

Teor de Cobre na Matéria Seca da Parte Aérea de Cinco Forrageiras Gramíneas ⁽¹⁾

**Bárbara Olinda Nardis⁽²⁾, Enilson de Barros Silva⁽³⁾, Sandra Silva do Nascimento⁽⁴⁾,
Júlia Beatrice Brito⁽⁵⁾, Felipe Galuppo Fonseca⁽⁴⁾, Lidia Alves Antunes⁽⁶⁾**

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Estudante Agronomia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM; Rodovia MGT 367, km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina-MG, CEP 35020-220, Diamantina - MG, barbara.olinda@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor, DSc. em Produção Vegetal; Departamento de Agronomia; UFVJM; ebsilva@ufvjm.edu.br ⁽⁴⁾ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal; Departamento de Agronomia; UFVJM, sandrassn@gmail.com, galuppo@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Estudante Engenharia Florestal; UFVJM, juliabeatrice@yahoo.com.br; ⁽⁶⁾ Estudante Agronomia, UFVJM, li_antunescv@hotmail.com.

RESUMO: A fitorremediação é um processo de biorremediação que emprega vegetação para o processo de descontaminação, através dos mecanismos de fitoextração, fitoestabilização, rizofiltração, fitodegradação, fitoestimulação, fitovolatilização. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o teor de cobre na parte aérea de cinco forrageiras gramíneas cultivadas em solo contaminado. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram utilizadas cinco forrageiras gramíneas (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e cv. Marandu, *Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia e *Panicum maximum* cv. Aruana) e quatro doses de Cu (0, 60, 200 e 400 mg kg⁻¹ de solo) na forma de cloreto de cobre p.a. O período experimental foi de 90 dias. Os materiais coletados foram moídos e submetidos à análise química para determinação dos teores de Cu na massa seca da parte aérea de cada corte. Os resultados foram submetidos à análise de variância conjunta que constaram do estudo de doses do metal pesado dentro de cada forrageira. As equações de regressão foram ajustadas para as variáveis em função das doses do metal pesado e foi obtido no nível crítico de toxidez (NCT) substituindo a dose crítica de toxidez (DCT) nas equações. Os teores de Cu encontrados nas forrageiras variam entre 1,15 e 514,26 mg kg⁻¹. A sequência de tolerância de Cu em ordem decrescente das forrageiras foi Tanzânia, Basilisk, Marandu, Aruana e Xaraés.

Termos de indexação: metal pesado, *Panicum* spp. e *Brachiaria* spp.

INTRODUÇÃO

Inúmeras atividades antrópicas no mundo moderno, como a mineração, a disposição inadequada de resíduos urbanos e industriais, o uso indiscriminado de defensivos agrícolas; vazamentos em dutos e tanques, falhas em processos industriais, problemas no tratamento de efluentes e

acidentes no transporte de substâncias químicas representam algum tipo de risco de se tornarem fontes de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Entre os elementos contaminantes podemos citar os metais pesados, dentre eles o cobre (Cu), que desempenha um importante papel na produção de clorofila, síntese de diversas proteínas e respiração celular, além de atuar como constituinte e co-fator de enzimas, participar do metabolismo de proteínas e de carboidratos e na fixação simbiótica de N₂ (Oliveira, 2008). Apesar de o Cu ser um elemento essencial às plantas, em grandes quantidades pode causar danos renais e hepáticos nos seres humanos, sendo acumulado nesses órgãos (Azevedo & Chasin, 2003).

As principais fontes antropogênicas de contaminação com cobre incluem a emissão pelas atividades de mineração e fundição, pela queima de carvão como fonte de energia e pelos incineradores de resíduos municipais. Outras fontes de menor relevância incluem seu uso como agente antiaderente em pinturas, na agricultura (fertilizantes, algicidas e suplemento alimentar) e em excretas de animais e humanos (Pelozato, 2008).

Para a descontaminação de solos com metais pesados tem-se empregado técnicas de biorremediação, em especial a fitorremediação, que é o emprego de plantas que possam remover, transferir, estabilizar, acumular ou destruir o elemento nocivo, através dos mecanismos de fitoextração, fitoestabilização, rizofiltração, fitodegradação, fitoestimulação e fitovolatilização (Anselmo & Jones, 2005). Segundo Burken, 2002, uma das principais vantagens de se aplicar a fitorremediação é a possibilidade de valorização econômica, além de ser uma técnica eficiente, adequar a aplicações em longo prazo, exigir pouca manutenção e ser bem aceita pela população.

