

## CONSUMO HÍDRICO DE CALLA LILY SUBMETIDA AO MANEJO DE IRRIGAÇÃO VIA SOLO E TEORES DE COBRE<sup>1</sup>

JANINE FARIAS MENEGAES<sup>2</sup>; ALEXANDRE SWAROWSKY<sup>3</sup>; FERNANDA ALICE ANTONELLO LONDERO BACKES<sup>4</sup>; ROGÉRIO ANTONIO BELLÉ<sup>4</sup> E HÉLCIO JOSÉ IZÁRIO FILHO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Manuscrito referente a parte da Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola de Janine Farias Menegaes.

<sup>2</sup> Eng. Agrônoma, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, Prédio 42, Sala 3325, CEP 97.105-900, Santa Maria, RS, Brasil. janine\_rs@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutor, Professor do PPGEA, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, Prédio 42, Sala 3325, CEP 97.105-900, Santa Maria, RS, Brasil. aleswar@gmail.com

<sup>4</sup> Doutor(a), Professor(a) do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, Prédio 42, Sala 3325, CEP 97.105-900, Santa Maria, RS, Brasil. fernanda@bakes.com.br; rogeriobelle@gmail.com

<sup>5</sup> Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo (USP), Estrada Municipal do Campinho, s/nº - Campinho, Lorena - SP, 12602-810, Brasil. helcio@dequi.eel.usp.br

### 1 RESUMO

Na floricultura as interações do sistema solo-planta-água refletem, diretamente, na qualidade do produto final, em que a compreensão destas relações auxilia no entendimento dos mecanismos de resposta da planta. Com o presente trabalho objetivou-se avaliar o desenvolvimento e o consumo hídrico da calla lily (*Zantedeschia* spp.) submetida a diferentes manejos de irrigação e teores de Cu (cobre), sendo cultivada em solo de áreas vitivinícolas com excesso desse nutriente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3 (teores de Cu: zero, 300, 500 e 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub> e manejo de irrigação: 40, 60 e 80% da capacidade de retenção de água no vaso (CRA)), com cinco repetições. O balanço hídrico foi realizado em intervalo de três dias e, o solo utilizado foi coletado no município de Pinto Bandeira, RS, localizado na Serra Gaúcha, em área vitivinícola. O experimento foi realizado no período de outubro de 2013 a março de 2014, em casa de vegetação, em Santa Maria, RS. Verificou-se que os teores do Cu adicionados ao solo não interferiram no consumo hídrico diário da calla lily, obtendo médias diárias de 0,5, 0,8 e 1,2 mm dia<sup>-1</sup> para as lâminas de 40, 60 e 80% da CRA, respectivamente. Calla lily pode ser cultivada em ambientes com altos teores de Cu, pois a planta apresenta tolerância ao mesmo.

**Palavras-chave:** *Zantedeschia* spp., Floricultura, Balanço hídrico, Áreas vitivinícolas.

MENEGAES, J. F.; SWAROWSKY, A.; BACKES, F. A. A. L.; BELLÉ, R. A.; IZÁRIO FILHO, H. J.

CALLA LILY WATER CONSUMPTION SUBMITTED TO THE MANAGEMENT OF IRRIGATION VIA SOIL AND COPPER LEVELS<sup>1</sup>

### 2 ABSTRACT

Recebido em 05/05/2015 e aprovado para publicação em 08/03/2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p74-86>

In floriculture, the interactions of the soil-plant-water system directly reflect the quality of the final product, in which the understanding of these relationships helps in understanding the response mechanisms of the plant. The objective of this work was to evaluate the development and water consumption of calla lily (*Zantedeschia* spp.) Submitted to different irrigation management and Cu (copper) levels, being cultivated in soil of winegrowing areas with excess of this nutrient. The experimental design was completely randomized, in a 4x3 factorial scheme (Cu levels: zero, 300, 500 and 700 mg kg<sup>-1</sup> of CuSO<sub>4</sub> and irrigation management: 40, 60 and 80% of water retention capacity in the vessel (CRA), with five repetitions. The water balance was performed in three days interval, and the soil used was collected in the municipality of Pinto Bandeira, RS, located in the Serra Gaúcha, in the wine area. The experiment was carried out from October 2013 to March 2014, in a greenhouse, in Santa Maria, RS. It was verified that the Cu contents added to the soil did not interfere in the daily water consumption of calla lily, obtaining daily averages of 0.5, 0.8 and 1.2 mm day<sup>-1</sup> for the 40, 60 and 80% of the CRA, respectively. Calla lily can be grown in environments with high levels of Cu, since the plant tolerates it.

