

Consumo hídrico e desenvolvimento da cravina-chinesa cultivada em diferentes teores de Cu no solo

Janine Farias Menegas¹, Rogério Antônio Bellé¹, Alexandre Swarowsky², Fernanda Alice Antonello Londero Backes¹, Richard Alberto Rodríguez Padrón³

¹Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Fitotecnia.

²Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

³Universidade da República do Uruguai. CENUR Litoral Norte.

E-mail autor correspondente: janine_rs@hotmail.com

Artigo enviado em 12/03/2018, aceito em 28/02/2019.

Resumo: Na floricultura, a eficiência no sistema recipiente-água-plantas está diretamente relacionada com o manejo de irrigação e as condições nutricionais do substrato. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo hídrico e desenvolvimento da cravina-chinesa cultivada em vaso, submetida ao manejo de irrigação e teores de cobre no solo. O experimento foi realizado na casa de vegetação, com delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4, três lâminas de irrigação (40, 60 e 80% da capacidade de retenção de água no vaso - CRA) e quatro doses de cobre (zero, 250, 500 e 750 mg kg⁻¹). Avaliou-se os parâmetros biométricos das plantas de cravina-chinesa, os conteúdos dos nutrientes (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B e Mo) em matéria seca e o monitoramento do consumo hídrico por 90 dias, com o intervalo de aferição de três dias. O consumo hídrico da cravina-chinesa foi de 0,42; 0,72 e 0,91 mm dia⁻¹ para as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente, sendo este semelhante entre os diferentes teores de cobre adicionados no solo. O desenvolvimento vegetativo da cravina-chinesa foi afetado pelas diferentes lâminas de irrigação, sobretudo, na floração. E, o incremento de Cu no solo não afetou o desenvolvimento vegetal e florífero da cravina-chinesa mesmo em baixa disponibilidade hídrica.

Palavras-chave: *Dianthus chinensis* L., balanço hídrico, partição de nutrientes, floricultura.

Water consumption and development of china-pink cultivated in different levels of Cu in soil

Abstract: In floriculture, efficiency in the vessel-water-plant system is directly related to irrigation management and nutrient conditions of the substrate. Thus, the objective of this work was to evaluate the water consumption and the development of china-pink in vessel, submitted to irrigation management and soil copper content. The experiment was carried out in a greenhouse, with a completely randomized design, in a 3x4 factorial scheme, three irrigation slides (40, 60 and 80% of water retention capacity in the vessel - CRA) and four doses of copper (zero, 250, 500 and 750 mg kg⁻¹). The content of the nutrients (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B and Mo) in dry matter was monitored biometrically and the water consumption was monitoring of water consumption for 90 days, with the interval of three days. The water consumption of china-pink was 0.42; 0.72 and 0.91 mm dia⁻¹ for the 40, 60 and 80% CRA slabs, respectively, being similar among the different levels of copper added in the soil. The vegetative development of

china-pink was affected by the different irrigation blades, especially in flowering. And, the increase of Cu in the soil did not affect the plant and floriferous development of the china-pink even in low water availability.

Key words: *Dianthus chinensis* L., water balance, nutrient partitioning, floriculture.

Introdução

Na floricultura, a irrigação e a escolha do substrato são as práticas de manejo mais importantes, especialmente, no cultivo envasado, em virtude da limitação hídrica e espacial para o crescimento e desenvolvimento das raízes, diferentemente das condições de cultivo em canteiros, o qual aumenta o risco de murcha e de perda de folhas induzindo a senescência precoce da planta (KÄMPF; TAKANE; SIQUEIRA, 2006; PARIZI et al., 2010). A correta disponibilidade de água para as plantas possibilita a programação do calendário de cultivo anual, maximizando a eficiência e uso da água na irrigação e na fertirrigação, mantendo um balanço hídrico favorável (PEREIRA et al., 2005; SOARES et al., 2012).

O substrato proporciona as plantas estrutura física e química necessárias para o seu pleno desenvolvimento, onde a sua eficiência está relacionada com manejo nutricional no sistema recipiente-água-planta (TAKANE et al., 2013). Os nutrientes (macro e micro) desempenham funções importantes no metabolismo, sendo essenciais para plena função biológica, exercendo influência de um sobre o outro, conforme as suas interações, entretanto, a concentração limítrofe do dano ao benefício depende da absorção dos mesmos por cada espécie (OORTS, 2013; ZANCHETA et al., 2011).

Entre os micronutrientes essenciais o cobre (Cu) atua diretamente sobre a bioquímica e procedimentos fisiológicos vegetais, em nível celular e molecular resultando na desativação de

enzimas e nos bloqueios dos grupos funcionais de moléculas metabolicamente importantes, reduzindo organelas celulares impedindo a fotossíntese (BARKER; PILBEAN, 2016; TAIZ; ZEIGER, 2009). No solo o Cu é pouco móvel e a sua dinâmica no sistema solo-planta é bastante complexa e afetada por inúmeros fatores do meio e, em quantidades excessivas permanece em superfície provocando disfunções e distúrbios na planta o que inibe seu crescimento e, conseqüentemente perdas na produção (ARIAS et al., 2014; CASALI et al., 2008). Impactando, diretamente, na floração, devido às alterações dos mecanismos bioquímicos e morfofisiológicos das plantas, inclusive no aproveitamento hídrico (KÄMPF; TAKANE; SIQUEIRA, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

As espécies da família Caryophyllaceae adaptam-se bem a solos pobres, ácidos e com altas concentrações de Cu (SIMONA et al., 2012), além de apresentar tolerância ao estresse hídrico (SCHAWB et al., 2013). Entre as espécies destaca-se o *Dianthus chinensis* L., conhecido popularmente como cravina-de-jardim ou cravina-chinesa, distingue-se pela exuberância e coloração de suas flores, originária da Ásia e Europa, planta herbácea perene, entouceirada, ereta, 30-40 cm de altura (LORENZI, 2013).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo hídrico e o desenvolvimento da cravina-chinesa cultivada em vaso, submetida ao manejo de irrigação e teores de cobre no solo.

Material e métodos

O experimento foi realizado, em 2014, na casa de vegetação do Setor de Floricultura do Departamento de Fitotecnia da UFSM, localizado em Santa Maria, RS (29°43' S; 53°43' W e altitude de 95m). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3 (teores de Cu adicionados no solo e manejo de irrigação), com cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais. O fator A foi composto por doses de Cu, adicionados, por quilo de solo, nas quantidades de 00 (sem adição), 250, 500 e 750 mg kg⁻¹ de CuSO₄, sendo que 100 mg de CuSO₄.5H₂O possui 63,9% de Cu. O fator D foi composto pelo manejo de irrigação, com o fornecimento de lâminas de água nas porcentagens de 40, 60 e 80% da capacidade de retenção de água no vaso (CRA).

O solo utilizado foi coletado em área vitivinícola, com 75 anos de cultivo, no município de Pinto Bandeira, RS, localizado na Serra Gaúcha, na profundidade de 0-20 cm, classificado como Cambissolo Húmico. A análise

química do solo antes do cultivo, realizada no Laboratório de Solos da UFSM (LAS-UFSM), apresentou as seguintes características: argila 19%; matéria orgânica 3,8%; textura 4; pH água(1:1) 6,2; índice SMP 6,3; CTC_{efet} 9,8; CTC_{pH 7} 22,9; saturação de bases 86,5%; saturação por Al zero; Ca 15 cmol_c dm⁻³; Mg 4,2 cmol_c dm⁻³; S 13 mg dm⁻³; P-Mehlich 22,8 mg dm⁻³; K 216 mg dm⁻³; Cu 188,7 mg dm⁻³; Zn 21 mg dm⁻³; B 0,3 mg dm⁻³.

