



## Teores adequados de Mn no solo para *Eremanthus incanus* (Less.) Less extraídos por DTPA e Melich-1<sup>(1)</sup>.

**Fillipe Vieira de Araújo<sup>(2)</sup>; Enilson de Barros Silva<sup>(3)</sup>; Bárbara Olinda Nardis<sup>(4)</sup>; Maurício Soares Barbosa<sup>(5)</sup>; Ana Karine Cardoso Peixoto<sup>(6)</sup>; Uidemar Moraes Barral<sup>(7)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPEMIG, CNPQ e UFVJM.

<sup>(2)</sup> Professor; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Diamantina, MG; fillipe-vieira@oi.com.br;

<sup>(3)</sup> Professor; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; <sup>(4)</sup> Estudante, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; <sup>(5)</sup> Pesquisador, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; <sup>(6)</sup> Estudante, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; <sup>(7)</sup> Estudante, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**RESUMO:** Pesquisas têm sido realizadas em locais próximos aos complexos industriais indicando concentrações elevadas de metais pesados no solo. A determinação do teor desses elementos geralmente é realizada pelo conteúdo total do elemento no solo, fração solúvel e trocável. Estudos apontam que os extratores químicos que mais têm se destacado são Mehlich-1, e DTPA a pH 7,3. O objetivo desse trabalho foi avaliar o teor adequado de Mn no solo para *Eremanthus incanus* cultivada em solo contaminado com Mn. Instalou-se um experimento em condição de casa de vegetação, em Diamantina (MG). Utilizou-se as doses de Mn 0, 50, 150 e 450 mg kg<sup>-1</sup> de solo. O experimento foi implantando em blocos casualizados, com cinco blocos, sendo o período experimental de 91 dias. Avaliou-se a produção de matéria seca na parte aérea, folha, caule, raiz e total. Aferiu-se o teor de Mn no solo utilizando os extratores Mehlich-1 e DTPA pH 7,3. Os teores de Mn obtidos no solo pelos extratores Mehlich-1, DTPA pH 7,3, de acordo com as equações de regressão ajustadas, apresentaram crescimento linear com o aumento das doses de Mn aplicadas ao solo, sendo notado maiores teores de Mn no solo extraídos por Mehlich-1, seguido por DTPA pH 7,3. Indica-se que para o extrator Melich-1, o teor adequado de Mn no solo é de 13,03 mg kg<sup>-1</sup> e pelo extrator DTPA é de 2,54 mg kg<sup>-1</sup>.

**Termos de indexação:** Fitorremediação, áreas degradadas, metal pesado.

### INTRODUÇÃO

A preocupação com o desenvolvimento de estudos na área ambiental está crescendo a cada dia. Pesquisas realizadas em locais próximos aos complexos industriais têm indicado concentrações elevadas de metais pesados no solo, os quais afetam a produtividade, sustentabilidade e biodiversidade dos ecossistemas (Soares et al., 2002; Tavares et al., 2013).

A determinação do teor desses elementos geralmente é realizada pelo conteúdo total do elemento no solo, fração solúvel e trocável. O conteúdo total do elemento reflete a cognição da sua reserva no solo; a fração trocável e, ou solúvel representa o elemento que pode ser facilmente absorvido pelas plantas (na solução do solo - fitodisponibilidade) representando então uma aferição mais direta da probabilidade de eventuais efeitos nocivos ao ambiente.

Para a determinação do teor de metais pesados é necessária uma padronização do método de extração utilizado, pois cada método de análise possui particularidades, como diferentes soluções solubilizadoras, temperatura, granulometria do solo, relação solo-solução, entre outros, que resultam em diferentes capacidades de solubilizar a fração orgânica e mineral do solo e, por consequência, diferentes teores extraídos (Pelozato et al., 2011).

A escolha do método mais eficiente passa primeiramente pela comparação dos teores de metais pesados obtidos por diferentes métodos de extração. A importância da escolha do método de extração reside na possibilidade de determinar não somente o teor do ponto de vista quantitativo, mas também a disponibilidade, a mobilidade e por fim a possibilidade de transferência do metal pesado do solo para a planta e por consequência a entrada desses na cadeia alimentar (Pelozato et al., 2011).

