

## Avaliação do potencial fitorremediador de crisântemo em solo com excesso de cobre<sup>(1)</sup>

JANINE FARIAS MENEGAES<sup>(2\*)</sup>, FERNANDA ALICE ANTONELLO LONDERO BACKES<sup>(3)</sup>,  
ROGÉRIO ANTONIO BELLÉ<sup>(4)</sup>, ALEXANDRE SWAROWSKY<sup>(2)</sup> e RODRIGO FERNANDO DOS SANTOS SALAZAR<sup>(4)</sup>

### RESUMO

A minimização dos efeitos nocivos do cobre (Cu) no solo, com uso de plantas são lentos e gradativos, sendo necessária a identificação de espécies com aptidão fitorremediadora para este processo. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o cultivo de crisântemo cv. Dark Fiji em solo adicionado de Cu, como promissor a fitorremediação. O experimento foi realizado, no período de julho a dezembro de 2014, em casa de vegetação do Setor de Floricultura da UFSM. Em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos compostos por doses de Cu adicionadas no solo, nas quantidades de 250, 500, 750 e 1.000 mg kg<sup>-1</sup> e controle (sem adição), com cinco repetições. Em dois ciclos de cultivo, ambos com duração de 104 dias da produção de mudas a colheita. As mudas de crisântemo foram obtidas a partir de estacas coletadas no jardim clonal do próprio setor, com 8 cm de comprimento, enraizadas em substrato comercial e transplantadas para os recipientes contendo solo. Avaliaram-se parâmetros fitotécnicos e fatores de translocação, de bioacumulação da parte aérea e o fator de bioconcentração das raízes do Cu na planta e, taxa de extração de metal. Observou-se que, em todas as doses de Cu adicionadas ao solo, as plantas apresentaram baixo desenvolvimento vegetal e florífero, afetando a sua qualidade estética, em ambos os ciclos de cultivo. O alto acúmulo de Cu nas raízes é um indicativo de tolerância de cultivo, da cv. Dark Fiji, em áreas com excesso desse, com potencialidade fitorremediadora.

**Palavras-chave:** *Dendranthema grandiflora* Tzevelev, épocas de cultivo, bioconcentração.

### ABSTRACT

#### Evaluation of potential phytoremediation of chrysanthemum in soil with excess copper

Minimizing the harmful effects of copper (Cu) in the soil, using plants are slow and gradual, requiring the identification of species with fitorremediadora fitness for this process. Thus, the present work had as objective to evaluate the cultivation of chrysanthemum cv. Dark Fiji in soil added with Cu as promising phytoremediation. The experiment was conducted in the period from July to December 2014, in the greenhouse of the Floriculture UFSM. In a completely randomized experimental design, with five treatments composed of doses of Cu added to the soil, in the amounts of 250, 500, 750 and 1,000 mg kg<sup>-1</sup> and control (without addition), with five replications. In two crop cycles both with duration of 104 days from the production of seedlings to harvest. Chrysanthemum cuttings were obtained from cuttings collected in the garden clonal itself, with 8 cm long, rooted in commercial substrate and transplanted into containers containing soil. They evaluated phytotechnical parameters and translocation factors of aerial part of bioaccumulation and bioconcentration factor of Cu in plant roots and metal extraction rate. It was observed that at all doses of Cu added to the soil, the plants showed low plant development and floriferous affecting its aesthetic quality in both crop cycles. The high accumulation of Cu in the roots is indicative of growing tolerance, cv. Dark Fiji in areas with excess of this, with phytoremediation potential.

**Keywords:** *Dendranthema grandiflora* Tzevelev, cultivation times, bioconcentration.

## 1. INTRODUÇÃO

Micronutrientes metálicos, como o cobre (Cu), apesar de essenciais para o crescimento e desenvolvimento típico das plantas, são tóxicos quando em excesso no ambiente, afetando a dinâmica no sistema solo-planta e suas interações (MALAVOLTA et al., 1997; MARQUES et al., 2011). Sucessivas aplicações desse elemento ao longo dos anos são preocupantes, em função da sua baixa mobilidade, a qual tende acumular-se nas camadas superiores do solo,

as agricultáveis, elevando o pH e tornando-o fitodisponível resultando em perdas consideráveis no potencial produtivo (DUCIC;POLLE, 2005; MACKIE et al., 2012).

A minimização dos efeitos nocivos do Cu, quando em excesso no solo são, geralmente, lentos, gradativos e onerosos. Visando a correção, tem se utilizado a fitorremediação, uma tecnologia efetiva e não destrutiva de solos contaminados, que consiste na utilização de plantas, formando um sistema solo-planta-contaminante e suas adaptações biogeoquímicas. Os resultados favoráveis devido à relação custo/benefício e baixo impacto ambiental

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/oh.v23i1.915>

<sup>(1)</sup> Recebido em 01/07/2016 e aceito em 09/01/2017

<sup>(2)</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Engenharia Agrícola, Santa Maria-RS, Brasil.

\*Autor correspondente: janine\_rs@hotmail.com

<sup>(3)</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Fitotecnia, Santa Maria-RS, Brasil.

<sup>(4)</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Química, Centro Franciscano (UNIFRA), Santa Maria- RS, Brasil.

gera grande aceitação pública dessa tecnologia (OLIVEIRA et al., 2009; MARQUES et al., 2011). Não são todas as espécies vegetais que se desenvolvem em ambientes contaminados, necessitando, assim, identificar espécies tolerantes as características edafoclimáticas locais e ao contaminante (MARQUES et al., 2011; ZANCHETA et al., 2011).