A semeadura da cravina-chinesa, variedade Carmine Rose, foi em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com duas sementes por alvéolo, em substrato comercial H-Decker®. As bandejas foram dispostas na casa de vegetação, com irrigações diárias. Após 15 dias da semeadura, transplantaram-se as mudas nos vasos plásticos número 15 (1,3 L de volume; 14,5 cm de diâmetro e 12 cm de altura), com distribuição aleatória sobre as bancadas, com espaçamento de 10 vasos m⁻².

A determinação da CRA utilizando solo como substrato, ocorreu conforme a metodologia descrita por Kämpf, Takane e Siqueira (2006), obtida pela Equação:

$$CRA_{total} = P_2 - P_1 \quad (1)$$

Em que:

P₂ (g) = massa do vaso + massa do solo + massa da água

P₁ (g) = massa do vaso + massa do solo seco

Equivalendo a água a 1g a 1 mL.

A partir, da CRA_{total} foram obtidas os manejos de irrigação com as porcentagens de 40, 60 e 80% da CRA_{total}, conforme a fórmula descrita por Mello (2006) e adaptada, expressa na Equação:

$$PV_{n\%} = (CRA_{total} * n\%) + PV_{seco} \quad (2)$$

Em que:

PV_{n%} é a massa do vaso para cada tratamento (g)

CRA_{total} é a capacidade total de retenção de água no vaso (g)

n% é o limite estipulado para cada manejo de irrigação da CRA_{total}

PV_{seco} é a massa do vaso preenchido com solo seco (g).

As massas dos vasos para cada tratamento resultaram em: $PV_{40\%} = 1.200$ g para o tratamento de 40% CRA; $PV_{60\%} = 1.310$ g para o tratamento de 60% CRA e $PV_{80\%} = 1.420$ g para o tratamento de 80% CRA, estes valores atribuídos por tratamento foram utilizados para a tomada do balanço hídrico.

O monitoramento dos dados para o balanço hídrico iniciou três dias após o

plantio, permanecendo até o encerramento do experimento, totalizando 90 dias de cultivo (do plantio a colheita), com o intervalo de tempo de aferição dos vasos de três dias ($\Delta t=3$). Para a avaliação do consumo hídrico (balanço hídrico) da cultura de cravina-chinesa para cada recipiente utilizou-se a Equação:

$$E_{tr} = \sum_{i=1}^L M_i - \sum_{i=1}^L M_{i+1} + I \quad (3)$$

Em que:

E_{tr} é a evapotranspiração real da planta em vaso

M_i é a massa do solo e da água contida no vaso

M_{i+1} é a massa do solo e água remanescente após Δt

I é a irrigação aplicada no vaso no intervalo de tempo

i é o índice que representa o intervalo de tempo considerado para o balanço.

A drenagem e o escoamento superficial foram desconsiderados, pois o experimento foi realizado em recipientes e a irrigação máxima foi menor que a CRA_{total} , não havendo percolação e nem saturação nos vasos. A variação do armazenamento de água no vaso ($M_i - M_{i+1}$) ocorreu por meio da pesagem dos vasos em balança de capacidade de 5 kg. Os valores de consumo de água obtidos pela diferença de peso ($g \text{ dia}^{-1}$) foram transformados em valores correspondentes à lâmina de água ($mm \text{ dia}^{-1}$) através de multiplicações pela área do vaso. A reposição hídrica foi realizada de forma manual até atingir a massa estipulada por tratamento, mantendo os limites da CRA. A água utilizada ($\sim 100\%$) foi da chuva, captada e armazenada em baldes, descartando-se o primeiro volume.

Avaliou-se a altura média da planta, número de hastes florais e flores, comprimento radicular, fitomassa fresca da parte aérea e radicular por planta. A secagem das plantas ocorreu em estufa

de ventilação forçada a 65° C até atingir peso constante, para determinação da fitomassa seca. Na sequência as subamostras do material vegetal seco foram trituradas em moinho tipo Willey e submetidas à digestão nítrico-perclórica e a quantificação das concentrações dos elementos Cu (cobre), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Fe (ferro), Mn (manganês), Zn (zinco), B (boro) e Mo (molibdênio) nos tecidos vegetais (parte aérea e radicular) foram efetuadas por espectrofotometria de absorção atômica, no Laboratório de Absorção e Emissão Atômica da Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo (USP). Os teores de Cu no solo após o cultivo foram determinados por análise química no LAS-UFSM.

Durante o experimento foram monitoradas as variáveis meteorológicas temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar, junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no localizado no *Campus* da

UFSM. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), testando a interação entre dois fatores A e D (teores de Cu adicionados no solo e manejo de irrigação, Tabela 1), pelo

teste F, com 5% de probabilidade de erro. Sendo esta não significativa (^{ns}), foram realizadas análises de regressão para os fatores A e D de forma independente.

Tabela 1. P-valor da análise de variância (ANOVA) dos parâmetros observados.

Fatores de Variação		Fator A	Fator D	Interação Ax D	Erro	CV (%)
Graus de Liberdade		3	2	6	48	-
p-valor	Consumo hídrico acumulado	0,2099	0,0000	0,2199		9,04
	Eficiência e uso da água	0,7167	0,0337	0,4788		8,62
	Altura média da planta	0,0010	0,0000	0,8492		7,84
	Número médio de haste foliar	0,4619	0,0000	0,1004		13,29
	Comprimento máximo de raiz	0,0001	0,0360	0,1820		6,85
	Número médio de flores	0,0000	0,4023	0,4023		11,85
	Fitomassa fresca da parte aérea	0,0000	0,6006	0,6006		7,83
	Fitomassa fresca da parte aérea	0,0000	0,8272	0,9302		8,89
	Fitomassa seca da parte aérea	0,0000	0,0762	0,0699		21,22
	Fitomassa seca das raízes	0,0000	0,0699	0,2077		21,06
	B Parte aérea	0,0002	0,0390	0,1019		7,96
	B Parte radicular	0,0000	0,0032	0,2469		9,09
	Ca Parte aérea	0,0000	0,0004	0,1541		8,06
	Ca Parte radicular	0,1430	0,0002	0,1941		7,55
	Cu Parte aérea	0,0000	0,0002	0,1122		7,89
	Cu Parte radicular	0,0000	0,0001	0,0709		7,59
	Fe Parte aérea	0,0000	0,0005	0,1642		17,67
	Fe Parte radicular	0,0000	0,0002	0,0638		8,10
	K Parte aérea	0,0001	0,0002	0,0912		7,81
	K Parte radicular	0,0000	0,0003	0,1958		9,55
	Mg Parte aérea	0,0000	0,0003	0,1370		9,96
	Mg Parte radicular	0,0838	0,0002	0,1475		7,49
	Mn Parte aérea	0,0000	0,0000	0,0000		0,00
	Mn Parte radicular	0,0000	0,0026	0,0610		11,04
	Mo Parte aérea	0,0000	0,0000	0,0000		0,00
	Mo Parte radicular	0,0000	0,0019	0,1223		10,48
	P Parte aérea	0,0000	0,0001	0,6320		10,02
	P Parte radicular	0,0012	0,0005	0,0687		8,92
	Zn Parte aérea	0,0000	0,0002	0,0838		7,97
	Zn Parte radicular	0,0000	0,0002	0,0634		7,47

CV: coeficiente de variação.