Assim este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de matéria seca e o teor, de Mn no solo para *Eremanthus incanus* cultivada em solo contaminado.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, em Diamantina (MG) (18°12'S; 43°34'W e altitude de 1.370 m). O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 2006), de textura média, coletado na camada superficial (0-0,20 m) no município de Diamantina (MG), que foi destorroado, seco ao ar e passado em peneira com malha 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**). O teor de Mn no solo foi determinado, antes da aplicação das doses do Mn, pelos extratores Mehlich 1 e DTPA pH 7,3 (Silva, 2009).

A adubação básica de plantio foi feita conforme recomendação de Amaral (2012) encontrada para mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em rejeitos de quartzito. As doses aplicadas consistiram de: 75 mg N (Sulfato de amônio); 70 mg P (Superfosfato Simples); 75 mg K (cloreto de potássio); 0,5 mg B (ácido bórico) e 1 mg Zn (cloreto de zinco) por kg de solo com incubação por 15 dias.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo o fator de blocagem o tamanho das mudas, com quatro doses de Mn 0, 50, 150 e 450 mg kg<sup>-1</sup> de solo, sendo estes níveis de contaminação baseados nas diretrizes de uso e ocupação do solo conforme indicado pela da CETESB (2005). O Mn foi adicionado na forma de cloreto de manganês puro para análise com cinco repetições. As doses de Mn foram aplicadas após o período de incubação do solo para a adubação básica, onde permaneceu por mais 15 dias por incubação.

As mudas utilizadas no experimento foram produzidas no Centro Integrado de Produção de Espécies Florestais CIPEF-UFVJM, provenientes de sementes coletadas em matrizes selecionadas na região do presente estudo. Após o beneficiamento das sementes, estas foram colocadas para germinar em tubetes contendo 55 cm<sup>3</sup> de substrato composto por uma mistura composta de três partes, um terço de solo esterilizado, um terço de casca de arroz carbonizada e um terço de areia, conforme metodologia proposta por Venturini et al. (2005).

Após os períodos de incubação do solo, as mudas que continham dois pares de folhas e 4 cm de altura aproximadamente, foram selecionadas para o experimento. Estas foram retiradas dos tubetes, com posterior destorroamento do substrato, lavagem das raízes em água deionizada e transplantio de uma muda por vaso, sendo estes de polietileno com capacidade de 5 kg, contendo 4 kg de solo.

A umidade do solo foi mantida sob condição de umidade equivalente a 60% do volume total de poros (VTP), conforme proposto por Freire et al. (1980) e aferida diariamente por pesagem dos vasos, completando o peso com água deionizada.

Após o final do período experimental (91 dias), as mudas foram retiradas dos vasos e separadas as

folhas e o caule. As raízes foram separadas do solo e lavadas na seguinte sequência: primeiro em água de torneira com detergente diluído, em seguida em água destilada, solução de HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e finalizando em água deionizada. O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas ou até atingir massa constante. O material foi submetido à pesagem para a determinação da massa seca desses componentes. De posse desses dados foi determinada a massa seca de folhas (MSF), do caule (MSC), de raízes (MSR), da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MSTO).

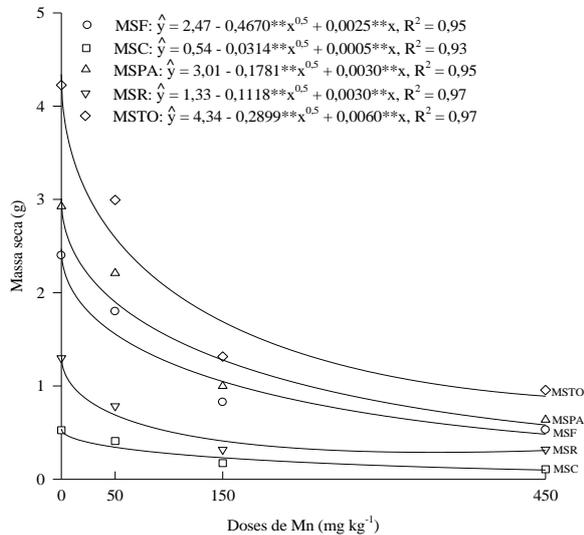
Ao final do experimento foram coletadas amostras de solo para quantificação do teor de Mn extraídos com Mehlich-1 e DTPA pH 7,3 (SILVA, 2009). O teor de Mn foi determinado por espectrometria de absorção atômica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e estudos de regressão em função das doses de Mn aplicadas no solo. A dose adequada de Mn no solo que proporcionaram a máxima produção de matéria seca de folha (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca MSR, MSPA e MSTO da candeia foram estimadas com base nas equações de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Produção de Matéria Seca

