 - T_{med})} \quad (4)$$

Em que: $ET_{O(L)}$ - evapotranspiração de referência segundo o método de Linacre, mm dia⁻¹; T_{med} - temperatura média diária, °C; $T_m = T_{med} + 0,006z$, z - altitude (m); T_d - temperatura de ponto de orvalho, °C; ϕ - latitude local (graus), °.

Método de Jensen e Haise (1963):

$$ET_{O(JH)} = R_s \times (0,025 \times T_{med} + 0,078) \quad (5)$$

Em que: $ET_{O(JH)}$: evapotranspiração de referência segundo o método de Jensen-Haise, mm dia⁻¹; R_s - radiação solar global convertida em unidades de água evaporada, mm dia⁻¹; T_{med} - temperatura média diária, °C.

Método de Hargreaves (1974):

$$ET_{O(H)} = 0,408 \times 0,0023 \times (T_{med} + 17,8) * (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} * R_a \quad (6)$$

Em que: $ET_{O(H)}$: evapotranspiração de referência segundo o método de Hargreaves, $mm \text{ dia}^{-1}$; $T_{máx}$ - temperatura máxima do ar, $^{\circ}C$; $T_{mín}$ - temperatura mínima do ar, $^{\circ}C$; T_{med} - temperatura média diária, $^{\circ}C$; R_a - radiação solar extraterrestre, $mm \text{ dia}^{-1}$.

A evapotranspiração de referência foi estimada por diferentes equações buscando diminuir a variação da estimativa por metodologias existentes, aumentando a confiabilidade dos resultados. As variáveis meteorológicas necessárias para o cálculo da ET_o foram mensuradas no interior do ambiente protegido, a partir de um termohigrômetro digital, para verificar a temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar. As leituras foram realizadas diariamente obedecendo a um horário como padrão. Demais dados como a insolação e radiação solar foram obtidos da estação Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalado na UFSM.

Para a avaliação do coeficiente de cultivo (K_c), foi usado o limite de 80% da CRV. O K_c foi calculado a partir da ET_c estimada por lisimetria e ET_o estimada por diferentes equações, utilizando a Equação 7.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (7)$$

Em que: K_c é o coeficiente de cultivo para o *lisianthus* de vaso; ET_o é a evapotranspiração de referência ($mm \text{ dia}^{-1}$) e ET_c é a evapotranspiração da cultura ($mm \text{ dia}^{-1}$).

A eficiência de uso da água (EUA) foi determinada pela Equação 8, relacionando a massa fresca das hastes (Y),

e a lâmina total de água aplicada, durante o ciclo da cultura (ET_c).