Resultados e discussão

No período de condução do experimento a amplitude térmica média do ar registrada no interior da casa de vegetação foi de 27,3 e 13,0° C de máxima e de mínima, respectivamente, e, umidade relativa média foi de 92,5% (Figura 1a e 1b). Segundo Sakata Ornamentals (2011), a faixa térmica de

crescimento ótimo para cravina-chinesa é de 17,0 a 20,0° C. Observou-se durante todo o ciclo de cultivo que as plantas de cravina-chinesa mantiveram-se túrgidas, mesmo nos períodos de temperatura acima da faixa térmica ótima supracitada.

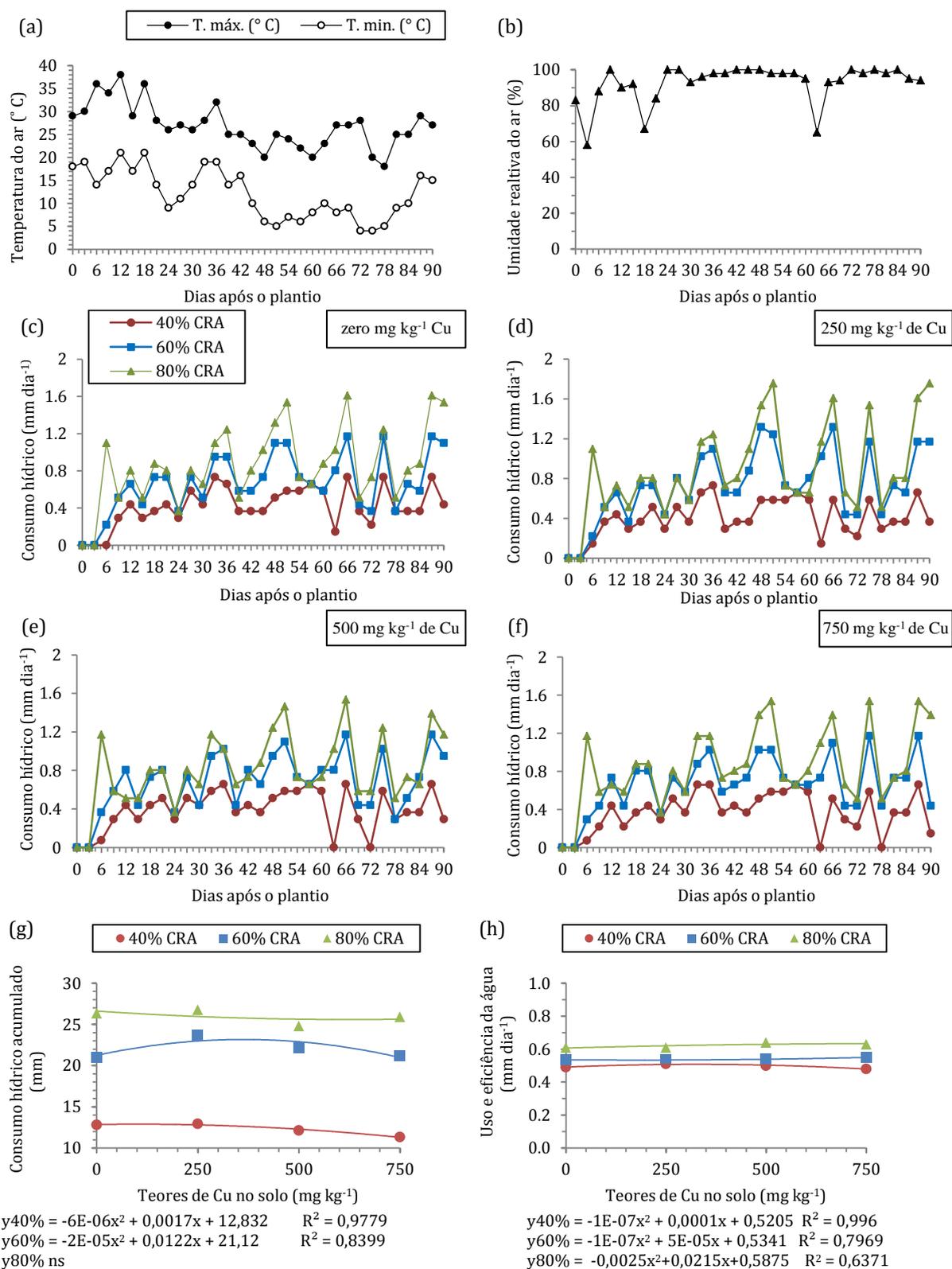


Figura 1. Temperaturas do ar máxima e mínima (a), umidade relativa do ar (b), consumo hídrico de 40, 60 e 80% CRA (capacidade de retenção de água no vaso) em função dos teores de Cu adicionado no solo: zero (c), 250 (d), 500 (e) 750 mg kg^{-1} (f), consumo hídrico acumulado (g) e uso e eficiência da água (h) de cravina-chinesa (*Dianthus chinensis* L.). ns: não significativo

Verificou-se que os diferentes teores de Cu adicionados no solo, não interferiram no consumo hídrico da cultura, sendo estes semelhantes dentro de cada lâmina de irrigação adotada. Perfazendo um consumo hídrico médio diário da cravina-chinesa nos diferentes teores de Cu adicionados no solo foi de 0,42; 0,72 e 0,91 mm dia⁻¹ para as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente.

Ludwig et al. (2013) cultivando gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) verificaram que conforme é reduzida a disponibilidade hídrica, aumenta a dificuldade na absorção da água, afetando a floração. Uma vez que, durante o período de déficit hídrico há ajuste da condutividade estomatal para a manutenção do turgor na planta (SILVA et al., 2013; TAIZ; ZEIGER, 2009).

O consumo hídrico médio acumulado da cravina-chinesa nos valores de 12,3, 22,0 e 26,0 mm vaso⁻¹ para as lâminas de irrigação de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente (Figura 1g). Pois, a deficiência hídrica nas plantas, afeta diretamente o potencial do consumo hídrico e, conseqüentemente, os mecanismos e processos fisiológicos relacionados ao crescimento vegetal (GONÇALVES et al., 2009; SOARES et al., 2012). Contudo, Rego (2009) estudando a cultura do crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzelev) concluiu que a eficiência do uso da água com a utilização da menor lâmina, neste caso 50% da CRA, não reduziu a produtividade da cultura e possibilitou uma economia de água.

O uso e a eficiência da água de irrigação, relação da fitomassa seca da

parte aérea e o consumo hídrico acumulado, foi mais eficiente no aproveitamento hídrico para a produção de fitomassa seca para de 80% CRA em todos os teores de Cu adicionados no solo, resultando nas médias de 0,50; 0,54 e 0,62 g mm⁻¹ para as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente (Figura 1h).

Em geral, verificou-se que houve um aumento constante no consumo hídrico da cravina-chinesa, em todos os tratamentos, sendo este mais acentuado próximo ao final do ciclo de cultivo. E, ao longo do ciclo de cultivo as lâminas de irrigação de 60 e 80% CRA apresentaram maior variação que a lâmina de 40% da CRA, para todos os teores de Cu, repercutindo no desenvolvimento das plantas, sobretudo, na floração (Figura 2).