A floricultura, em função da diversidade de espécies e da versatilidade de cultivo, com pesquisas, ainda incipientes da técnica de fitorremediação, pode-se tornar fonte de soluções de problemas de contaminação em solos, em especial metais pesados. Entre as espécies floríferas de maior aceitação no mercado destaca-se o crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev), da família Asteraceae, originário da China. O desenvolvimento das plantas de crisântemo, da área foliar a emissão do botão floral, bem como, o acúmulo de fitomassa seca são dependentes, diretamente, da intensidade de radiação solar, do fotoperíodo e da temperatura que tornam possível a produção de flores o ano todo (PETRY et al., 1999; ROSSI et al., 2010; BARBOSA et al., 2012). O cultivo das plantas de crisântemo tem demanda nutricional elevada, contudo, é comum apresentar deficiências quanto ao Cu, micronutriente essencial, resultando em cloroses e necroses foliares, impactando diretamente no florescimento da espécie (MOTA et al., 2013). Comercialmente há mais de 2.000 cultivares de crisântemo, entre elas a cultivar Dark Fiji apresenta flores gigantes do tipo decorativo, hastes grossas, folhas grandes, com porte mediano e classificada como termozero, podendo ser cultivada tanto em flor de corte como em flor envasada.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o cultivo de crisântemo cv. Dark Fiji em solo adicionado de Cu, como promissor a fitorremediação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado, no período de julho a dezembro 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 95 m). Em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos compostos por doses de Cu adicionadas no solo nas quantidades de 250, 500, 750 e 1.000 mg kg<sup>-1</sup> e controle (sem adição), com cinco repetições. Em dois ciclos de cultivo, o primeiro ciclo durante o período de 20 de julho a 01 de novembro de 2014 e, o segundo ciclo durante o período de 02 de setembro a 15 de dezembro de 2014, ambos com duração de 104 dias da produção de mudas a colheita. As doses adicionadas de Cu no solo foram por meio de sulfato de cobre pentahidratado [CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O].

O solo utilizado foi coletado no município de Bento Gonçalves, RS, localizado na Serra Gaúcha, a profundidade 0-20 cm, classificado como Cambissolo Húmico. O resultado das análises físico-química do solo antes do cultivo apresentou as seguintes características: matéria orgânica 2%; pH<sub>água(1:1)</sub> 5,5; índice SMP 6,0; CTC<sub>efet.</sub> 5,5; CTC<sub>pH 7</sub> 9,9; saturação por Al: zero; Ca: 4,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg: 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S: 25,2 mg dm<sup>-3</sup>; P-Mehlich: 18,6

mg dm<sup>-3</sup>; K: 152 mg dm<sup>-3</sup>; Cu: 86,1 mg dm<sup>-3</sup>; Zn: 20,2 mg dm<sup>-3</sup>; B: 0,5 mg dm<sup>-3</sup>. As amostras do solo em campo foram coletadas segundo a metodologia (ARRUDA et al., 2014).

As mudas de crisântemo cv. Dark Fiji foram preparadas a partir de estacas coletas no jardim clonal do próprio do setor, com 8 cm de comprimento contendo 3 a 4 nós, em corte bisel (transversal), permanecendo as folhas inteiras nos nós superiores e retirados os demais. Após o corte, as bases das estacas foram submetidas ao tratamento com AIB (ácido indolbutílico) na forma de pó, na concentração de 1.000 mg kg<sup>-1</sup>. Enraizadas em bandejas plásticas alveoladas (63 células), contendo casca de arroz carbonizada e, dispostas em câmara úmida, no interior da casa de vegetação, com irrigações diárias. Após, o enraizamento completo, foram transplantadas em vasos plásticos (1,15 L, 11 cm de diâmetro e 9,5 cm de altura), conforme o delineamento experimental e, posteriormente, com distribuição aleatória sobre as bancadas, com espaçamento de 10 vasos m<sup>-2</sup>, permanecendo por 12 semanas. A cultivar foi conduzida em haste única por vaso. Esta metodologia foi aplicada para ambos os ciclos.

Ao final do ciclo de cultivo avaliou-se a altura da planta e o comprimento radicular médio, com trena graduada e, o diâmetro da inflorescência e da haste, com paquímetro. A fitomassa fresca da parte aérea e radicular por planta foi determinada pelo método de pesagem, após a colheita e as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir massa constante, utilizou-se a balança digital de precisão 0,001 g. Na sequência as subamostras do material vegetal seco foram trituradas em moinho tipo Willey, submetidas à digestão nítrico-perclórica e a quantificação das concentrações de Cu nos tecidos vegetais foram efetuadas por espectrofotometria de absorção atômica. As doses de Cu no solo após o cultivo foram amostradas por análise química.