**Keywords:** *Zantedeschia* spp., Floriculture, Water balance, Wine-growing areas.

### 3 INTRODUÇÃO

O agronegócio florícola brasileiro é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial do setor, com 90% da produção em propriedades de pequeno porte, com aproximadamente, 1,8 hectares. Ao longo dos últimos anos, a floricultura nacional vem adquirindo notável desenvolvimento e se caracteriza como um dos mais promissores segmentos da horticultura intensiva (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014). A floricultura exige conhecimento técnico específico aliado ao gerenciamento e a comercialização. Destaca-se por ser um setor de alta rentabilidade e com grande potencial de consumo interno, envolvendo uma grande diversidade de produtos, formas de cultivo e logística de distribuição (KÄMPF, 2000; PETRY; BELLÉ, 2000).

A compreensão da relação da água no sistema solo-planta-atmosfera auxilia no entendimento dos mecanismos de resposta da planta aos distintos fatores ambientais. A qualidade do solo aliada ao manejo hídrico são fatores que afetam, diretamente, a produtividade, especialmente, na floricultura, setor que visa à qualidade estética e fitossanitária de seus produtos (KÄMPF, 2000). O suprimento de água às plantas é determinado pela habilidade da cultura em utilizar a água disponível no solo, tendo relação direta com a demanda atmosférica, interagindo no dossel vegetativo, na evapotranspiração, na aeração e na temperatura do solo (CARLESSO, 1995; PAIVA; OLIVEIRA, 2006). A irrigação é uma prática fundamental com impacto direto no crescimento e desenvolvimento vegetal (FARIAS; SAAD, 2005).

Na floricultura, as irrigações refletem, diretamente, na qualidade do produto final. Irrigações excessivas prejudicam a qualidade das flores favorecendo a proliferação de patógenos, enquanto que irrigações deficitárias causam redução no crescimento em decorrência da baixa extração de água (PETRY; BELLÉ, 2000; KÄMPF, 2000; GIRARDI et al., 2012).

O cobre, micronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, é utilizado na agricultura há vários anos, também com a finalidade fitossanitária, com a aplicação na forma de caldas para o controle fúngico. Desenvolvida em 1882 pelo botânico francês Pierre M. A. Millardet, em Bourdeaux na França (MACKIE; MULLER; KANDELER, 2012), a calda

bordalesa é uma mistura de sulfato de cobre, óxido de cálcio e água [(CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O+Ca(OH)<sub>2</sub>]. Desde então, é utilizada mundialmente como fungicida e bactericida, principalmente, na vitivinicultura (JEYAKUMAR et al., 2010), atendendo sua finalidade fitossanitária. Contudo, seu uso contínuo, nestas áreas, contribuiu para o acúmulo de Cu na superfície do solo, onde, teores superiores a 100 mg kg<sup>-1</sup>, provocam alterações nos tecidos vegetais, em nível bioquímico e fisiológico (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001), resultando em perdas consideráveis no potencial produtivo.

A fim de minimizar os efeitos nocivos do Cu no solo, a utilização da técnica fitorremediativa vem demonstrando resultados eficientes (MARQUES; AGUIAR; SILVA, 2011). Todavia, a seleção de espécies vegetais com este potencial depende, diretamente, de pesquisas constantes, visando o aprimoramento da técnica. Desta forma, estudos com plantas floríferas ornamentais, em função, principalmente, da versatilidade de cultivo, característico da floricultura nacional, torna-se um campo explorável para a fitorremediação.

Entre as espécies ornamentais, as inflorescências do gênero *Zantedeschia*, conhecidas popularmente como copo-de-leite, zantedeschia e calla lily, tem expandido a sua demanda comercial no país, devido a grande variedade de cores e formas aliada a resistência e a durabilidade de suas hastes florais. Originária do continente africano, da família Araceae, a calla lily torna-se uma opção interessante de cultivo, em função do exotismo e da exuberância de suas inflorescências (FONSECA, 2010). Conforme a região produtora, seu ciclo de cultivo varia entre 16 a 28 semanas, com boa adaptação a diversos tipos de climas e solos, com pH do solo entre 6 a 6,8 (MÁRQUEZ, 1999; CARNEIRO et al., 2012).

Em função da adaptabilidade da calla lily a diferentes solos e climas. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento e o consumo hídrico da cultura da calla lily cultivada em solo oriundo da vitivinicultura apresentando excesso de cobre.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de outubro de 2013 a março de 2014, em 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 zero (sem adição), 300, 500 e 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>, sendo que 100 mg de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 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 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<sub>efet.</sub> 9,8; CTC<sub>pH 7</sub> 22,9; saturação de bases 86,5%; saturação por Al zero; Ca 15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg 4,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S 13 mg dm<sup>3</sup>; P-Mehlich 22,8 mg dm<sup>-3</sup>; K 216 mg dm<sup>-3</sup>; Cu 173,9 mg dm<sup>-3</sup>; Zn 21mg dm<sup>-3</sup>; B 0,3 mg dm<sup>-3</sup>.