Este fato pode ser atribuído em função do aumento crescente da fitomassa, da disponibilidade hídrica do solo no recipiente e das variações das condições ambientais, pois a demanda hídrica da planta é distinta em cada estágio fenológico, visando à manutenção dos seus processos fisiológicos, sobretudo, no sistema fonte-dreno (SILVA et al., 2013; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Nossos resultados foram semelhantes aos relatados por Schawb et al. (2013), em relação ao desempenho hídrico da cravina-de-corte (*Dianthus hybrida* cv. 'Melody') cultivada em vaso com substrato de casca de arroz carbonizado, onde atribuiu-se o incremento do desenvolvimento vegetal pelo aumento na intensidade dos processos transpiratórios da planta.

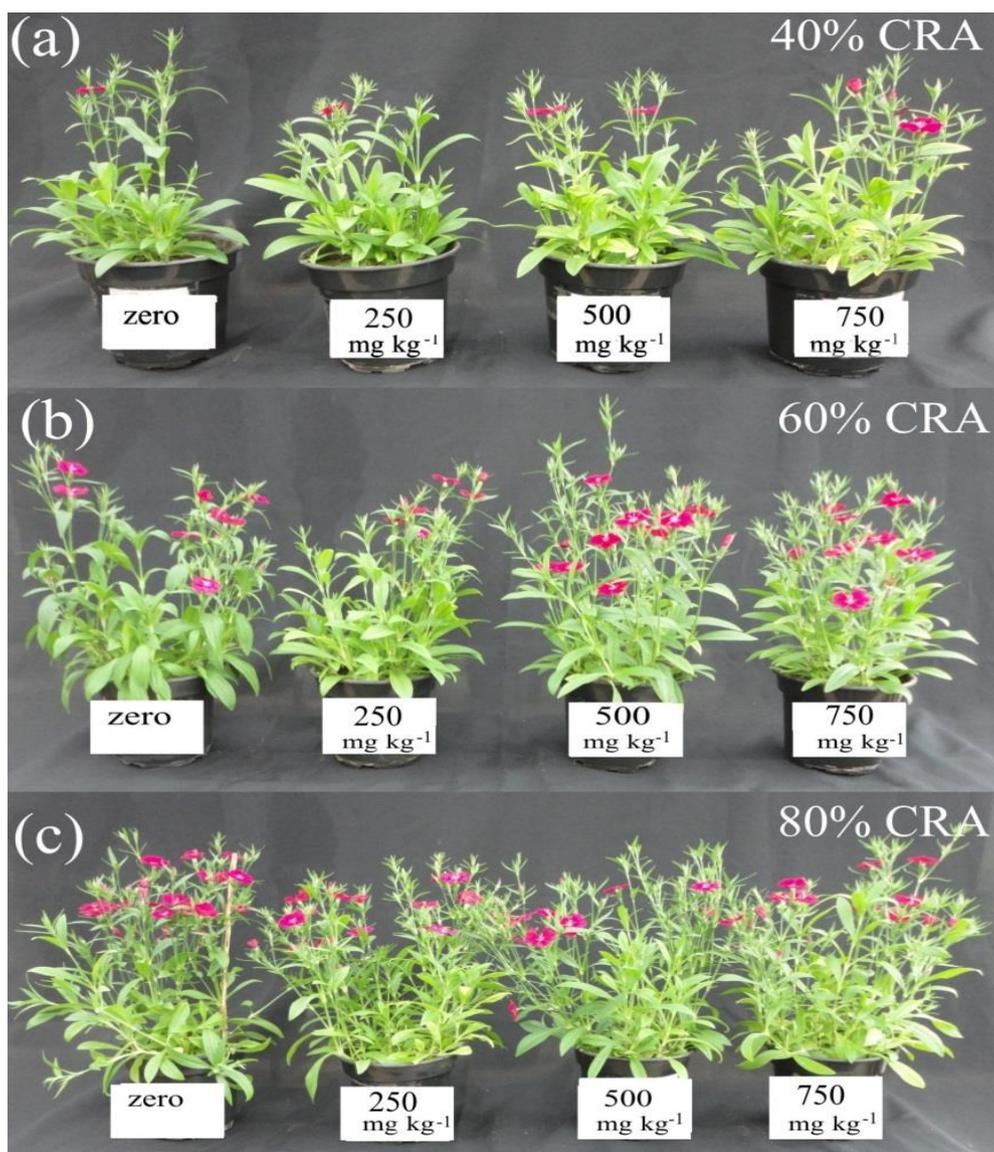


Figura 2. Cravina- chinesa (*Dianthus chinensis* L.) sob manejo de irrigação de 40 (a), 60 (b) e 80% (c) da capacidade de retenção de água no vaso (CRA) em função dos teores de Cu adicionados no solo (00, 250, 500 e 750 mg kg⁻¹) em plena floração (65 após a semeadura).

Foto: MENEGAES, J. F. (2014).

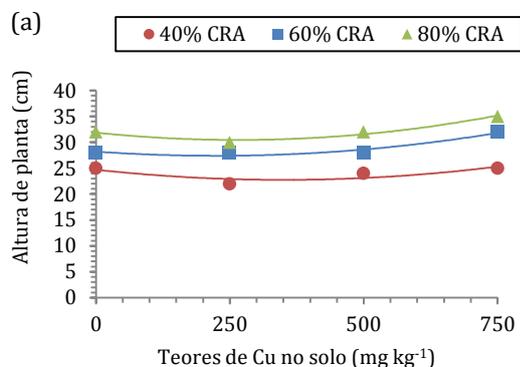
A altura das plantas da cravina-chinesa foi similar para os diferentes teores de Cu dentro de cada lâmina de irrigação adotada (Figura 3a), de forma, crescente conforme o aumento da disponibilidade hídrica. Com médias de 24,0; 29,0 e 32,3 cm para as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente. Este dados corroboram com o estudo de Álvarez et al. (2009), que cultivando cravo (*Dianthus caryophyllus* Linn) em

vaso com fornecimento de 35, 50 e 70% da CRA constatou que a altura da planta foi crescente conforme a disponibilidade de água no vaso.

Os números de hastes foliares da cravina-chinesa foram constantes entre os diferentes teores de Cu para as lâminas de 40 e 60% da CRA e decrescente para a lâmina de 80% da CRA. As médias do número de hastes foliares foram de

20,2; 26,3 e 29,0 para as lâminas de 40,

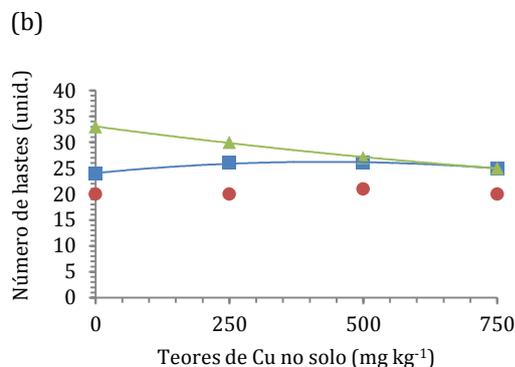
60 e 80% da CRA, respectivamente.