O fator de translocação (FT), o fator de bioacumulação da parte aérea (FCA) e o fator de bioconcentração das raízes (FCO) foram avaliados conforme as metodologias descritas por Caille et al. (2005) e Yoon et al. (2006) e, taxa de extração de metal (TEM) ocorreu conforme a fórmula descrita por Mertens et al. (2005), expressas nas equações:

$$FT = \frac{\text{concentração de Cu na fitomassa seca da parte aérea}}{\text{concentração de Cu na fitomassa seca da raiz}} \quad (1)$$

$$FCA = \frac{\text{concentração de Cu na fitomassa seca da parte aérea}}{\text{teor de Cu disponível no solo após o cultivo}} \quad (2)$$

$$FCO = \frac{\text{concentração de Cu na fitomassa seca da raiz}}{\text{teor de Cu disponível no solo após o cultivo}} \quad (3)$$

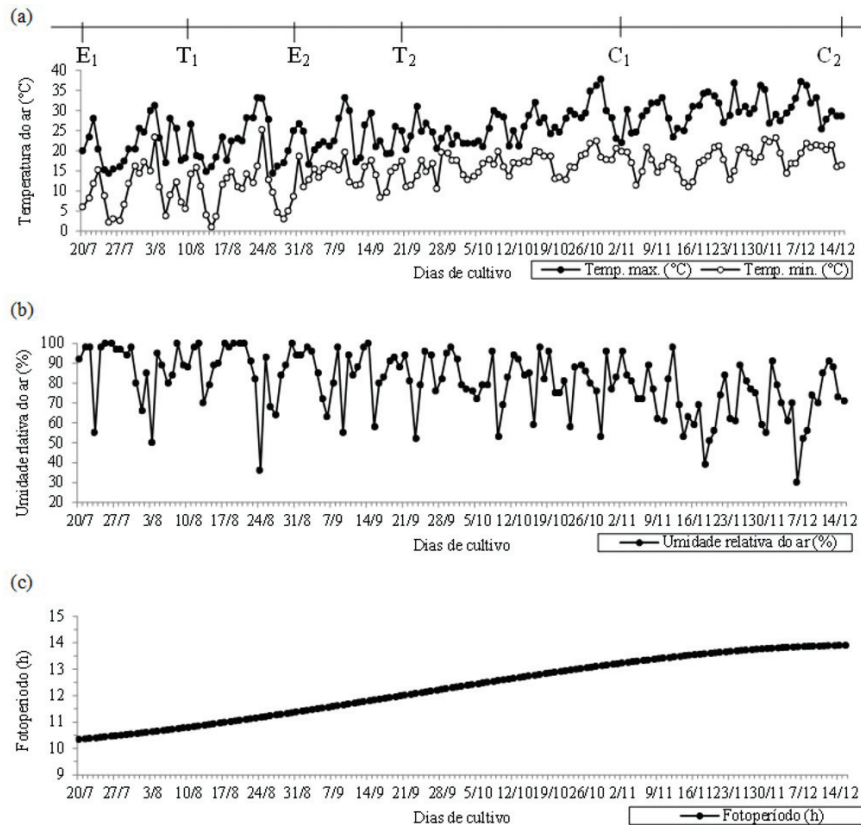
$$TEM = \frac{(\text{Cu}_{\text{planta}} \times \text{FM}_{\text{Tot}})}{(\text{Cu}_{\text{solo}} \times \text{M}_{\text{raiz}})} \times 100 \quad (4)$$

onde: Cu<sub>planta</sub> é a concentração de Cu na fitomassa seca total, FM<sub>Tot</sub> é a fitomassa total, Cu<sub>solo</sub> é o teor de Cu disponível no solo após o cultivo e M<sub>raiz</sub> é a massa do volume de solo enraizada pela espécie. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e regressão, a 5% de probabilidade de erro, auxiliado pelo software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período da condução do experimento as temperaturas do ar, registradas no interior da casa de vegetação, para o primeiro ciclo de cultivo foram de 28,4 e 18,2°C, de máxima e de mínima, respectivamente, e, para o segundo ciclo de cultivo foram de 31,9 e 21,3°C, de máxima e de mínima, respectivamente (Figura 1) e, as médias da umidade relativa

do ar foram de 84,4 e 77,4% para o primeiro e o segundo ciclos de cultivo, respectivamente. A faixa térmica ótima média de cultivo de crisântemo, as temperaturas diurna e noturna são de 25 e 18°C, respectivamente (BARBOSA et al., 2012). Acredita-se que a variação térmica registrada no segundo ciclo de cultivo, superior as temperaturas ótimas, não tenha afetado o desenvolvimento característico da cultivar Dark Fiji.



**Figura 1.** Temperaturas máxima e mínima do ar (a), umidade relativa do ar (b) e fotoperíodo (c) de julho a dezembro de 2014 para o cultivo de crisântemo cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev). E: data da estaquia, T: data do transplante, C: data da colheita, 1: primeiro ciclo e 2: segundo ciclo.