Os tubérculos de calla lily (*Zantedeschia* spp.) foram adquiridos do município de Holambra, SP. Antes do plantio realizou-se o pré-tratamento dos tubérculos com ácido giberélico em solução de 100 mg L<sup>-1</sup>, por 10 minutos. Os recipientes utilizados (vasos) foram de número 15, com 1,3 L de volume, 14,5 cm de diâmetro superior e 11 cm de diâmetro inferior,

12 cm de altura, de material plástico na cor preto, com distribuição de 10 vasos  $m^{-2}$ . A densidade de plantio correspondeu a uma unidade por vaso. A distribuição dos vasos foi aleatória sobre as bancadas no interior da casa de vegetação.

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:

$P_2$  (g) = peso do vaso + peso do solo + peso da água

$P_1$  (g) = peso do vaso + peso 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:

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

Em que:

$PV_{n\%}$  é o peso 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 o peso do vaso preenchido com solo seco (g)

$PMT$  é o peso médio dos tubérculos (13,2g).

Os pesos dos vasos para cada tratamento resultaram em:  $PV_{40\%} = 1.301,2$  g para o tratamento de 40% CRA;  $PV_{60\%} = 1.415,2$  g para o tratamento de 60% CRA e  $PV_{80\%} = 1.529,2$ 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 trabalho, totalizando 150 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 calla lily para cada recipiente utilizou-se a Equação:

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

Em que:

$Etr$  é a evapotranspiração real da planta em vaso

$M_i$  é o peso do solo e da água contida no vaso

$M_{i+1}$  é o peso do solo e água remanescente após  $\Delta t$

$I$  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 analógica de capacidade de 5 kg. Os valores de consumo de água obtidos pela diferença de peso ( $\text{g dia}^{-1}$ ) foram transformados em valores correspondentes à lâmina de água ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) através de multiplicações pela área do vaso. A reposição hídrica foi realizada de forma manual até atingir o peso estipulado por tratamento, mantendo os limites da CRA. A água utilizada (~ 100%) foi da chuva, captada e armazenada em baldes, descartando-se o primeiro volume.

Avaliou-se a altura média da planta, fitomassa fresca da parte aérea e dos tubérculos por planta, e área foliar estimada pela metodologia descrita por Muçouçah, Klar e Muçouçah (2006). A secagem das plantas ocorreu em estufa de ventilação forçada a  $65^\circ\text{C}$  até atingir peso constante, na sequência as subamostras do material vegetal seco foram trituradas em moinho tipo Willey. Em seguida as amostras foram submetidas à digestão nítrico-perclórica e a quantificação das concentrações de Cu nos tecidos vegetais foi efetuada 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.

O fator médio de translocação (FT), o fator médio de bioacumulação na parte aérea (FCA) e o fator médio de bioconcentração no tubérculo (FCO) foram avaliados conforme as metodologias descritas por Caille, Zhao e Mcgrath (2005) e Yoon et al. (2006), expressas nas Equações:

$$FT = \frac{\text{concentração de Cu na fitomassa seca da parte aérea}}{\text{concentração de Cu na fitomassa seca do tubérculo}} \quad (4)$$

$$FCA = \frac{\text{concentração de Cu na fitomassa seca da parte aérea}}{\text{teor de Cu disponível no solo após o cultivo}} \quad (5)$$

$$FCO = \frac{\text{concentração de Cu na fitomassa seca do tubérculo}}{\text{teor de Cu disponível no solo após o cultivo}} \quad (6)$$

Durante o trabalho 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, testando a interação entre dois fatores A e D (quatro teores adicionados de Cu no solo e três manejos de irrigação), pelo teste F, com 5% de probabilidade de erro. Sendo esta não significativa<sup>ns</sup>, foram realizadas análises de regressão para os fatores A e D de forma independente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

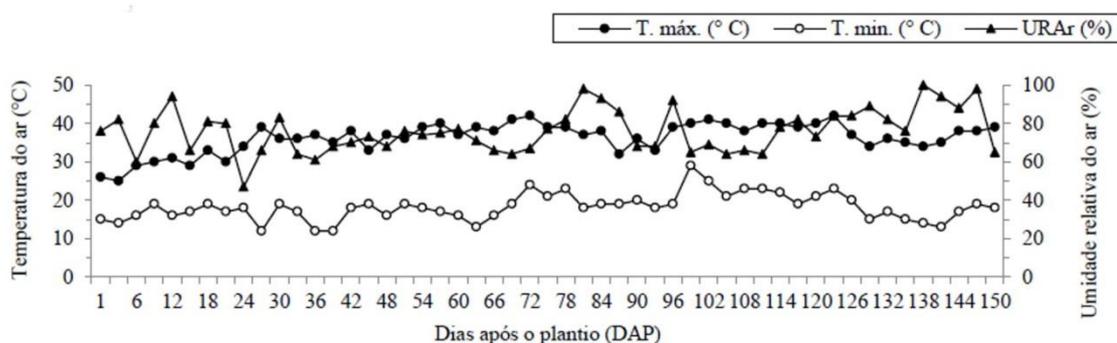
### 5.1 Consumo hídrico

A Figura 1 apresenta os dados meteorológicos durante o período experimental, observou-se que as temperaturas médias do ar foram de  $36,3$  e  $18,2^\circ\text{C}$  de máximas e de mínimas, respectivamente, registradas no interior da casa de vegetação, permanecendo acima da faixa recomendada para a cultura da calla lily, entre  $18-28^\circ\text{C}$  durante o dia e  $12-18^\circ\text{C}$  à