$$EUA = \frac{Y}{ET_c} \quad (8)$$

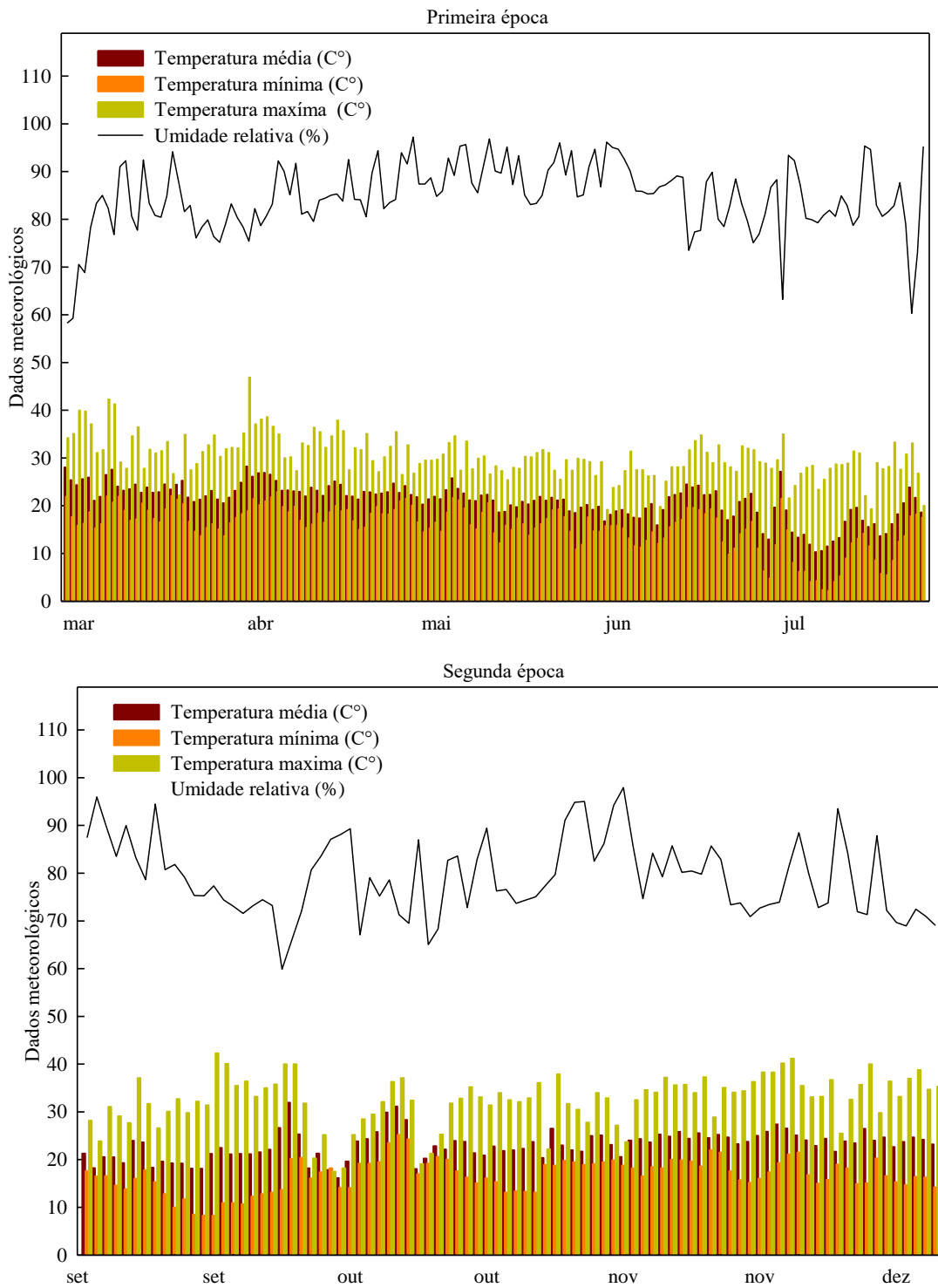
Onde: EUA é a eficiência de uso da água ($g \cdot mm^{-1}$); Y: massa fresca das hastes (g) e ET_c é a evapotranspiração da cultura ($mm \text{ ciclo}^{-1}$).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variância através do teste de Lavene, por fim os dados foram submetidos a análise de variância adotando probabilidade máxima de erro tipo I de 5%, utilizando o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). Quando observado interação significativa entre os fatores lâmina de irrigação e doses de hidrogel, foram produzidos gráficos de superfície resposta pelo programa SigmaPlot 12.5.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo fenológico do *lisianthus* de corte, na primeira época de cultivo, foi mais longo em relação à segunda época, devido possivelmente às diferentes condições meteorológicas, sobretudo relacionadas a temperatura do ar dentro da estrutura nas diferentes épocas (Figura 1). Em particular, as temperaturas do ar mais elevadas no início ciclo da cultura provavelmente levaram a um desenvolvimento mais lento da planta. A média de temperatura do ar na primeira e segunda época de cultivo foi de $20^{\circ}C$ e $23^{\circ}C$, respectivamente. A faixa de temperatura do ar ideal para o *lisianthus* é de 15° a $25^{\circ}C$, embora possa suportar temperaturas mais elevadas (AHMAD et al., 2017).

Figura 1. Dados de temperatura (mínima e máxima) e umidade relativa média nas duas épocas de cultivo.



O peso fresco (PF), consumo hídrico (CH) e a eficiência do uso da água (EUA) foram significativamente afetados pela interação entre lâminas de irrigação e doses de hidrogel nas duas épocas de cultivo (Figura 2). Nesse sentido, foram construídos gráficos de superfície resposta, para visualizar a interação entre variáveis significativas e seus valores ideais.

Como mostrado, uma diminuição da lâmina de irrigação e dose de hidrogel foi correlacionada com a redução do PF e do CH. A melhor resposta para PF foi observada com as lâminas de 84,4 e 86,5% da CRV e com a dose de 7,2 e 8,1 g de hidrogel, para a primeira e segunda época de cultivo, respectivamente, atingindo valores de até 60g nas duas épocas de cultivo (Figura 2A e 2B).