$$y_{40\%} = 2\text{E-}05x^2 - 0,0132x + 24,846 \quad R^2 = 0,7982$$

$$y_{60\%} = 2\text{E-}05x^2 - 0,0084x + 28,146 \quad R^2 = 0,9085$$

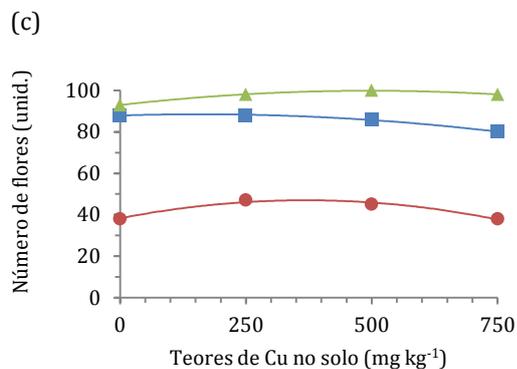
$$y_{80\%} = 3\text{E-}05x^2 - 0,0132x + 31,939 \quad R^2 = 0,9851$$



$$y_{40\%} \text{ ns}$$

$$y_{60\%} = -1\text{E-}05x^2 + 0,0105x + 24,002 \quad R^2 = 0,9999$$

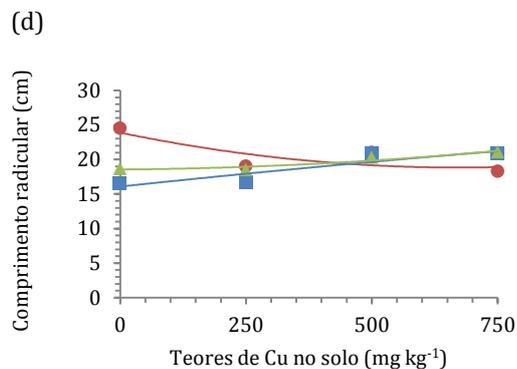
$$y_{80\%} = -1\text{E-}06x^2 - 0,0108x + 33,066 \quad R^2 = 0,9939$$



$$y_{40\%} = -7\text{E-}05x^2 + 0,0511x + 38,051 \quad R^2 = 0,9981$$

$$y_{60\%} = -3\text{E-}05x^2 + 0,0111x + 87,912 \quad R^2 = 0,9908$$

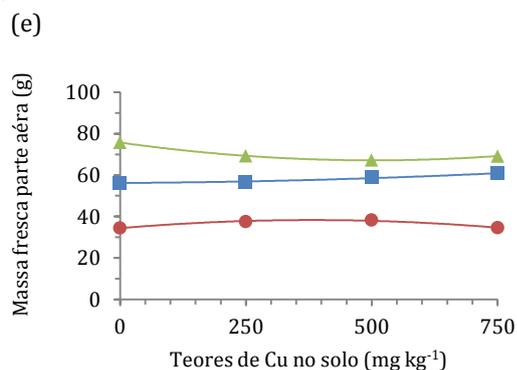
$$y_{80\%} = -3\text{E-}05x^2 + 0,0268x + 92,893 \quad R^2 = 0,9779$$



$$y_{40\%} = 2\text{E-}05x^2 - 0,0208x + 25,3 \quad R^2 = 0,7421$$

$$y_{60\%} = -2\text{E-}06x^2 + 0,0085x + 16,125 \quad R^2 = 0,8454$$

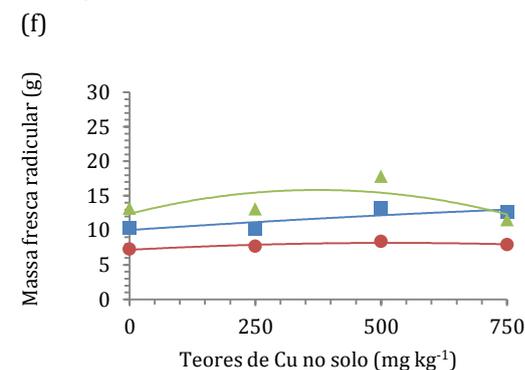
$$y_{80\%} = 4\text{E-}06x^2 + 0,0006x + 18,4 \quad R^2 = 0,9556$$



$$y_{40\%} = -3\text{E-}05x^2 + 0,0213x + 34,338 \quad R^2 = 0,9386$$

$$y_{60\%} = 1\text{E-}05x^2 - 0,0012x + 56,26 \quad R^2 = 0,9607$$

$$y_{80\%} = 3\text{E-}05x^2 - 0,0332x + 75,829 \quad R^2 = 0,9943$$



$$y_{40\%} = -3\text{E-}06x^2 + 0,0034x + 7,1994 \quad R^2 = 0,7505$$

$$y_{60\%} = 2\text{E-}06x^2 + 0,0026x + 10,16 \quad R^2 = 0,6516$$

$$y_{80\%} \text{ ns}$$

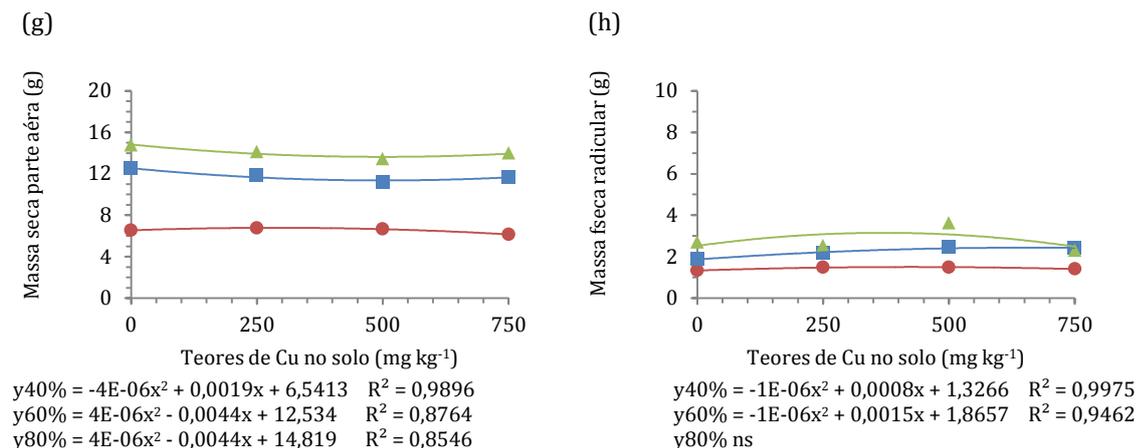


Figura 3. Altura média da planta (a), número de haste foliar (b), número de flores (c), comprimento radicular (d), massa fresca da parte aérea (e), massa fresca radicular (f), massa seca da parte aérea (g) e massa seca radicular (h) de cravina-chinesa (*Dianthus chinensis* L.). ns: não significativo.

Nossos resultados são semelhantes aos de Parizi et al. (2010) e Ludwig et al. (2013) que avaliando diferentes lâminas de irrigação para a cultura do kalanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln.) e da gérbera (*Gerbera jamesonii* L.), respectivamente, concluíram que houve o aumento do número de folhas, conforme o incremento de água disponível no vaso.

A média do número de flores da cravina-chinesa por vaso foi de 42,1; 83,4 e 97,6, conforme as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente. Isto indica que o florescimento da cravina-chinesa foi maior conforme o aumento da disponibilidade hídrica, onde a expressão da floração ocorreu na lâmina de máxima disponibilidade hídrica (Figura 2).

O comprimento radicular foi similar entre todos os tratamentos, em virtude da limitação física imposta pelo recipiente de cultivo. Obtendo médias de 20,7; 18,7 e 19,7 cm para as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente (Figura 3d).

O acúmulo de fitomassa da parte aérea (folhas, hastes e flores) da

cravina-chinesa foi maior conforme o fornecimento hídrico, o que favoreceu o crescimento e desenvolvimento pleno das plantas, sobretudo, nos tratamentos com 80% CRA, para todos os teores de Cu adicionados no solo. E, a relação fitomassa fresca e matéria seca das raízes, nos diferentes teores de Cu, obtiveram desempenhos similares, com umidade média de 81,7; 79,6 e 79,8% para as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente.