noite (MUÇOUÇA; KLAR; MUÇOUÇA, 2006; FONSECA, 2010). Verificou-se que a média da umidade relativa do ar foi em torno de 76% (dados INMET, *Campus* da UFSM). Carneiro et al. (2012) recomendam umidade relativa do ar próxima a 60%, para evitar desidratações severas nas plantas, o que não ocorreu neste experimento.

A diferença de temperatura observada, durante o período experimental, provavelmente pode ter causado distúrbios fisiológicos na planta, como a não indução floral. E, também amarelecimento foliar e necrose nas bordaduras foliares, os quais foram mais expressivos conforme o incremento de Cu adicionado no solo. Carneiro et al. (2012) relatam que para a cultura da calla lily, temperaturas extremas ou déficit hídrico causam estresse na planta induzindo dormência e precedendo a senescência foliar. Observou-se que este cultivo foi exposto na sua totalidade à faixa térmica acima da recomendada, permanecendo próximo da temperatura limite de colapso por estresse térmico vegetal.

**Figura 1.** Temperaturas do ar máxima e mínima (° C) e umidade relativa do ar (%) do período experimental.



Temperaturas elevadas, acima deste ponto de compensação, a fotossíntese não repõe o carbono usado como substrato para respiração, como consequência, há uma diminuição das reservas de carboidratos na relação parte aérea-raiz, causando desequilíbrio fisiológico (PAIVA; OLIVEIRA, 2006), como a não indução floral.

Verificou-se que para os três manejos de irrigações adotados (40, 60 e 80% CRA) os teores de Cu adicionados ao solo (zero, 300, 500 e 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>) não interferiram no consumo de água pela cultura. Houve uma semelhança no consumo hídrico diário para cada um dos teores adicionados de Cu no solo, resultando em um consumo médio de 0,5, 0,8 e 1,2 mm dia<sup>-1</sup> para as lâminas de 40, 60 e 80% CRA, respectivamente, independente dos teores cúpricos adicionados no solo, havendo pouca oscilação na demanda hídrica entre os diferentes teores de Cu adicionados no solo. Ressalta-se que, o correto manejo de irrigação deve manter-se contínuo, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, favorecendo a umidade do solo para suprimento hídrico e fluxo de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (CARLESSO, 1995; SCHWAB et al., 2013).

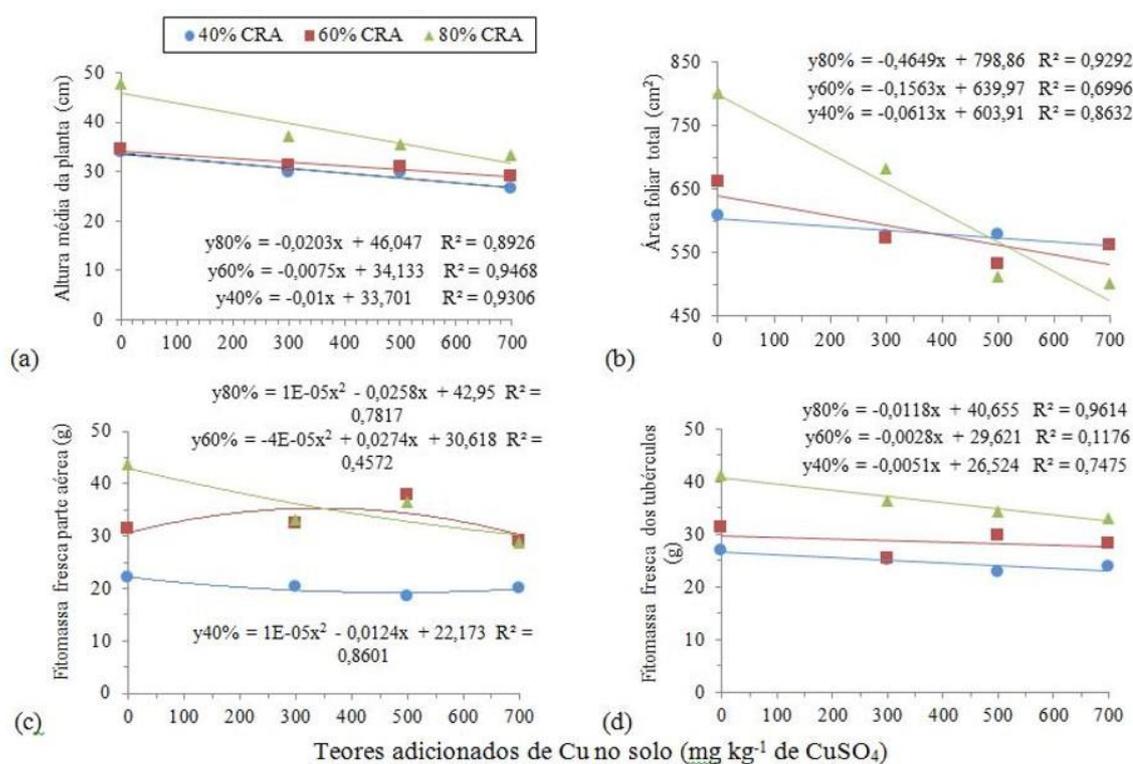
Observou-se que o consumo hídrico foi crescente conforme a disponibilidade de água para as plantas, ao incremento de fitomassa e ao aumento da demanda evaporativa, o qual coincidiu com o aumento da temperatura e com a redução da umidade relativa do ar, para todos os tratamentos. Corroborando com os resultados deste experimento, os autores Girardi et al. (2012) e Schwab et al. (2013) relataram semelhante desempenho hídrico para gipsofila (*Gypsophila paniculata* L.) e cravina de corte (*Dianthus hybrida* cv. Melody), respectivamente, ambas cultivadas em vaso com cinza da casca de arroz carbonizada.