Contudo, na segunda época de cultivo, quando a temperatura estava mais elevada, especialmente no final do ciclo, quando atingiu 56 dias de temperatura do ar acima do ideal para a cultura do *lisianthus* (15-25°C), o hidrogel teve maior influência no peso fresco em relação a primeira época, que obteve 36 dias de temperatura do ar acima do ideal. Essa avaliação demonstra que o hidrogel contribui diretamente para a retenção de água no substrato e, conseqüentemente causa um atraso nos sintomas de estresse hídrico.

As lâminas de 110,1 e 117,3% da CRV e doses de 8,5 e 8,8 g de hidrogel,

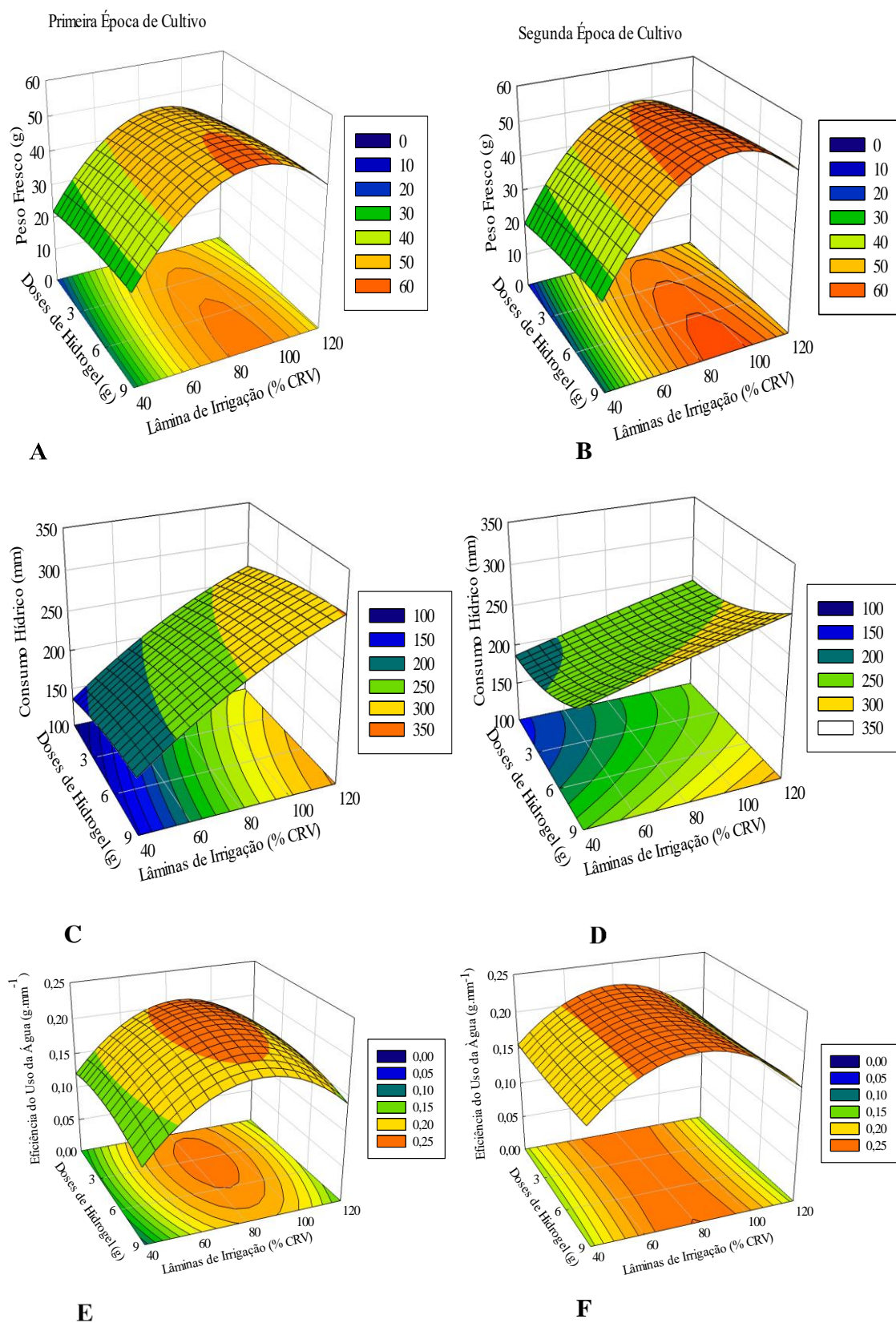
respectivamente para o primeiro e segundo cultivo, foi a combinação que apresentou maior CH (Figura 2C e 2D). Esse resultado é indicativo da contribuição dos tratamentos utilizados em relação à manutenção da umidade do solo, sendo esse fator de suma importância para as flores de corte, que possuem sistema radicular limitado ao espaço do vaso e demandam grande disponibilidade de água.