Para a escolha da espécie a ser utilizada é necessário que a mesma apresente algumas características como ser tolerante a metais pesados em seus altos níveis, acumular grandes quantidades na parte aérea, ter alta taxa de crescimento, produzir muita biomassa e ter sistema radicular abundante (Garbisu & Alkorta, 2001).

As gramíneas forrageiras *Brachiaria spp.* e *Panicum spp.* são amplamente utilizadas nas pastagens brasileiras, sendo a *Brachiaria spp.* considerada rústica, capaz de vegetar em solos pobres e ácidos, além da facilidade de manejo e aceitação econômica, sendo de grande importância para a pecuária. Já as *Panicum spp.* se destacam pela elevada produtividade e valor nutritivo. Contudo, são mais exigentes em fertilidade do solo e apresentam maior custo de produção (Barcelos et al. (2011).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o teor de cobre na matéria seca da parte aérea em cinco forrageiras gramíneas cultivadas em solo contaminado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina/MG. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), coletado na camada subsuperficial (0,20-0,40 m) no município de Diamantina/MG, que foi destorroado, seco ao ar e passado em peneira de 5 mm de abertura. Foi tomada uma subamostra e passada em peneira de 2 mm de abertura, constituindo-se, assim, terra fina seca ao ar para análises químicas (Silva, 2009) e de textura do solo (Embrapa, 1997) (Tabela 1).

A calagem foi para elevar a saturação por bases para 45% conforme recomendação de Alvarez V. e Ribeiro (1999) com calcário dolomítico. Permaneceu incubado por 30 dias, sob condição de umidade equivalente a 60% do volume total de poros (VTP) (Freire et al., 1980) e controlada por pesagem diária. A adubação básica de plantio foi conforme recomendação de Malavolta (1980) para experimento de vaso. Os nutrientes foram aplicados na forma de reagentes p.a. e misturados totalmente ao solo. As doses aplicadas consistiram de: 100 mg N ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$); 200 mg P ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$); 150 mg K (KCl); 50 mg S ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$); 1 mg B (H_3BO_3), 1,5 mg Cu (CuCl_2), 5,0 mg Fe ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -EDTA) e 4 mg Zn (ZnCl_2) por kg de solo com incubação por 15 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições. Foram utilizadas cinco forrageiras gramíneas (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e cv. Marandu, *Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia e *Panicum maximum* cv. Aruana) e quatro doses de Mn (0, 60, 200 e 400 mg kg^{-1} de solo) na forma de cloreto de cobre p.a. O metal pesado foi aplicado após a calagem e a adubação básica de plantio com

incubação do solo por 15 dias sob condição de umidade equivalente a 60% do VTP (Freire et al., 1980) e controlada por pesagem diária.

O plantio das forrageiras foi realizado com semeadura direta nos vasos plásticos contendo 3 dm^3 do solo. A umidade do solo foi mantida em torno de 60% do VTP, aferida diariamente através de pesagem, completando-se o peso com água deionizada.

As plantas para avaliação foram cultivadas em três períodos de crescimento. Aos 30 dias do corte de uniformização, foi efetuado o primeiro (1^a) corte de avaliação, a 0,03 m do colo das plantas, o segundo (2^o) corte ocorreu 30 dias após o primeiro, enquanto o terceiro (3^o) aos 30 dias após o segundo corte. Foram feitas três adubações de cobertura com 50 mg N (uréia) por kg de solo a cada 10 dias, após o corte de uniformização no primeiro período de crescimento e cinco adubações de N com 60 mg N (uréia) por kg de solo para os dois últimos períodos de crescimento das forrageiras. Após efetuar o último corte, aos 90 dias do corte de uniformização, foi coletado o colete (material de 0,03 m restante que recebeu os três cortes da parte aérea) e as raízes.