Na Figura 2 encontram-se as avaliações da altura média da planta, da área foliar e da fitomassa fresca da parte aérea e dos tubérculos de calla lily, com 150 dias de cultivo, verificou-

se que não houve efeito significativo da interação dos fatores A e D (quatro teores adicionados de cobre no solo e três manejos de irrigação) para estes parâmetros.

O incremento do teor de Cu no solo proporcionou um decréscimo na altura média de planta para todos os manejos de irrigação, nos distintos teores adicionados de Cu no solo (zero, 300, 500 e 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>), obtendo médias de 38,7; 32,7; 32,0 e 29,5 cm, respectivamente, independente dos manejos de irrigações adotados (Figura 2a). No entanto, para a comercialização da calla lily em vaso não há definição pré-estabelecida para altura da planta, sendo que a Cooperativa Veiling Holambra (2014) exige apenas 90% de uniformidade quanto à altura e a formação da planta.

**Figura 2.** Altura média da planta (a), área foliar (b), fitomassa fresca da parte aérea (c) e dos tubérculos (d) por planta de calla lily (*Zantedeschia* spp.) submetida a 40, 60 e 80% CRA em função dos diferentes teores adicionados de Cu no solo (zero, 300, 500 e 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>).



Em relação à área foliar (AF) da calla lily verificou-se um decréscimo no maior conteúdo adicionado de Cu no solo, 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>, para todos os manejos de irrigação, com médias de 580,9; 581,4 e 624,5 cm<sup>2</sup> AF, para 40, 60 e 80% de CRA respectivamente, conforme a Figura 2b. Salienta-se que o manejo de irrigação afetou o crescimento da área foliar de calla lily. Resultados semelhantes a este experimento foram constatados por Muçouçah Klar e Muçouçah (2006), cultivando calla lily em substrato em função do nível freático de 10 e 38 cm, obtendo área foliar de 789,2 e 1.011,6 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Observou-se a produção de fitomassa fresca média da parte aérea de 42,6; 45,2 e 50,4 g planta<sup>-1</sup> e dos tubérculos de 57,4; 45,7 e 49,6 g planta<sup>-1</sup> para os manejos de irrigação correspondente a 40, 60 e 80% de CRA, respectivamente, conforme a Figura 2c e 2d. Verificou-se que a partição da fitomassa seca foi de 24,2; 32,8 e 34,2% para parte aérea (folhas) e 75,8;

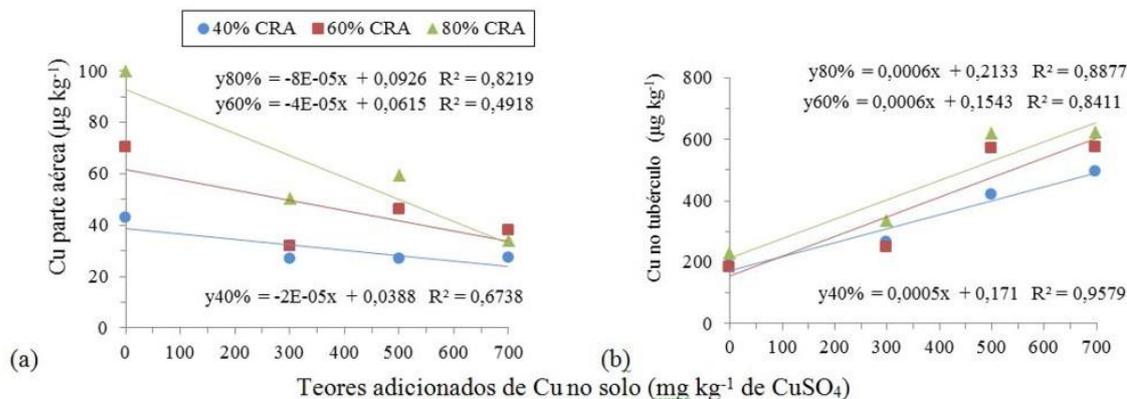
67,2 e 65,8% para parte radicular (tubérculos e raízes). Carneiro et al. (2012) observou que a fitomassa seca da parte aérea (folhas e hastes florais) corresponde a 53,6% e parte radicular (tubérculos e raízes) 46,4% da fitomassa seca total do copo-de-leite (*Z. aethiopica* Spreng.).