Esse resultado é corroborado por Ju, Yoon e Ju (2021) e Tomadoni et al. (2020), no qual os autores verificaram que a adição do hidrogel influenciaram na retenção de umidade do substrato.

No que se refere a EUA (Figura 2E e 2F), foi observado que as lâminas de 82,4 e 85,6% da CRV e doses de hidrogel de 4,6 e 5,6 g, respectivamente, para a primeira e segunda época de cultivo apresentaram melhores resultados.

Em razão da irrigação ser aplicada diretamente sobre a base da planta, observou-se uma redução nas perdas evaporativas da água aplicada, mesmo nas menores lâminas de reposição testadas. Essa intensificação da eficiência de aplicação da água, influenciou a resposta do hidrogel, maximizando a EUA. Resultados semelhantes foram descritos por Matos Filho, Silva, Bastos (2020), Kassim, El-Koly, Hosny (2017) e Navroski et al. (2015), em que obtiveram maior EUA com a utilização do hidrogel.

Figura 2. Gráficos de superfície resposta dos parâmetros de peso fresco, consumo hídrico e eficiência do uso da água da cultura em função das interações desenvolvidas entre as lâminas de irrigação e doses de hidrogel nas duas épocas de cultivo.



Portanto, o hidrogel é uma opção conveniente e economicamente viável em áreas com déficit hídrico, visto que os polímeros retentores de água possibilitam o retardamento da ocorrência e intensidade do déficit hídrico (FELIPPE et al., 2020). Contudo, embora o hidrogel tenha contribuído para melhorar as variáveis do presente estudo, o que realmente configurou melhores resultados foram as lâminas de irrigação testadas.

Esse comportamento está de acordo com o encontrado por Nascimento et al. (2021), em que ressaltaram que a eficiência dos polímeros superabsorventes é afetada pela água de irrigação aplicada e também pela temperatura do ar e do solo.

Cultivos em ambientes protegidos existem diferenças em termos de clima e estrutura. Por outro lado, existem inúmeras limitações na medição de alguns dos parâmetros meteorológicos internos.

Consequentemente, o desempenho dos métodos de estimativa de ETo pode diferir para qualquer condição e requer calibração local (RAHIMIKHOOB; SOHRABI; DELSHAD, 2020).

De acordo com a Tabela 1, notou-se uma variação do Kc ao longo do ciclo da cultura, ocorrendo menores valores de coeficiente de cultura durante a fase inicial de desenvolvimento, com valores de Kc médio para as distintas equações de 0,61 e 0,75 (VEG 1) e 1,28 e 1,04 (VEG 2), no primeiro e segundo cultivo, respectivamente. Isso ocorre em decorrência da menor transpiração pelas plantas nesse período e pela dependência dos fatores ambientais, especialmente pela evaporação da água do substrato, o que resultou em valores maiores de ETo e menores ETc, originando um Kc inicialmente menor do que em outras fases (SILVA et al., 2018).

Tabela 1. Coeficiente de cultivo do *lisianthus* de corte nas duas épocas de cultivo.

Primeira Época de Cultivo									
Coeficiente de Cultivo									
DAT	FASE	Amplitude					Etc	Média	(mm dia-1)
		Ha	Ca	Li	J-H	B-L			
0-37	VEG I	0,88	0,54	0,55	0,60	0,49	0,16	0,61	1,94
37-73	IF I	1,75	0,96	1,12	1,55	1,03	0,35	1,28	3,18
73-110	PF I	2,13	1,20	1,29	2,15	1,30	0,48	1,61	3,28
110-147	QF I	1,20	0,87	0,80	1,28	0,98	0,21	1,03	1,97
Segunda Época de Cultivo									
Coeficiente de Cultivo									
DAT	FASE	Amplitude					Etc	Média	(mm dia-1)
		Ha	Ca	Li	J-H	B-L			
0-22	VEG I	0,99	0,69	0,56	0,83	0,68	0,16	0,75	2,26
22-44	IF I	1,61	0,91	0,72	1,11	0,86	0,34	1,04	3,13
44-66	PF I	2,04	1,14	1,04	1,40	1,11	0,41	1,34	4,07
66-88	QF I	1,30	0,85	0,67	0,76	0,73	0,25	0,86	3,06