O material vegetal coletado foi separado por tratamentos e repetições, lavadas em água de torneira, solução de detergente neutro, solução de HCl 0,1 mol L^{-1} e posteriormente em água deionizada e acondicionado em sacos de papel armazenados em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65^o C, até peso constante. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica, obtendo o peso de massa seca de três cortes (MSTC), do colete (MSC) e das raízes (MSR). Os materiais foram moídos e submetidos à análise química para determinação dos teores de Cu na massa seca da parte aérea de cada corte pela digestão nitroperclórica e determinações segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância conjunta que constaram do estudo de doses do metal pesado dentro de cada forrageira. As equações de regressão foram ajustadas para as variáveis em função das doses do metal pesado.

O nível crítico de toxidez (NCT) do metal pesado na MSPA das forrageiras foi estimado substituindo-se a dose crítica de toxidez (DCT) que se referem à dose que provocasse a redução de 10% no crescimento relativo da massa seca da parte aérea (MSPA) das forrageiras, nas equações que relacionam as doses do metal pesado com essas variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Cu aumentaram na MSPA em função das doses crescentes de Cu aplicadas no solo (Figura 1). Leite et. al. (2003), trabalhando com milho também encontrou valores em que a máxima absorção ocorreu na maior dose aplicada de Cu, sendo que o teor variou de 0,84 a 8,83 mg kg⁻¹, sendo o menor teor encontrado na dose de 0,5 mg kg⁻¹ e a máxima quando aplicado 16 mg kg⁻¹, indicando que absorção de Cu é crescente a medida que aumenta-se as doses e pela ausência de agentes complexantes como matéria orgânica e antagonistas como o Zn (Faquin, 2001), sendo que as plantas diferem entre si pela capacidade de translocar mais ou menos metal da raiz para a parte aérea. Analisando os coeficientes das equações de regressão ajustadas, na MSPA, nota-se que a forrageira Tanzânia foi a que apresentou maior teor de Cu no tecido vegetal (514,26 mg Kg⁻¹), enquanto, o menor teor foi observado na forrageira Xaraés (1,15 mg Kg⁻¹). Para todas as forrageiras, o maior teor de Cu foi observado na maior dose de Cu aplicada ao solo (400 mg kg⁻¹). O menor teor de Cu na mesma dose (400 mg kg⁻¹) foi verificado na forrageira Marandu, com 40,82 mg kg⁻¹, que pode indicar uma dificuldade da Marandu em translocar o Cu das raízes para a parte aérea.

Em trabalhos de Viana (2011), com *Splendens elsholtzia* e *Argyi elsholtzia*, os teores de Cu na parte aérea variaram de 3,33 a 66,15 e 2,38 a 9,94 mg kg⁻¹, para as dosagens de 39 a 500 mg kg⁻¹ respectivamente, sendo que grande parte do metal absorvido pela planta se acumulou nas raízes.

Segundo Malavolta et al. (1997), os teores foliares adequados para forrageiras *Panicum maximum* encontra-se entre 7 e 10 mg kg⁻¹. Pais & Jones (1997) citam que para a maioria das culturas a faixa adequada deve estar entre 3 e 40 mg kg⁻¹, sendo que no presente trabalho os valores encontrados estão acima do recomendado pelos autores citados. Os níveis tóxicos para as plantas encontram na faixa de 60 a 125 mg kg⁻¹ de matéria seca, segundo Viana, 2011 e valores entre 20 e 100 mg kg⁻¹, segundo Kabata-Pendias & Pendias (2001), que corroboram com os valores encontrados no presente trabalho.

O nível crítico de toxidez (NCT) que corresponde à DCT e determina o teor de Cu nos tecidos vegetais das forrageiras foi diferentemente influenciado pelas doses crescentes de Cu no solo (Figura 1). Seguindo a ordem de tolerância, observam-se na MSPA, as forrageiras mais tolerantes e mais sensíveis em relação ao NCT foram a Tanzânia e Xaraés. Essa diferenciada sensibilidade ao Cu pelas forrageiras é atribuída, a diferente interação de cada uma com o solo e absorção do metal, e principalmente às diferentes

bases genéticas e respostas fisiológicas à toxidez do Cu.

CONCLUSÕES

Os teores de Cu encontrados nas forrageiras variam entre 1,15 e 514,26 mg kg⁻¹, para a menor e maior dose aplicada, respectivamente.