Observaram-se reduções da produção de matéria seca ( $p < 0,01$ ), sendo estas influenciadas pelas doses crescentes de Mn no solo (**Figura 1**). A dose controle (0 mg kg<sup>-1</sup> de Mn) apresentou a maior produção de matéria seca nas diferentes partes da candeia, sendo considerada como dose adequada de Mn no solo (Figura 1) para a máxima produção de matéria seca na candeia. A partir da dose controle a produção de matéria seca foi afetada com reduções de 18, 36, 37, 48 e 40% para a produção de MSF, MSC, MSPA, MSR, MSTO, respectivamente, para dose a 50 mg kg<sup>-1</sup> chegando a reduções na produção de MSF, MSC, MSPA, MSR, MSTO de 86, 82, 81, 77 e 80 % respectivamente na maior dose aplicada (450 mg kg<sup>-1</sup>). Isto indica que o teor de Mn contido no solo para este experimento (**Tabela 1**), é suficiente para a máxima produção de matéria seca e que um ligeiro aumento do teor de Mn no solo proporciona danos à produção de matéria seca da candeia.



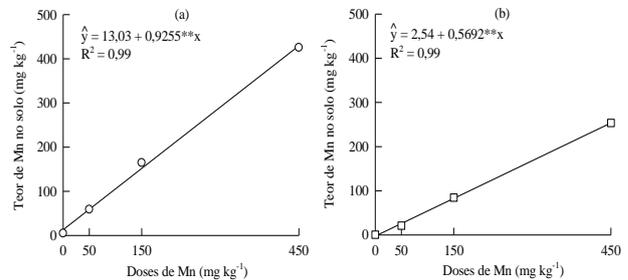
**Figura 1** - Produção de massa seca de folhas (MSF), de caule (MSC), da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MSTO) em função das doses de Mn aplicado em Latossolo Vermelho Distrófico típico avaliado aos 91 dias após o transplântio das mudas de candeia. (\*\* significativo a 1% pelo teste F).

A influência do Mn na produção de matéria seca de diversas plantas foi registrada na literatura. Silva et al. (2013), encontraram para *Brachiaria decumbens*, uma dose adequada de Mn para a MSPA de 81 mg kg<sup>-1</sup> para o primeiro corte e de 72 mg kg<sup>-1</sup> para o segundo corte. Já Sylvestre et al. (2012) encontrou uma dose adequada de Mn para a MSPA de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em resposta a aplicação de crescentes doses de Mn (0, 15, 30, 60 e 120 mg kg<sup>-1</sup>) de 0 mg kg<sup>-1</sup> na soma dos dois cortes efetuados. A concentração de Mn que pode provocar a toxidez é totalmente variada, entre as espécies e variedades de plantas, provavelmente porque os mecanismos de tolerância ao Mn fitotóxico envolvem diferentes vias bioquímicas, específicas para cada genótipo (El-Jaqual & Cox, 1998).

### Teor de Mn no solo

Os teores de Mn obtidos no solo pelos extratores Mehlich-1, DTPA pH 7,3, de acordo com as equações de regressão ajustadas, apresentaram crescimento linear com o aumento das doses de Mn aplicadas ao solo (Figura 2), sendo notado maiores teores de Mn no solo extraídos por Mehlich-1, seguido por DTPA pH 7,3. O extrator quelante DTPA é utilizado como extrator oficial para micronutrientes no estado de São Paulo, enquanto

Minas Gerais tem-se utilizado o extrator Mehlich-1 nas rotinas de laboratório.



**Figura 2** - Teor de Mn no solo pelo extrator Mehlich-1 (a) e DTPA a pH 7,3 (b) em função das doses de Mn aplicado em Latossolo Vermelho Distrófico típico avaliado aos 91 dias após o transplântio das mudas de candeia. (\*\* significativo a 1% pelo teste F).

O maior teor extraído pelo método Mehlich-1 pode ser devido ao caráter ácido desse extrator, de forma que este promove a remoção dos metais trocáveis da fase sólida, da solução e ainda parte dos complexados. O extrator DTPA é um agente quelante que extrai o elemento apenas da parte lábil do solo (Pereira, 2011), por esse motivo o DTPA apresentou menores teores quando comparado ao extrator Mehlich-1.