DAT: dias após transplante, Ha: Hargreaves, Ca: Camargo, Li: Linacre, J-H: Jensen Hayse, B-L: Benevides Lopez, Kc: coeficiente cultural, ETc: evapotranspiração da cultura média diária, VEG1: início a metade da fase vegetativa, VEG2: metade até ao final da fase vegetativa, PF: Pleno florescimento, QF: queda do florescimento.

Observou-se que os valores de coeficientes culturais (K_c 's) são crescentes acompanhando o desenvolvimento da cultura até a fase PF, onde atingem seu ápice com um valor médio para os distintos K_c 's de 1,61 e 1,34 para o primeiro e segundo cultivo, respectivamente.

Posteriormente, devido a redução da demanda hídrica foi possível observar que os valores de K_c 's diminuem progressivamente na fase de queda de florescimento (QF I), com valores médio de K_c 's para a primeira e segunda época de 1,03 e 0,86, respectivamente. Isso ocorre em resposta à redução da demanda hídrica da cultura. Além disso, é possível observar que na primeira época, os valores de umidade relativa e temperatura do ar foram mais elevados e ocorreram picos durante certos períodos do ciclo da cultura, o que possivelmente contribuiu para o aumento nos valores de K_c 's em relação a segunda época.

Corroborando com essas observações, Silva et al. (2017), relatam diferença nos valores de K_c 's estimados por distintas metodologias e atribuem essa oscilação ao fato de cada metodologia considerar número distinto de variáveis na estimativa do valor de ETo estimado, o que resultará em valores de K_c heterogêneos entre os métodos considerados no trabalho. A sensibilidade da estimativa da ETo em resposta a oscilação de uma determinada variável meteorológica é condicionada ao modelo matemático de cálculo considerado para a estimativa da ETo , desta forma, é justificável que ocorra diferença de maior ou menor amplitude de K_c 's entre as épocas de cultivo consideradas.

Neste contexto, torna-se importante a determinação do K_c para cada ciclo da cultura considerado nas diferentes estações do ano. Adicionado a isso, Piroli et al. (2020), relatam que o coeficiente de cultura é um valor característico de cada cultivar, variando conforme o local de estudo e as condições em que a cultura é submetida.

Comprovando esse comportamento, dos Santos et al. (2021), relataram diferenças nos valores de K_c 's encontrados em função do método utilizado nas estimativas da ETo e ETo e principalmente em resposta as condições climáticas da região considerada.

Essas diferenças encontradas sugerem uma relação direta com o manejo da irrigação e uso racional da água, pois a utilização dos K_c 's obtidos pelos métodos empíricos resultará em aplicações de lâminas de irrigação em maior ou menor quantidade, tendo em vista que todos apresentaram em algumas fases valores próximos e em outras fases valores distintos.

6 CONCLUSÃO

A melhor resposta para peso fresco, consumo hídrico e eficiência do uso da água para a cultura do *lisianthus* na primeira época foi observada com as lâminas entre 82,4 e 110,1% da CRV e doses de hidrogel entre 4,6 e 8,5 g de hidrogel.

Na segunda época, os melhores resultados para as mesmas variáveis foram observados com as lâminas entre 85,6 e 117,3% da CRV e doses entre 5,6 e 8,8 g de hidrogel.

Os valores médios do coeficiente de cultura do *lisianthus* de corte, na fase vegetativa, para as distintas equações foi de 0,61 e 0,75 (VEG 1) e 1,28 e 1,04 (VEG 2), no primeiro e segundo cultivo, respectivamente.

No florescimento, o K_c atingiu valores 1,61 e 1,34 para o primeiro e segundo cultivo, respectivamente e diminuiu com a queda do florescimento, com valores para a primeira e segunda época de 1,03 e 0,86, respectivamente.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

da Universidade Federal de Santa Maria e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de pós-graduação ao primeiro autor.