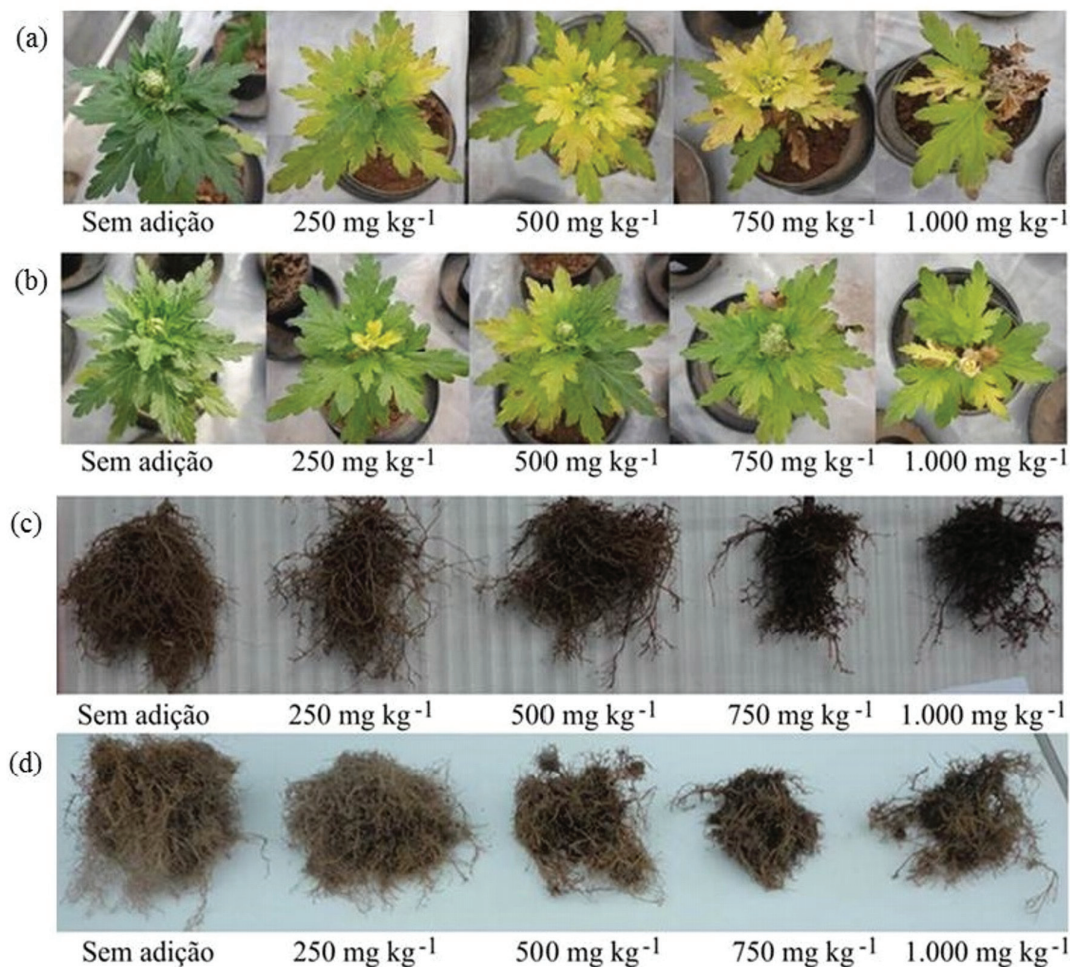
**Figure 1.** Maximum and minimum air temperature (a), relative humidity (b) and photoperiod (c) July-December 2014 to the chrysanthemum cultivation cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev). E: date of cutting, T: date of transplant, C: date of harvest, 1: first cycle and 2: second cycle.

Os fotoperíodos médios, do plantio à colheita, foram de 12,01 e 13,2 h para o primeiro e o segundo ciclos, respectivamente, permanecendo dentro da faixa crítica indicada para a cultura, que segundo Barbosa et al. (2012) varia de 12 e 14 horas. Valores acima destes, as plantas permanecem em estado vegetativo e quando abaixo são induzidas à floração (PETRY et al., 1999; BELLÉ, 2000).

Os parâmetros fitotécnicos avaliados no cultivo da cultivar de crisântemo Dark Fiji para ambos os ciclos de cultivo, de maneira geral, o primeiro ciclo obteve

desenvolvimento de plantas inferior ao segundo ciclo. Verificou-se que o crescimento e o desenvolvimento típico do crisântemo cv. Dark Fiji foram afetados pelo excesso de Cu no solo, sobretudo, na floração, sendo recorrente para ambos os ciclos de cultivo. A redução da qualidade estética da planta foi antagônica ao incremento de Cu no solo, desenvolvendo clorose e senescência foliar precoce e, baixo desenvolvimento do sistema radicular apresentando coloração enegrecida conforme o aumento das doses de Cu no solo (Figura 2).