O acúmulo de fitomassa seca nos tubérculos ocorre em função da translocação de fotoassimilados da parte aérea para os tubérculos, visando o crescimento e o desenvolvimento dos mesmos, característico de plantas com órgão de reserva, como a calla lily (ALMEIDA et al. 2009; FONSECA, 2010). A umidade presente na parte aérea foi de 91,1; 91,6 e 90,4% e, para os tubérculos foi de 79,1; 80,1 e 80,8% em relação ao fornecimento de água disponível conforme os manejos de irrigação adotados 40, 60 e 80%, respectivamente.

## 5.2 Relação das concentrações de Cu na parte aérea e nos tubérculos com as doses aplicadas

Observa-se na Figura 3, após o cultivo de 150 dias, que as plantas de calla lily apresentaram em fitomassa seca da parte aérea concentrações médias de Cu nas quantidades de 70,8; 36,3; 44,1 e 33,1  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , sob os teores adicionados de Cu no solo de zero, 300, 500 e 700  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{CuSO}_4$ , respectivamente. Na fitomassa seca dos tubérculos observou-se que as concentrações médias de Cu foram de 199,6; 283,4 535,9 e 564,3  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , correspondente aos respectivos teores de cobre incrementado ao solo. Esta diferença no particionamento do conteúdo de Cu da matéria seca da calla lily, em parte aérea e tubérculo, pode ser atribuída ao processo fisiológico de maturação da própria planta.

**Figura 3.** Partição de cobre ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) na fitomassa seca da parte aérea (a) e dos tubérculos (b) da calla lily (*Zantedeschia* spp.) em função dos diferentes teores adicionados de Cu no solo (zero, 300, 500 e 700  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{CuSO}_4$ ).



Destaca-se que ao final da fase de crescimento vegetativo da calla lily ocorre uma paralisação gradual no crescimento e no desenvolvimento da planta em altura e iniciando-se a senescência foliar, sendo este intensificado pela translocação dos nutrientes das folhas para os tubérculos (FONSECA, 2010). No cultivo de batata (*Solanum tuberosum* L.), Braun et al. (2011) relatam que os fotoassimilados e nutrientes são direcionados para o crescimento, sendo a partição para os tubérculos um dos fatores determinantes da produtividade.

Contudo, na observação realizada por Fonseca (2010) o acúmulo Cu em fitomassa seca foi de 4,18 e 2,63  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para parte aérea e de 12,19 e 12,85  $\mu\text{g kg}^{-1}$  para tubérculos das cultivares de calla lily Black Magic e Chianti, respectivamente, cultivadas sob fertirrigação por 84 dias com o fornecimento de 0,36% Cu na solução nutritiva. Isto demonstra que a planta de

calla lily absorve e/ou retém o Cu conforme a sua disponibilidade em substrato, corroborando com os resultados deste experimento.