8 REFERÊNCIAS

- ABOBATTA, W. Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. **Advances in Agriculture and Environmental Science**, Budapeste, v. 1, n. 2, p. 59-64, 2018.
- AHMAD, H.; RAHUL, S. K.; MAHBUBA, S.; JAHAN, M. R.; UDDIN, A. F. M. J. EVALUATION OF LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) LINES FOR COMMERCIAL PRODUCTION IN BANGLADESH. **International Journal of Business, Social and Scientific Research**, Dhaka, v. 5, n. 4, p. 156-167, 2017.
- BENEVIDES, J. G.; LOPEZ, D. Formula para el cálculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al tropico (15° N - 15° S). **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 20, n. 5, p. 335-345, 1970.
- CAMARGO, A. P. **Balanço hídrico no estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas: IAC, 1971. 24 p. (Boletim, n. 116).
- CANAJ, K.; MEHMETI, A.; CANTORE, V.; TODOROVIĆ, M. LCA of tomato greenhouse production using spatially differentiated life cycle impact assessment indicators: an Albanian case study. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 27, n. 7, p. 6960-6970, 2020.
- DAMKJAER, S.; TAYLOR, R. The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. **Ambio**, Estocolmo, v. 46, n. 5, p. 513-531, 2017.
- FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; AGUIAR, N. S.; PEREIRA, M. O.; MORAES, C.; AMARAL, M. Crescimento, sobrevivência e trocas gasosas em plantas de *Eucalyptus dunnii* Maiden submetidas a regimes de irrigação e aplicação de hidrogel. **Revista Florestal Mesoamericana Kurú**, Lages, v. 17, n. 40, p. 11-20, 2020.
- FERNÁNDEZ-PAVÍA, Y. L.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Biología, importancia económica y principales líneas de investigación en lisianthus: una especie ornamental nativa de México. **Agroproductividad**, Texcoco, v. 11, n. 8, p. 177-182, 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LAO, M. T. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. **Scientia horticultrae**, Amsterda, v. 240, p. 430-439, 2018.
- HARGREAVES, G. H. Estimation of potential and crop evapotranspiration. **Transactions of the ASAE**, Roma, v. 17, n. 4, p. 701-704, 1974.
- HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 43-58, 2009.
- JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, Reston, v. 4, n. 1, p. 15-41, 1963. Disponível em: <https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/1249/1/27.pdf>. Acesso em: 26/11/20.

- JU, J. H.; YOON, Y. H.; JU, S. Y. Influence of Substrates and Hydrogels on Spearmint (*Mentha spicata*) Growth and Flowering in a Rooftop Garden. **HortScience**, Denver, v. 56, n. 6, p. 629-633, 2021.
- KASSIM, F. S.; EL-KOLY, M. F.; HOSNY, S. S. Evaluation of super absorbent polymer application on yield, and water use efficiency of grand nain banana plant. **Middle East Journal of Agriculture Research**, Giza, v. 6, n. 1, p. 188-198, 2017.
- KÄMPF, A. N.; TÄKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: Técnicas de preparo de substratos**. Brasília, DF: LK, 2006. 132 p.
- LIMA, M. B.; DAMASCENO, F. A.; SILVA, D. S.; ARAÚJO RODRIGUES, M.; DOS SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo do amendoim BR 1 para o Agreste Alagoano. **South American Sciences**, Arapiraca, v. 1, n. 2, p. e2082-e2082, 2020.
- LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Sydney, v. 18, n. 6, p. 409-424, 1977.
- LJUBOJEVIĆ, M.; OGNJANOV, V.; MAKSIMOVIĆ, I.; ČUKANOVIĆ, J.; DULIĆ, J.; SZABÒ, Z.; SZABÒ, E. Effects of Hydrogel on Growth and Visual Damage of Ornamental *Salvia* Species Exposed to Salinity. **CLEAN–Soil, Air, Water**, Barcelona, v. 45, n. 2, p. 1600128, 2017.
- MATOS FILHO, H. A.; SILVA, C. A.; BASTOS, A. V. S. Níveis de irrigação associados a doses de hidrogel na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 3906-3918, 2020.
- MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D. C. M.; SOUSA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 4, p. 239-245, 2015.
- MONTESANO, F.; VAN IERSEL, M.; BOARI, F.; CANTORE, V.; D'AMATO, G.; PARENTE, A. Sensor-based irrigation management of soilless basil using a new smart irrigation system: Effects of set-point on plant physiological responses and crop performance. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 203, p. 20-29, 2018.
- NASCIMENTO, C. D. V.; SIMMONS, R. W.; FEITOSA, J. P. A.; DIAS, C. T. S.; COSTA, M. C. G. Potential of superabsorbent hydrogels to improve agriculture under abiotic stresses. **Journal of Arid Environments**, Oxford, v. 189, p. 104496, 2021.
- NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. D. S.; BERGHETTI, Á.; PEREIRA, M. D. O. Hidrogel enables use of reduction of irrigation and improves the initial growth of *Eucalyptus dunnii* Maiden seedlings. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015.
- PIROLI, J. D.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; RODRIGUES, M. A.; FERREIRA, L. D.; BORTOLÁS, F. A.; BRUNING, J. Crop coefficient of cut gerbera with water supplementation in a protected environment. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Piracicaba, v. 15, n. 1, 2020. DOI: 10.5039/agraria.v15i1a7652. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/340280859_Crop_coefficient_of_cut_gerbe>