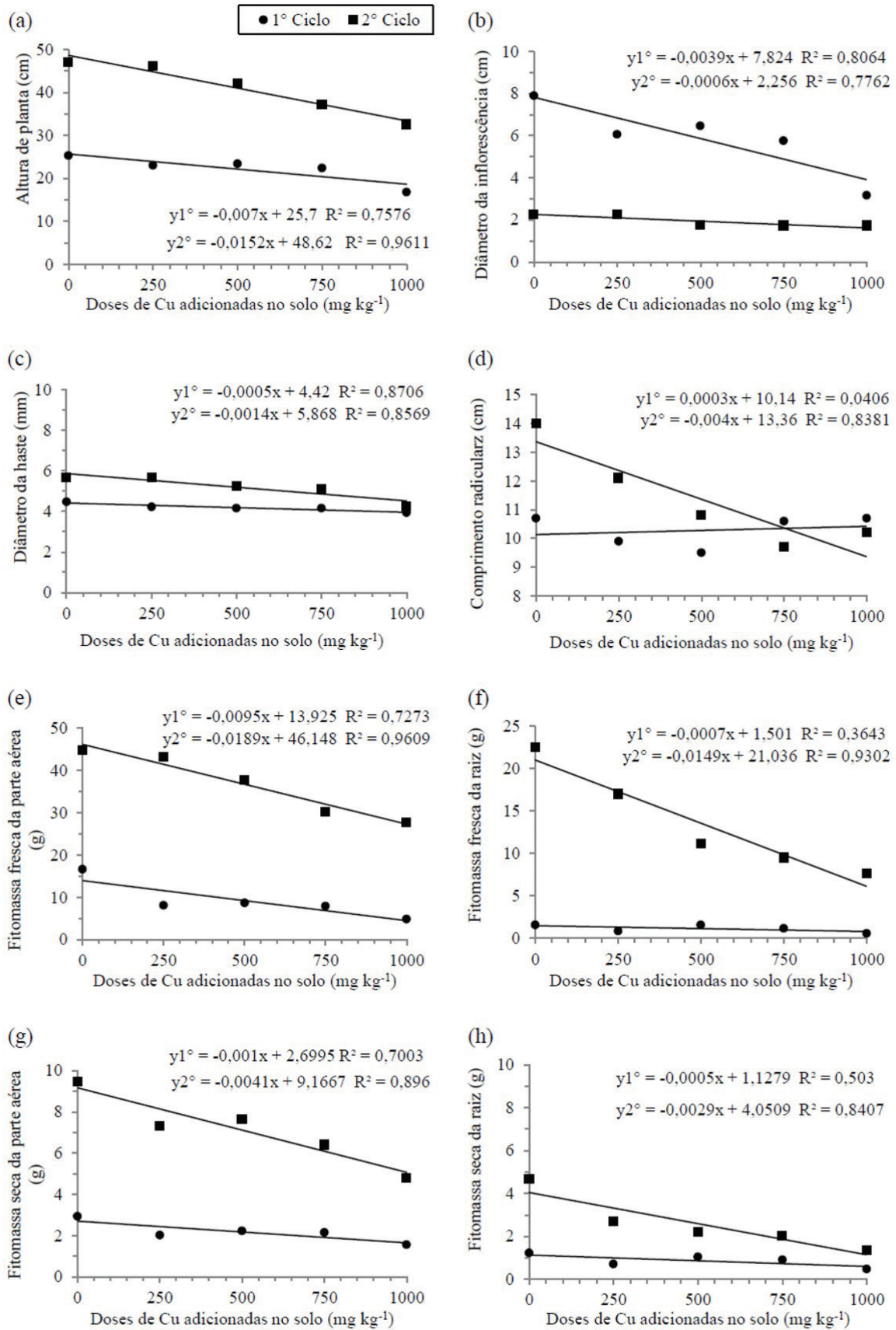


**Figura 2.** Ilustração das plantas de crisântemo cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev). Aparência foliar do primeiro ciclo de cultivo (a); aparência foliar do segundo ciclo de cultivo (b); raízes do primeiro ciclo de cultivo (c); raízes do segundo ciclo de cultivo (d).

**Figure 2.** Illustration of chrysanthemum plants cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev). Leaf appearance of the first crop cycle (a); leaf appearance of the second crop cycle (b); root of the first crop cycle (c); root of the second crop cycle (d).

A altura da planta cv. Dark Fiji para ambos os ciclos de cultivo foram decrescente conforme o incremento de Cu no solo (Figura 3). As médias do diâmetro das inflorescências foram de 5,9 e 1,9 cm para o primeiro e o segundo ciclos de cultivo, respectivamente. Bellé (2000) diz que a condução

de haste única por vaso tem como finalidade induzir o maior diâmetro da inflorescência. Assim, essa diferença entre as médias do diâmetro das inflorescências pode ser atribuída à condução de haste única somada as condições climáticas, próximas à faixa ótima de cultivo, para o primeiro ciclo.



**Figura 3.** Parâmetros fitotécnicos do cultivo de crisântemo cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) em função das teores adicionados de Cu ao solo em dois ciclos de cultivo.

**Figure 3.** Phytotechnical parameters chrysanthemum cultivation cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) depending on the content of Cu added to the soil in two cycles of cultivation.

O diâmetro da haste é o parâmetro que confere resistência à planta, a cv. Dark Fiji, nestas condições de cultivo, apresentou médias de 4,2 e 5,2 cm para o primeiro e o segundo ciclos de cultivo, respectivamente (Figura 3). As doses de Cu no solo afetaram o desenvolvimento do sistema radicular, sobretudo, o segundo ciclo de cultivo com decréscimo para as maiores doses de Cu no solo (Figura 3d), obtendo médias de comprimento radicular de 10,3 e 11,4 cm para o primeiro e o segundo ciclos, respectivamente. Mourato et al. (2009) cultivando tremoço (*Lupinus luteus* L.) em solução nutritiva com diferentes concentrações de Cu verificam que a coloração enegrecida das raízes é atribuída ao início da toxicidade por Cu, corroborando com os resultados deste experimento.

A fitomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes da cultivar de crisântemo Dark Fiji foram afetados, sendo esses reduzidos, com o incremento do Cu no solo. Zheng et al. (2004) pesquisando o efeito do Cu em plantas ornamentais, como crisântemo cv. Fina, rosa (*Rosa x hybrida* L. cv. Laulinger) e gerânio (*Pelargonium x hortorum* L. cv. Evening Glow) cultivados em hidroponia, verificaram que o excesso Cu afetou, de maneira geral, o desenvolvimento típico da planta, sobretudo a altura e a fitomassa (fresca e seca). Chaves et al. (2010) observaram uma diminuição da fitomassa da mamoneira (*Ricinus communis* L.) em função do incremento de Cu no solo, pode ser um indicativo do efeito prejudicial deste metal quando em excesso. Sonmez et al. (2006) cultivando tomate (*Lycopersicon esculentum* (L.) Mill. cv. F144) em solo com as quantidades de zero, 1.000 e 2.000 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, verificaram uma diminuição no diâmetro da haste e a fitomassa seca da raiz, conforme o aumento de Cu no solo.