Com relação às doses de Mn no solo, nota-se que a maior produção de matéria seca para a candeia ocorreu na dose controle (Figura 1) e como para as demais doses ocorreu uma queda brusca na produção de matéria seca, definiu-se então esta dose (dose controle) como dose recomendada. Indica-se então que para o extrator Mehlich-1 o teor adequado de Mn no solo é de 13,03 mg kg<sup>-1</sup> e pelo extrator DTPA é de 2,54 mg kg<sup>-1</sup>.

Puga et al. (2011), estudando os efeitos da aplicação no crescimento, na nutrição e produção de matéria seca de plantas de *Brachiaria brizantha* (cv. MG4), não encontrou nenhum efeito tóxico do manganês sobre a cultivar sendo que na maior dose de manganês estudada (120 mg dm<sup>-3</sup>) o teor no solo de Mn encontrado foi de 14 mg dm<sup>-3</sup>. Segundo o autor embora tenha ocorrido variação no teor de Mn no solo, mesmo nos tratamentos que não receberam aplicação deste nutriente, ela não foi relevante, pois os teores ainda são classificados como baixos. Possivelmente, esse aumento pode ter recebido contribuição dos fertilizantes aplicados (como o superfosfato simples), que podem apresentar resíduos de Mn.

### CONCLUSÕES

A candeia apresentou sensibilidade ao Mn o que inviabiliza o seu uso em estudo de fitorremediação

de solo contaminado por Mn com teor no solo acima de 13,0 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1) e de 2,5 mg kg<sup>-1</sup> (DTPA a pH 7,3).

### AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de mestrado. A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela infraestrutura necessária para execução desse trabalho.

### REFERÊNCIAS

- ALMARAL, C. S.; SILVA, E. B.; PEREIRA, I. M.; NARDIS, B. O.; GONÇALVES, N. H.; AMARAL, W. G. Crescimento da candeia pela adubação mineral e orgânica em rejeito da mineração de quartzito. *Floresta*, 44:421-430, 2014.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. Decisão de diretoria nº 195-2-005-E. (CETESB). 2005.
- EL-JAOUAL, T.; COX, D. A. Manganese toxicity in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 21:353-386, 1998.
- 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.
- FERREIRA, E. V. O.; CARVALHO, J. G.; FARIA JÚNIOR, L. A.; BASTOS, A. R. R.; PINHO, P. J. Manganês na nutrição mineral de cultivares de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39:151-157, 2009.
- FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, G. V.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solo da região de Lavras, MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 4:5-8, 1980.
- PELOZATO, M.; HUGEN, C.; CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SILVEIRA, C. B.; MIQUELLUTI, D. J.; SOUZA, M. C. Comparação entre métodos de extração de cádmio, cobre e zinco de solos catarinenses derivados de basalto e granito-migmatito. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 10:54-61, 2011.
- PUGA, A. P.; PRADO, R. M.; MELO, D. M.; GUIDI, I. M.; ORTEGA, K.; CARDOSO, S. S.; ALMEIDA, T. B. Efeitos da aplicação de manganês no crescimento, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de *Brachiaria brizantha* (cv. MG4). *Revista Ceres*, 58: 811-816, 2011.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 edição. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.
- SILVA, T. R.; PRADO, R. M.; DAVALO, M. J.; SILVA, M. S.; MONTES, R. M.; BORGES, B. M. M. N. Manganês no crescimento e na produção de massa seca de capim-braquiária cultivado em Latossolo Vermelho distrófico. *Científica*, 41:94-98, 2013.
- SOARES, C. F. F. S.; ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S., 2002, Diagnóstico e reabilitação de áreas degradada pela contaminação por metais pesados. In: Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade. Belo Horizonte. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas degradadas, p. 56-82.
- TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. A.; SALGADO, C. M. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. *Holos*, 5:80-97, 2013.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; MACEDO, R. L. G.; NOGUEIRA, F. D.. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch). *Floresta*. 35:211-219, 2005.

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

pH	P	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	Mn	CO	Areia	Silte	Argila	
6,0	0,4	15,9	2,5	0,4	0,02	7,1	1	41	15,9 <sup>(1)</sup>	3,02 <sup>(2)</sup>	1,0	460	230	310

pH<sub>água</sub>: Relação solo-água 1:2,5. P e K: Extrator Mehlich 1. Ca, Mg e Al: Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. T: Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m: Saturação de alumínio. V: Saturação por bases. CO: Carbono orgânico pelo método Walkley-Black. Areia, silte e argila: Método da pipeta. <sup>(1)</sup> Mehlich 1. <sup>(2)</sup> DTPA pH 7,3.