ra_with_water_supplementation_in_a_protected_environment>. Acesso em: 27/07/21.

RAHIMIKHOOB, H.; SOHRABI, T.; DELSHAD, M. Assessment of reference evapotranspiration estimation methods in controlled greenhouse conditions. **Irrigation Science**, New York, v. 38, n. 4, p. 389-400, 2020.

RODRÍGUEZ-SERRANO, D.; LARA-VIVEROS, F. M.; SÁNCHEZ-HERRERA, S. G.; AGUADO RODRÍGUEZ, G. J. Uso de imágenes digitales para evaluar la respuesta colorimétrica de plantas de lisianthus, en soluciones nutritivas en sistemas hidropónicos. **Revista Terra Latinoamerica**, Chapingo, v. 38, n. 3, p. 499-506, 2020.

SANTOS, M. A. L.; VALÉRIA, T.; SILVA, J. C.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S. Coeficiente de cultivo para cenoura sob a perspectiva de diferentes modelos matemáticos da evapotranspiração de referência. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 134-150, 2021.

SCHWAB, N. T.; PEITER, M. X.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A.; ROBAINA, A. D.; FERRAZ, R. C. Consumo hídrico de cravina submetida a diferentes estratégias de irrigação e tamanhos de vaso. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 328-336, 2013.

SLATHIA, D.; NISA, M. U.; RESHI, M., DOLKAR, T.; HUSSAIN, S. Protected cultivation of ornamentals. **Global Journal of Bio-Science and BioTechnology**, Country, v. 7, n. 2, p. 302-311, 2018.

SILVA, J. C. D.; SILVA, C. B. D.; SANTOS, D. P. D.; SANTOS, M. A. L. D.; OLIVEIRA, W. J. D.; REIS, L. S. Evapotranspiration and crop coefficient of the irrigated carrot on the alagoano

agrest. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 4, p. 297-305, 2018.

SILVA, P. F.; SILVA, C. B.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S.; SANTOS, M. A. L.; SILVA, J. C. Determinação do coeficiente de cultivo da cultura do pimentão (*Capsicum annum*) por meio do lisímetro de drenagem. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 7, p. 2040-2051, 2017.

TOMADONI, B.; SALCEDO, M. F.; MANSILLA, A. Y.; CASALONGUÉ, C. A.; ALVAREZ, V. A. Macroporous alginate-based hydrogels to control soil substrate moisture: Effect on lettuce plants under drought stress. **European Polymer Journal**, Gent, v. 137, p. 109-953, 2020. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2020.109953. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014305720316670>>. Acesso em: 26/12/19.

ULLAH, I.; HANPING, M.; CHUAN, Z.; JAVED, Q.; AZEEM, A. Optimization of irrigation and nutrient concentration based on economic returns, substrate salt accumulation and water use efficiency for tomato in greenhouse. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Berlin, v. 63, n. 12, p. 1748-1762, 2017.

ZURITA, M. D. L.; THOMSEN, D. C.; HOLBROOK, N. J.; SMITH, T. F.; LYTH, A.; MUNRO, P. G.; BRUIN, A.; SEDDAIU, G.; ROGGERO, P. P.; BAIRD, J.; PLUMMER, R.; BULLOCK, R.; COLLINS, K. K.; POWELL, N. Global water governance and climate change: Identifying innovative arrangements for adaptive transformation. **Water**, Basel, v. 10, n. 1, p. 10-29, 2018.