A partição dos conteúdos médios para P, K, Ca e Mg (Figura 4) foram próximos aos estipulados por Malavolta (2006) para as espécies do gênero *Dianthus*, com faixa de teores foliares entre 2,5 a 8,0 g kg⁻¹ para P e Mg; 28 a 60 g kg⁻¹ para K e 10 a 20 g kg⁻¹ para Ca, como ideais para o seu pleno desenvolvimento. Com médias de 2,3; 23,9; 11,0 e 3,6 g kg⁻¹ em fitomassa seca em parte aérea para P, K, Ca e Mg, respectivamente. E, para parte radicular foi de 1,5; 10,3; 7,3 e 3,2 g kg⁻¹ para P, K, Ca e Mg, respectivamente.

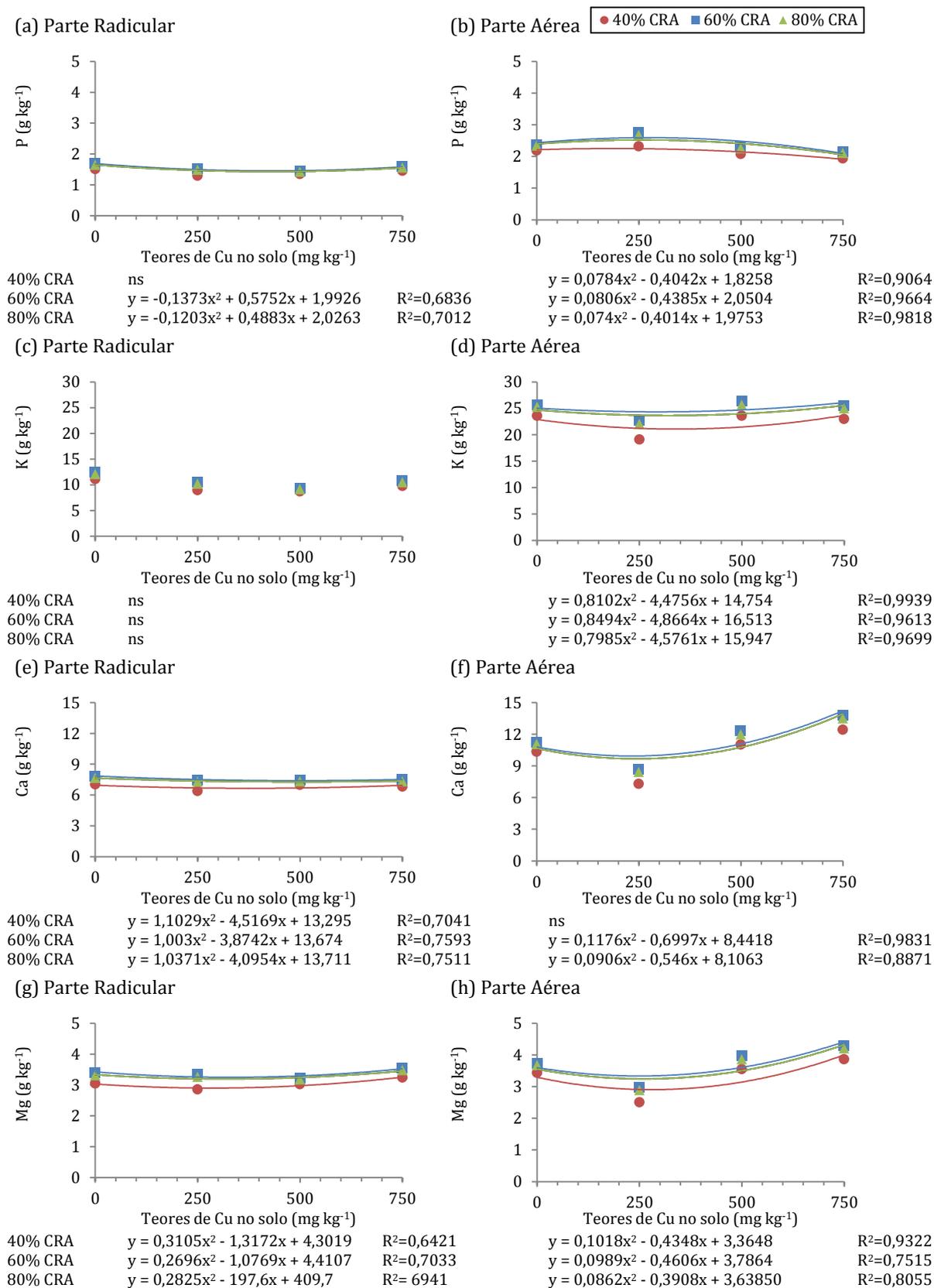


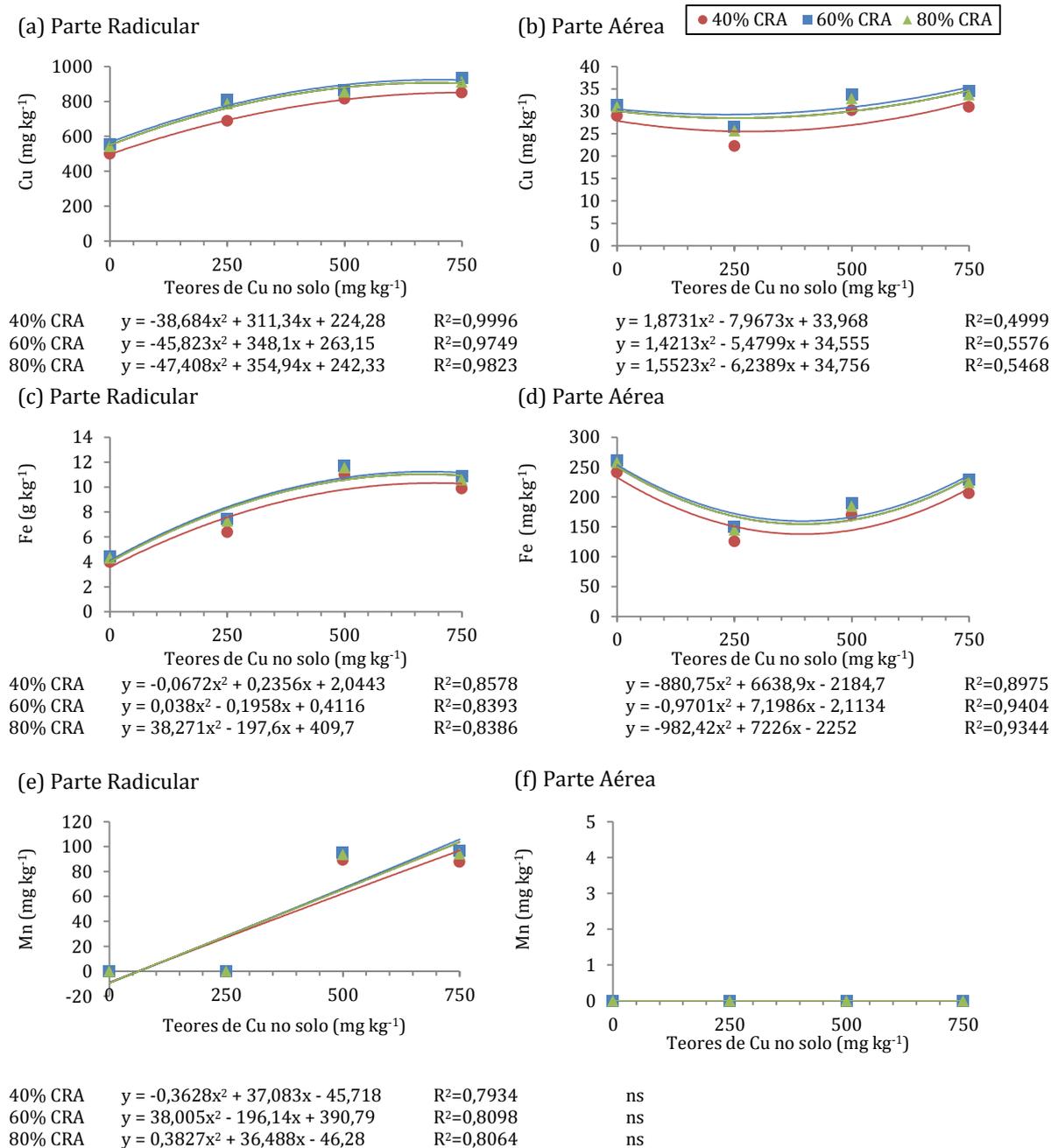
Figura 4. Partição dos nutrientes P (fósforo; a, b), K (potássio; c, d), Ca (cálcio; e, f) e Mg (magnésio; g, h) na fitomassa seca parte aérea e radicular de cravina-chinesa (*Dianthus chinensis* L.) sob manejo de irrigação de 40, 60 e 80% da CRA (capacidade de retenção de