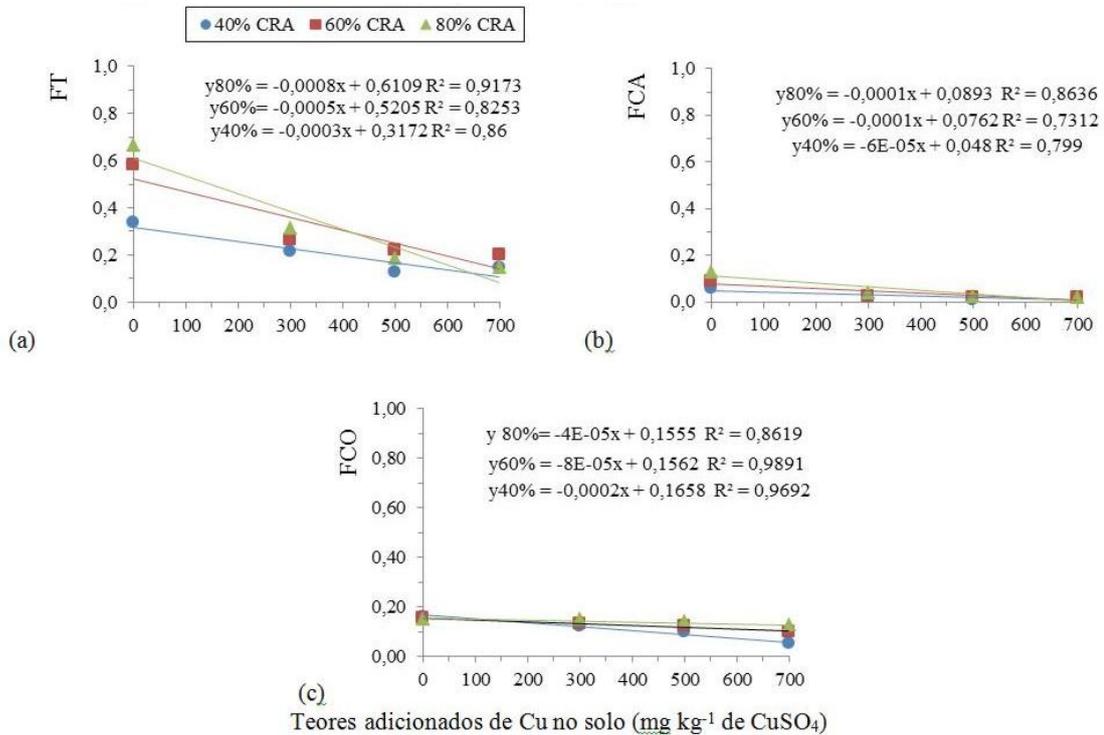
Todavia, a necessidade nutricional de Cu nas plantas é de 5 a 20 mg kg<sup>-1</sup> e, em fitomassa seca estas concentrações podem variar de 2 a 75 mg kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA, 1994; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001). Acima destes valores há prejuízo no crescimento e no desenvolvimento vegetal devido à toxicidade (CAILLE; ZHAO; MCGRATH et al., 2005; MACKIE; MÜLLER; KANDELER, 2012). Deste modo, pode-se constatar que quanto maior o acúmulo de Cu nas plantas de calla lily, este afeta negativamente o seu desenvolvimento em relação à altura de planta e a área foliar (Figura 2a e 2b).

Almeida et al. (2009) cultivando copo-de-leite (*Z. aethiopica* Spreng.) em diferentes doses de adubação mineral encontraram concentração média de Cu nas folhas de 16,88 mg kg<sup>-1</sup>. Carneiro et al. (2012) registraram a concentração acumulada de Cu na fitomassa seca da parte aérea de 9,7 mg kg<sup>-1</sup> para copo-de-leite (*Z. aethiopica* Spreng.) cultivado em fibra de coco (9,8 mg dm<sup>-3</sup> de Cu), no mesmo período de dias.

Constatou-se que o maior acúmulo de Cu ocorreu na fitomassa seca dos tubérculos, correspondendo a percentuais totais acumulado na planta de 60,1; 76,2; 84,5 e 87,5% para teores adicionados no solo de zero, 300, 500 e 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>, respectivamente. Tal fato indica que a retenção deste metal é maior conforme as quantidades presentes no solo, neste caso sem danos as plantas. Resultados similares foram observados por Gómez, Correa e Flores (2010) cultivando calla lily (*Z. Elliottiana* Engler) em solo de regiões cafeeiras na Colômbia com excesso de Cu, os quais observaram na fitomassa seca dos tubérculos o acúmulo de 86,75 mg kg<sup>-1</sup> de Cu.

Na Figura 4 observa-se que os fatores de translocação (FT), de bioacumulação na parte aérea (FCA) e de bioconcentração no tubérculo (FCO), após o cultivo da calla lily submetida aos diferentes teores adicionados de cobre no solo, alcançaram fatores médios nos valores de 0,33; 0,05 e 0,14 respectivamente.

**Figura 4.** Fator médio de translocação (FT), fator médio de bioacumulação na parte aérea (FCA) e fator médio de bioconcentração no tubérculo (FCO) no cultivo da calla lily (*Zantedeschia spp.*) em função dos diferentes teores adicionados de Cu no solo (zero, 300, 500 e 700 mg kg<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>).



Contudo, todos estes fatores foram menores que um (1), pois este valor é o parâmetro indicativo de absorção de metais na planta e, quanto mais próximo deste valor maior a eficiência de absorção (MCGRATH; ZHAO, 2003; YOON et al. (2006). Apesar disso, Araújo et al. (2011) relatam que as plantas com fatores menores que um, apresentam tolerância aos elementos metálicos, como o Cu.

Observou-se neste experimento que a calla lily é uma planta absorvente e retentora de Cu. Plantas com estas características podem facilitar o processo natural de transferência e de distribuição do Cu nos componentes do ecossistema, através da sua ciclagem biogeoquímica (CHAVES et al., 2010; CAIRES et al., 2011; MARQUES; AGUIAR; SILVA, 2011). Deste modo, apesar das plantas de calla lily apresentarem baixos índices dos fatores de FT e FCO, estes indicam um potencial de fitoacumulação de cobre, sobretudo, em tubérculo, por consequência tolerante a altos teores deste elemento no solo.