O particionamento do Cu na fitomassa seca relaciona as concentrações deste elemento na parte aérea e nas raízes com as doses aplicadas. A partição de Cu do crisântemo cv. Dark Fiji foi similar em ambos os ciclos de cultivo, tanto na parte aérea como no sistema radicular, conforme a sua adição no solo (Figura 4). A taxa de extração de metal (TEM), neste caso o Cu, relaciona percentualmente da aptidão da planta em extrair metal do solo em função da sua produção de fitomassa (MERTENS et al., 2005). Verificou-se que a TEM do segundo ciclo de cultivo foi mais eficiente na extração do Cu, quando comparado com a TEM do primeiro ciclo de cultivo, obtendo taxas médias de 3,5 e 2,5%, respectivamente. As plantas cultivadas no segundo ciclo extraíram maior quantidade de Cu do solo, em todas as doses adicionadas, isto pode ser atribuído à produção de fitomassa quando comparado com ao cultivo primeiro ciclo de cultivo (Figura 3). Caille et al. (2005) e Zhuang et al. (2007) relatam que a produção de fitomassa é um dos fatores preponderantes para a eficiência da fitoextração de metais pesados no solo.

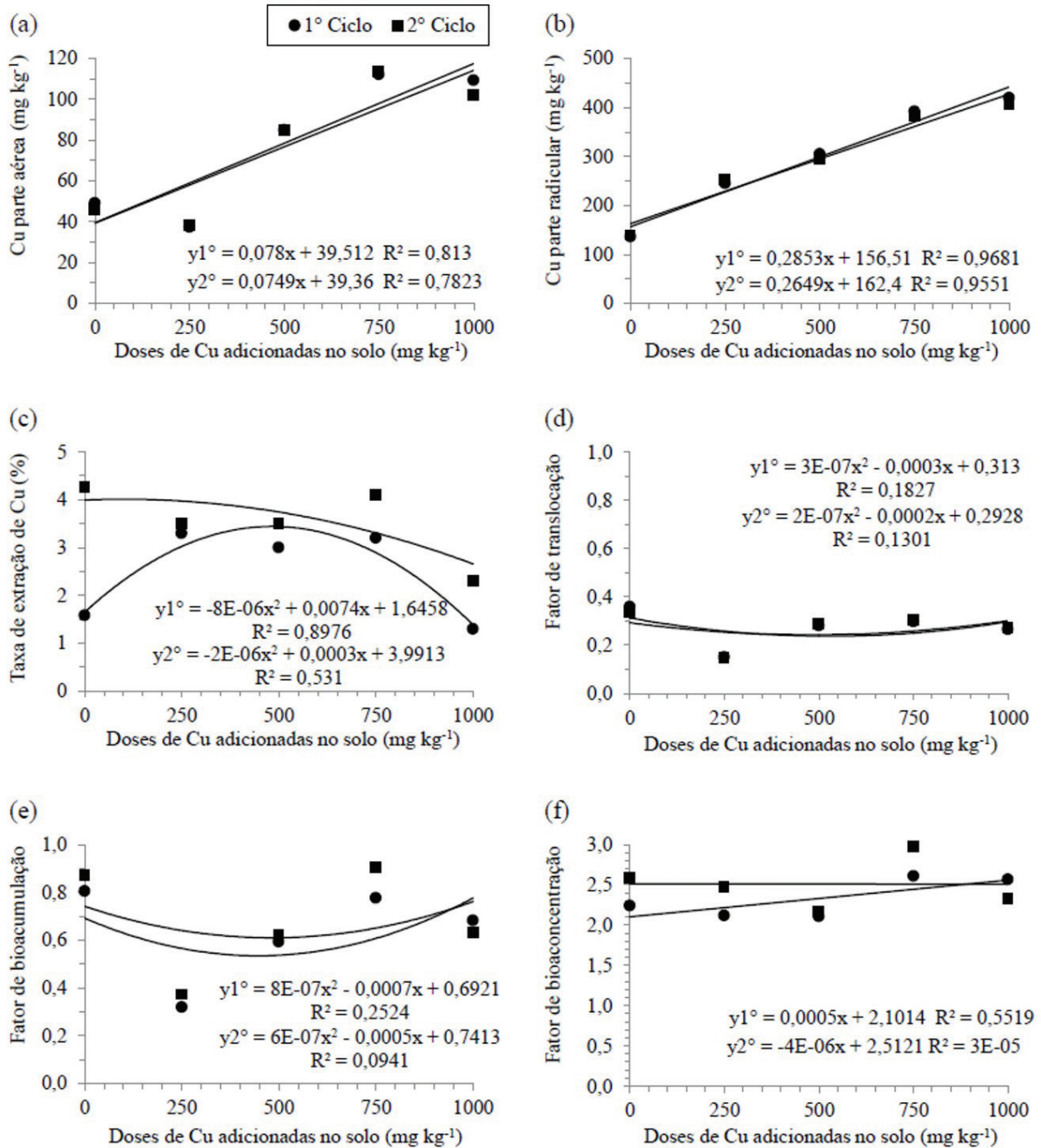
Kabata-Pendias e Pendias (2001) e Sonmez et al. (2006) dizem que a produção de fitomassa está, diretamente, associada à tolerância da espécie ao contaminante, bem

como as suas adaptações bioquímicas, permitindo, assim seu cultivo em elevadas concentrações deste elemento. Outro fator atribuído a este desempenho das plantas de crisântemo foi à forma de acúmulo de Cu na planta, neste caso a maior concentração ocorreu nas raízes em relação à parte aérea, para ambos os ciclos de cultivo. Zeitouni et al. (2007) verificou similar desempenho no cultivo de girassol (*Helianthus annuus* L. cv. Rumbosol 91) em vaso, em que o maior acúmulo de Cu ocorreu no sistema radicular em comparação a parte aérea, apresentando boas taxas de extração de Cu.