água no vaso) em função dos teores de Cu adicionados no solo (sem adição, 250, 500 e 750 mg kg⁻¹). ns: não significativo.

Em geral, observou-se uma similaridade do acúmulo de P, K, Ca e Mg na parte radicular em todos os teores de Cu adicionados no solo, bem como nos manejos de irrigação adotado. Tendência, também, observado na parte aérea.

Observou-se que a partição do conteúdo de Cu na fitomassa seca, em

média foi de 30,1 e 758,5 mg kg⁻¹ de Cu concentrado na parte aérea e nas raízes, respectivamente, com a proporcionalidade de 1:25 (Figuras 5a e 5b). O acúmulo de Cu na matéria seca radicular da cravina-chinesa indicou uma baixa translocação deste elemento na planta, entre a parte radicular e parte aérea.



... continua

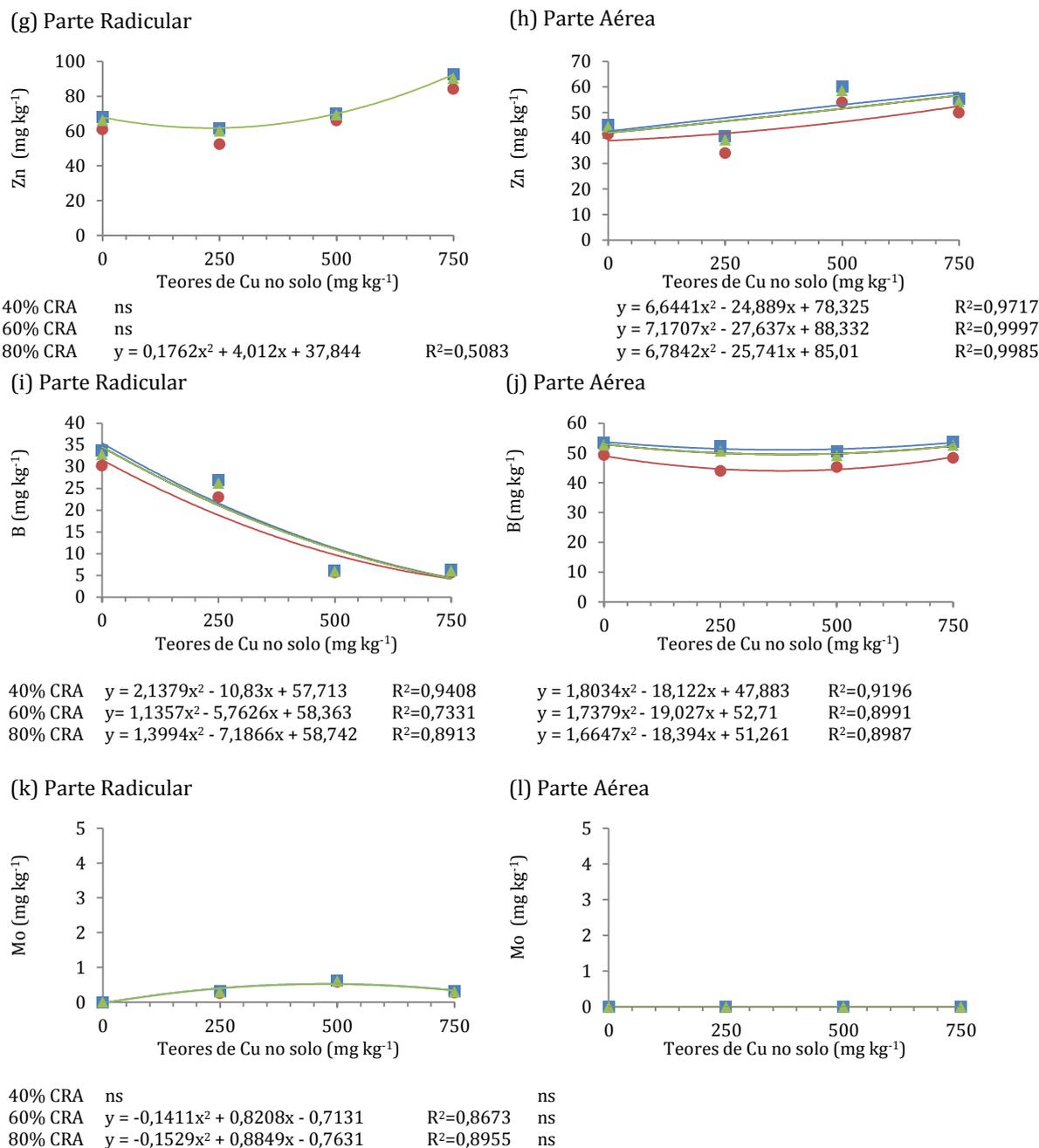


Figura 5. Partição dos nutrientes Cu (cobre; a, b), Fe (ferro; c, d), Mn (manganês; e, f), Zn (zinco; g, h), B (boro; i, j) e Mo (molibdênio; k, l) na fitomassa seca parte aérea e radicular de cravina-de-jardim (*Dianthus chinensis* L.) sob manejo de irrigação de 40, 60 e 80% da CRA (capacidade de retenção de água no vaso) em função dos teores de Cu adicionados no solo (sem adição, 250, 500 e 750 mg kg⁻¹). ns: não significativo.

Corroborando com a pesquisa de Andrezza et al. (2015) que ao cultivar picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e tanchagem (*Plantago lanceolata* Lann.) em solo de área vitivinícola com excesso de Cu, também localizado na Serra

Gaúcha, observaram baixa translocação deste elemento nas plantas estudadas. Zancheta et al. (2011) ressaltam que o Cu tende a acumular nas raízes devido a sua baixa mobilidade, em que a demasiada retenção deste elemento nas

raízes pode ser um indicativo de tolerância da planta ao mesmo quando em excesso no solo.