## 6 CONCLUSÃO

A cultura da calla lily apresenta tolerância de cultivo em solos com excesso de Cu, sendo classificada como planta absorvente e retentora deste metal, sobretudo, nos tubérculos. Contudo, o acúmulo de Cu na planta afetou negativamente seu desenvolvimento e floração.

Os teores de Cu adicionados ao solo não interferiam no consumo hídrico da calla lily, sendo esse atribuído a disponibilidade hídrica fornecida, as condições climáticas e ao incremento de fitomassa.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O.; CARVALHO, J. G.; POLIVEIRA, N. P.; FONSECA, J.; CARNEIRO, D. N. M. Efeito do silício no desenvolvimento e na nutrição mineral de copo-de-leite. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 103-113, 2009.
- ARAÚJO, A. S. A.; GUILHERME, L. R. G.; LOPES, G., CAMPOS, M. L. Fitorremediação de solos contaminados com arsênio (As) utilizando braquiária. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 84-91, 2011.
- BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 50-57, 2011.
- CAILLE, N.; ZHAO, F.J.; MCGRATH, S.P. Comparison of root absorption, translocation and tolerance of arsenic in the hyperaccumulator *Pteris vittata* and the nonhyperaccumulator *Pteris tremula*. **New Phytologist**, Palo Alto, v. 165, p. 755-761, 2005.
- CAIRES, S. M.; FONTES, M. P. F.; FERNANDES, R. B. A.; NEVES, J. C. L.; FONTES, R. L. F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1181-1188, 2011.
- CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 183-188, 1995.
- CARNEIRO, D. N. M.; SANTOS FILHO, A. B.; CARNEIRO, L. F.; PAIVA, P. D. O. Callas. In: PAIVA, P. D. O.; ALMEIDA, E. F. A. **Produção de flores de corte**. Lavras: UFLA, 2012. p. 114-146.
- CHAVES, L. H. G.; MESQUITA, E. F.; ARAUJO, D. L.; FRANÇA, C. P. Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-manso. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 167-176, 2010.
- COOPERATIVA VEILING HOLAMBRA. **Produtos – Critérios de classificação de produtos**. Holambra, 2014. Disponível em: <<http://www.veiling.com.br/produtos/>>. Acesso em: 05 fev. 2015.
- FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Crescimento e qualidade de crisântemo cultivado em vaso sob ambiente protegido. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 740-742, 2005.
- FONSECA, A. S. **Absorção de nutrientes em duas cultivares de copo-de-leite colorido (*Zantedeschia sp.*) sob fertirrigação**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

GIRARDI, L. B.; PEITER, M. X.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L.; SOARES, F. C.; IVAIR VALMORBIDA, I. Disponibilidade hídrica e seus efeitos sobre o desenvolvimento radicular e a produção de gipsofila envasada em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 501-509, 2012.

GÓMEZ, S.; CORREA, C. R. B.; FLORES, J. C. M. Absorción de nutrientes en *Zantedeschia elliottiana* variedade Cristal Blush y su relación con la producción de biomasa em condiciones de la zona cafetera de Colombia. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 59, n. 4, p. 462-472, 2010.

JEYAKUMAR, P.; LOGANATHAN, P.; SIVAKUMARA, S.; ANDERSON, C. W. N.; MCLAREN, R. G. Bioavailability of copper and zinc to poplar and microorganisms in a biosolids– amended soil. **Australian Journal of Soil Research**, Sydney, v. 48, p. 1-11, 2010.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 115-120, 2014.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254 p.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura**: técnicas de preparo de substratos. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. 132 p.

MACKIE, K. A.; MÜLLER, T.; KANDELER, E. Remediation of copper in vineyards - A mini review. **Journals Environmental Pollution**, California, v. 167, n. 1, p. 16-26, 2012.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos. São Paulo: ProduQuímica, 1994, 153 p.

MARQUES, M.; AGUIAR, C. R. C.; SILVA, J. J. L. S. Desafios, técnicas e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011.

MÁRQUEZ, M. P. **Zantedeschia**: Calla Lily. Santa Fé de Bogotá: Ediciones HortiTecnia, 1999. 54 p.

MCGRATH, S. P.; ZHAO, F. J. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 14, n. 3, p. 277-282, 2003.

MELLO, R. P. **Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MUÇOUÇAH, M. F.S.; KLAR, E. V.; MUÇOUÇAH, F. J. Área foliar e evapotranspiração de callas cultivadas em substrato em função do nível freático **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 119-129, 2006.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 104 p.

PETRY, C.; BELLÉ, S. Situação da floricultura. In: PETRY, C. (Org.). **Plantas ornamentais aspectos para produção**. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2000. p. 13-20.

SCHWAB, N. T.; PEITER, M. X.; BELLÉ, A. R.; 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. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 328-336, 2013.

YOON, J.; CAO, X.; ZHOU, Q.; MA, L.Q. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. **Science of the Total Environment**, New York, v. 368, n. 1, p. 456-464, 2006.