Na Figura 4 verificou-se que mais de 75% do Cu presente na planta encontra-se nas raízes e os demais 25% na parte aérea. Isto pode ser atribuído ao mecanismo de redução da difusão de cátion no interior do tecido, protegendo a parte aérea da intoxicação e, também a baixa mobilidade deste metal no sistema solo-planta (MALAVOLTA et al., 1997; MARSOLA et al., 2005). Observou-se, também, neste experimento que as plantas de crisântemo chegaram a acumular o total de 527,47 e 511,34 mg kg<sup>-1</sup> de Cu em fitomassa seca para o primeiro e o segundo ciclos de cultivo, respectivamente, na maior dose adicionada ao solo, valores acima do considerado fitotóxico, 20 mg kg<sup>-1</sup>, por Kabata-Pendias e Pendias (2001). Entretanto, as mesmas apresentaram senescência foliar precoce e baixa taxa de florescimento, sugerindo que esta espécie possua tolerância a elevadas quantidades de Cu no solo. Apesar disso, verificou-se que esta cultivar de crisântemo apresentou aspectos foliares de murchamento, cloróticos e necróticos, indicando indícios de toxicidade por Cu (Figura 2).

Em áreas com altos teores de Cu no solo o processo fitorremediativo envolve a complexidade do sistema solo-planta-contaminante e suas adaptações biogeoquímicas, onde mensuração desse processo se dá através dos fatores de acumulação, transferência e/ou concentração na fitoextração, que quanto mais próximo de um (1) for esses fatores maior é será a eficiência de absorção e retenção pelas plantas (GARCIA e CUNNA, 2004; CAILLE et al., 2005). Deste modo, a redistribuição do Cu na planta depende, diretamente, das concentrações absorvidas. Na Figura 4 observou-se que o fator de translocação (FT) para ambos os ciclos de cultivo foi de 0,27 e, o fator de bioacumulação da parte aérea (FCA) foi de 0,62 e 0,68 para o primeiro e o segundo ciclos de cultivo, respectivamente. Ambos os fatores FT e FCA apresentaram resultados abaixo ou próximo de um, isto ocorre, principalmente, pela forte ligação do Cu nas paredes celulares, proporcionado uma lenta translocação das raízes para a parte aérea (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001). Andrezza et al. (2015) verificaram FT de 0,04 e 0,15 para as espécies de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e de tanchagem (*Plantago lanceolata* Lann.) respectivamente, cultivadas em solos com excesso de Cu com eficiência na fitoextração, indicando essas espécies como plantas fitorremediadoras.





**Figura 4.** Parâmetros de Cu nas plantas de crisântemo cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) em função das doses adicionadas de Cu ao solo em dois ciclos de cultivo.  
**Figure 4.** Cu parameters in chrysanthemum plants cv. Dark Fiji (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) depending on the dose of Cu added to the soil in two cycles of cultivation.

O mecanismo do sistema radicular que regula a absorção de metais pesados e, conseqüentemente, o acúmulo destes nas raízes, uma vez preservada a integridade de suas funções primárias, ocorre uma baixa translocação destes para a parte aérea, assim contribuindo para a tolerância da espécie a esses elementos metálicos (CHAVES et al., 2010), neste caso o Cu. Deste modo, a fitoextração emprega plantas com a finalidade

de absorver os metais do solo acumulando nas raízes, que poderão ser posteriormente dispostas em aterros sanitários ou recicladas para a recuperação do metal (TAVARES et al., 2013). Nesta premissa, a cultivar de crisântemo caracteriza-se por concentrar altos teores de Cu na raiz, como indica o fator de bioconcentração das raízes (FCO) de 2,33 e 2,51 para o primeiro e o segundo ciclos de cultivo, respectivamente.

#### 4. CONCLUSÃO

O crisântemo cv. Dark Fiji obteve baixo desenvolvimento vegetal e florífero, em todas as doses de Cu adicionadas ao solo, afetando a qualidade estética das plantas, em ambos os ciclos de cultivo. Esta cultivar apresentou tolerância de cultivo em solo com excesso de Cu e eficiência na retenção de grandes concentrações desse elemento, principalmente, nas raízes. Presumindo, assim, potenciais características fitorremediadoras de Cu no solo.

#### CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

JFM: planejamento, execução do experimento, análise estatística e redação. FAALB: planejamento, redação e correção da redação. RAB: planejamento, execução do experimento e redação. AS: planejamento, redação e correção da redação. RFSS: planejamento e análise estatística.