Observou-se alto acúmulo de conteúdo de Fe nos tecidos vegetais, com valores médios de médios de 0,2 e 8,6 g kg⁻¹ em fitomassa das partes aérea e radicular, respectivamente, com a proporcionalidade de 1:42 (Figuras 5c e 5d). Barker e Pilbean (2016) relata que valores acima de 500 mg kg⁻¹ de Fe na matéria seca causam sintomas de fitotoxicidade e, Prado (2008) diz que a principal característica de toxidez por Fe é o escurecimento da raízes, contudo, estes sintomas não foram observados no cultivo de cravina-chinesa.

A partição do conteúdo médio acumulado de Mn em fitomassa da parte aérea e radicular foi zero e 46,4 mg kg⁻¹, respectivamente (Figuras 5e e 5f). Malavolta (2006) ressalta que Fe em altas concentrações em matéria seca pode atuar como antagonista na absorção de Mn pelas raízes, podendo causar clorose internerval foliar (PRADO, 2008), o que não foi observado durante o nosso cultivo.

Verificou-se que a partição do conteúdo médio de Zn em parte aérea e radicular foi de 48,1 e 70,2 mg kg⁻¹, respectivamente (Figuras 5g e 5h). Barker e Pilbean (2016) em média a exigência nutricional de Zn pelas plantas é de 20 mg kg⁻¹. Zhuang et al. (2007) cultivando cravina-chinesa atos teores de Zn no solo verificaram o acúmulo de 282 e 228 mg kg⁻¹ de Zn na matéria seca em parte aérea e radicular, respectivamente, sem prejuízo morfofisiológico durante o cultivo.

O conteúdo médio acumulado de B foi decrescente com incremento de Cu no solo submetido ao manejo de irrigação, em que a sua partição foi de 50,1 e 17,3 mg kg⁻¹ em parte aérea e radicular, respectivamente (Figuras 5i e 5j). O boro apesar da sua baixa mobilidade torna-se disponível e é

absorvido pela planta com pH próximo de 6,0 (MALAVOLTA, 2006), o que pode explicar o acúmulo de B na fitomassa seca da cravina-chinesa.

O Mo foi o micronutriente com menor expressão acumulativa na fitomassa seca da cravina-chinesa com zero e 0,3 mg kg⁻¹ em parte aérea e radicular, respectivamente (Figuras 5k e 5l). Malavolta (2006) ressalta que em altas concentrações de Cu e Fe em matéria seca pode proporcionar interações antagonistas na absorção de Mo pelas raízes, apesar da baixa (0,03 a 3,5 mg kg⁻¹) fitoessenciabilidade deste nutriente, sua falta pode causar danos no crescimento e desenvolvimento da planta, sobretudo, nas atividades de nitrogenase e fixação de nitrogênio.

O crescimento e o desenvolvimento das plantas dependem da interação de vários componentes do manejo de cultivo, no nosso caso, o cultivo de cravina-chinesa em diferentes teores de Cu no solo e manejos de irrigação. Avaliando-se separadamente cada nutriente (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B e Mo) na matéria seca da cravina-chinesa pode-se verificar que houve uma influência recíproca de um nutriente sobre o outro para o desenvolvimento da planta, mesmo em casos de baixa disponibilidade hídrica.

Conclusão

Os diferentes teores de Cu adicionados no solo não causaram danos morfofisiológicos no desenvolvimento das plantas de cravina-chinesa. Já o consumo hídrico desta espécie foi semelhante entre os diferentes teores de Cu adicionados no solo e, distinto entre as diferentes lâminas de irrigação, havendo um incremento da demanda hídrica ao longo do ciclo de cultivo. E, a floração da cravina-chinesa foi maior conforme a disponibilidade hídrica no vaso.

Referências

- ÁLVAREZ, S.; NAVARRO, A.; BAÑÓN, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Regulated deficit irrigation in potted dianthus plants: effects of severe and moderate water stress on growth and physiological responses. **Scientia Horticulturae**, v.122, n.4, p.579-585. 2009.
- ANDREAZZA, R.; BORTOLON, L., PIENIZ, S.; BENTO, F. M.; CAMARGO, F. A. O. Evaluation of two Brazilian indigenous plants for phytostabilization and phytoremediation of copper-contaminated soils. **Brazilian Journal of Biology**, v.75, n.1, p. 868-877. 2015.
- ARIAS, M.; LÓPEZ, E.; FERNÁNDEZ, D.; SOTO, B. Copper distribution and dynamics in acid vineyard soils treated with copper-based fungicides. **Journals Soil Science**, Baltimore, v. 169, n.11, p.796-805, 2004.
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D.J. **Handbook of Plant Nutrition**. London: RC Press, 2016 - 632 p.
- CASALI, C.A.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G.; CORCINI, A. L. M.; KAMINSKI, J.; MELO, J. W. B. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1479-1487, 2008.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. 132p.
- LORENZI, H. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. Nova Odessa. Instituto Plantarum, 2013.1120p.
- LUDWIG, F.; GUERRERO, A. C.; GONÇALVES, S. O.; FERNANDES, D. M.; BÔAS, L. V. Lâminas de fertirrigação e substratos na produção e qualidade de gérbera de vaso. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 635-646, 2013.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MELLO, R. P. **Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- OORTS, K. Copper. In: ALLOWAY, B. J. (Ed.) **Heavy Metals in Soils - trace metals and metalloids in soils and their bioavailability**. 3th Edition Springer Environmental Pollution. V. 22. 2013. p. 367-394.
- PARIZI, A. R. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; SOARES, F. C.; VIVAN, G. A.; RAMÃO, C. J. Níveis de irrigação na cultura do kalanchoe cultivado em ambiente protegido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 854-861, 2010.
- PEREIRA, J. R. D.; CARVALHO, J. D. A.; MIGUEL, D. S.; SANTANA, M. J. Consumo de água pela cultura do crisântemo cultivada em ambiente protegido. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, São Paulo, v. 25, n.3, p. 651-659, 2005.
- PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008, 408p.
- REGO, J. L.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; ARAÚJO, W. F.; FURLAN, R. A.;

BASTOS, F. G. C. Produtividade de crisântemo em função de níveis de irrigação. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 045-048, 2009.

SAKATA ORNAMENTALS. **Dianthus Diamond**. 2011. Disponível em: <<http://www.sakataornamentals.com/cLib/image/plants/PDF-3277.pdf>>. Acessado em: 27 nov. 2014

SCHWAB, N. T.; PEITER, M. X.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L.; 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.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013.

SIMONA, L.; CERASELA, P.; LAZAR, A.; MARIA, B. Influence of growth regulators on morphogenetic processes under in vitro condition. **Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology**, v. 16, n. 2, p. 197-202, 2012.

SOARES, F. C.; MELLO, R. P.; PEITER, M. X.; BELLÉ, R. A.; ROBAINA, A. D.; VIVAN, G. A.; PARIZI, A. R. C. Consumo de água pela cultura do lírio, cultivado em substratos alternativos em condições de ambiente protegido. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.6, p.1001-1006, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artemed. 2009. 848p.

ZANCHETA, A. C. F.; ABREU, C. A.; ZAMBROSI, F. C. B.; ERISMANN, N. M.; LAGÔA, A. M. A. M. Fitoextração de cobre por espécies de plantas em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 737-744, 2011.

ZHUANG, P.; YANG, Q. W.; WANG, H. B.; SHU, W. S. Phytoextraction of heavy metals by eight plant species in the field. **Water Air Soil Pollut**, v. 184, p. 135-242, 2007.