A sequência em ordem decrescente de tolerância das forrageiras pelo nível crítico de toxidez ao Cu foram Tanzânia, Basilisk, Marandu, Aruana e Xaraés, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, CFSEMG, 1999. p.43-60.
- ANSELMO, A. I. f., JONES, C. M.; Fitorremediação de Solos Contaminados – O Estado da Arte, XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.
- AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo, Atheneu, 2003. p.554.
- BARCELOS, A.F.; LIMA, J.A.; PEREIRA, J.P.; GUIMARÃES, P.T.G.; EVANGELISTA, A.R.; GONÇALVES, C.C.M. Aducação de capins do gênero *Brachiaria*. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 84p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: SPI, 2006. 306p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise do solo. Brasília: Produção de Informação, 1997. 212p.
- FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 182p.
- FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.4, n.1, p. 5-8, 1980.
- LEITE, U.T, AQUINO, B.F, ROCHA, R.N.C., SILVA, J., Níveis críticos de boro, cobre, manganês e zinco em

milho, Bioscience Journal, Uberlândia - MG, v. 19, n. 2, p.112-125, 2003.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

OLIVEIRA, L. R. Metais pesados e atividade enzimática em Latossolos tratados com lodo de esgoto e cultivados com milho. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008. (Tese de Doutorado).

PAIS, I., JONES, B.J., The handbook of trace elements, [S.1.], St. Lucie, 1997

PELOZATO, M. Valores de referência de cádmio, cobre, manganês e zinco para solos de Santa Catarina. Lajes, UDESC, 2008. 70p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.

VIANA, E.M., Fitoextração em solos contaminados com metais pesados, Tese doutorado – ESALQ, Piracicaba, 2011.

Tabela 1. Análise de química e de textura do solo antes da aplicação dos tratamentos.

pH água	P	K	Cu	Ca	Mg	Al	T	M	V	MO	Areia	Silte	Argila
	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				%		g dm ⁻³	g kg ⁻¹		
5,9	0,4	6	0,1	0,7	0,1	0,1	8,1	11	10	0,4	730	700	200

pH água - Relação solo-água 1:2,5. P, K e Cu - Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹. T - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases. MO - Matéria orgânica determinado através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método *Walkey-Black* por 1,724. Areia, silte e argila - Método da pipeta.

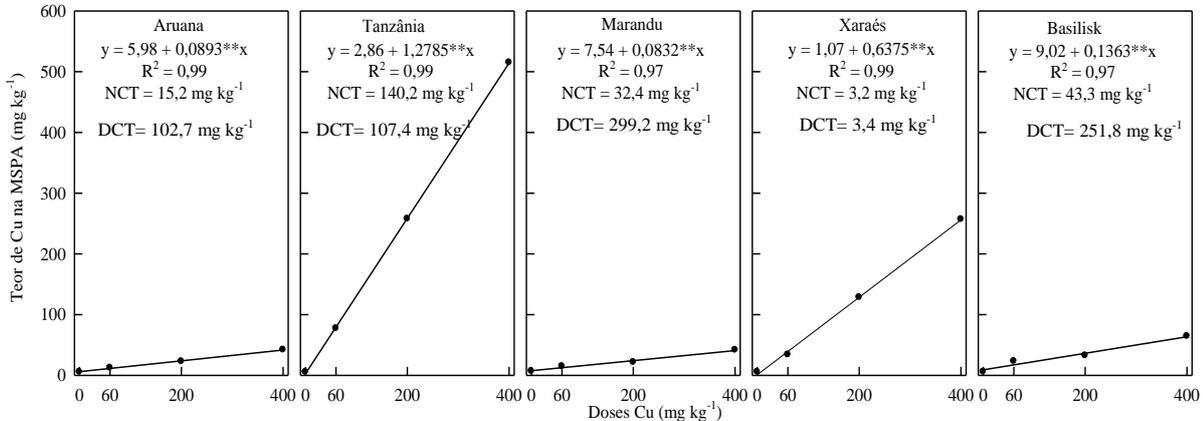


Figura 1. Teor de Cu na massa seca da parte aérea (MSPA) de cinco gramíneas forrageiras em função de doses de Cu aplicadas no solo, dose crítica de toxidez (DCT) e nível crítico de toxidez (NCT) num período de 90 dias após o corte de uniformização. (** significativo a 1% pelo teste t).