#### REFERÊNCIAS

- ANDREAZZA, R.; L. 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 Biological**, v.75, n.4, p.868-877, 2015. DOI: 10.1590/1519-6984.01914
- ARRUDA, M.R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J.C.R. **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de Fertilidade**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. (Embrapa Amazônia Ocidental, Documentos 115), 2014. 18p.
- BARBOSA, J.G.; MUNIZ, M.A.; GROSSI J.A.S.; BARBOSA, M.S. Crisântemo. In: PAIVA, P.D.O.; ALMEIDA, E.F.A. (Org.). **Produção de flores de corte**. Lavras: UFLA, 2012. p.244-277.
- BELLÉ, R.A. Caderno Didático de Floricultura. Santa Maria: Curso de Agronomia, UFSM. 2000.142p.
- CAILLE, N.; ZHAO, F.J.; MCGRATH, S.P. Comparison of root absorption, translocation and tolerance of arsenic in the hyper accumulator *Pteris vittata* and the non hyper accumulator *Pteris tremula*. **New Phytologist**, v.165, p.755-761, 2005. Doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01239.x
- CHAVES, L.H.G.; MESQUITA, E.F.; ARAÚJO, D.L.; FRANÇA C.P. Acúmulo e distribuição de cobre e zinco em mamoneira cultivar BRS Paraguaçu e crescimento da planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.263-277, 2010. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p505-511.
- DUCIC, T.; POLLE, A. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.1, p.103-112, 2005.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- GARCIA, G.; FAZ A.; CUNNA, M. Performance of *Piptatherum miliaceum* (Smilo grass) in edaphic Pb and Zn phytoremediation over a short growth period. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.54, n.1, p.245-250, 2004. Doi: 10.1016/j.ibiod.2004.06.004
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.
- MACKIE, K. A.; MÜLLER, T.; KANDELER, E. Remediation of copper in vineyards - A mini review. **Environmental Pollution**, v.167, n.1, p.16-26, 2012. Doi: 10.1016/j.envpol.2012.03.023
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS 1997. 319p.
- 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**, v.35, n.1, p.1-11, 2011. Doi: 10.1590/S0100-06832011000100001
- MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Acumulação de cobre e zinco em tecidos do feijoeiro em relação com o extraído do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.92-98, 2005. Doi: 10.1590/S1415-43662005000100014
- MERTENS, J.; LUYSSAERT, S.; VERHEYEN, K. Use and abuse of trace metal concentrations in plants tissue for biomonitoring and phytoextraction. **Environmental Pollution**, v.138, n.1, p.1-4, 2005. Doi: 10.1016/j.envpol.2005.01.002
- MOTA, P.R.D.; FIORIM, A.C.R.; BÔAS, R.L.V.; FOLEGATTI, M.V.; LUDWIG, F.; SILVA, M.E.A. Condutividade elétrica da solução nutritiva e acúmulo de macro e micronutrientes no cultivo de crisântemo. **Bragantia**, v.72, p.81-89, 2013. DOI: 10.1590/S0006-87052013005000015
- MOURATO, M. P.; MARTINS, L. L.; ANDRADE, M. P. C. Physiological responses of *Lupinus luteus* to different copper concentrations. **Biologia Plantarum**, v. 53, p. 105-111, 2009. DOI: 10.1007/s10535-009-0014-2



- OLIVEIRA, D.L.; ROCHA, C.; MOREIRA, P.C.; LAUDARES, S.O. Plantas nativas do cerrado: uma alternativa para fitorremediação. **Revista Estudos**, v.36, n.1, p.1141-1159, 2009.
- PRETRY, C.; BELEDELI, L.; ARAÚJO, E.M. Resposta de cultivares de crisântemo ao manejo de iluminação e ao número de plantas por vaso. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.5, n.2, p.121-132, 1999. Doi: <http://dx.doi.org/10.14295/rbho.v5i2.47>
- ROSSI, L. A.; DAVID, E.; SARUBBI, J.; PAGLIARDI, O. Viabilidade técnico-econômica do uso de diferentes tecnologias de iluminação para indução de fotoperíodo na produção de mudas de crisântemo. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p.811-818, 2010. Doi: 10.1590/S0100-69162010000500004
- SONMEZ, S. S.; KAPLANI, M.; SONMEZ, N.K.; KAYA, H.; UZI, I. High level of copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants. **Scientia Agricola**, v.63, n.1, p.213-218, 2006. Doi: 10.1590/S0103-90162006000300001
- SUN, Y.; ZHOU Q.; DIAO, D. Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. **Bioresource Technology**, v.99, p.1103-1110, 2008. Doi: 10.1016/j.biortech.2007.02.035.
- TAVARES, S.R.; OLIVEIRA, S.A.; CAMARGO, C.M. Avaliação de espécies na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. **Revista Holos Vegetais**, v.5, p.80-97, 2013. Doi:10.15628/holos.2013.1852
- 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**, v. 368, n. 1, p. 456-464, 2006. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.01.016
- 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**, v.70, n.1, p.737-744, 2011. Doi: 10.1590/S0006-87052011000400002
- ZEITOUNI, C.F.; BERTON, R.S.; ABREU, C.A. Fitoextração de cádmio e zinco de um latossolo vermelho-amarelo contaminado com metais pesados. **Bragantia**, v.66, n.4, p.649-657, 2007. Doi: 10.1590/S0006-87052007000400015
- ZHENG, Y.B.; WANG, L.P.; DIXON, M.A. Response to copper toxicity for three ornamental crops in solution culture. **Hortscience**, v.39, n.1, p.1116-1120, 2004.
- ZHUANG, P.; YANG, Q.W.; WANG, H.B.; SHU, W.S. Phytoextraction of heavy metals by eight plant species in the field. **Water, Air and Soil Pollution**, v.184, n.1, p.135-242, 2007. Doi: 10.1007/s11270-007-9412-2