

Metais Pesados (Mn e Zn) em *Typha domingensis* Pers. em Áreas de Mineração de Carvão

Micheli de Freitas¹, Jairo José Zocche² e Karin Esemann de Quadros³

Introdução

A mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina teve início na década de 40 do século passado [1], e desde então tem provocado alterações nos ecossistemas associados às áreas de mineração, comprometendo os recursos hídricos, o solo e a biota [2].

O término da lavra não significa o fim do processo poluidor, pois os rejeitos carbonosos continuam reativos por muito tempo, gerando drenagens ácidas de mina (DAM).

Vários métodos vem sendo utilizados para o tratamento de efluentes domésticos, industriais e de mineração, entre eles os banhados biológicos construídos (*wetlands*). Pesquisas vêm sendo desenvolvidas para analisar a eficiência desses no tratamento de DAMs.

Os banhados biológicos utilizam *Typha* spp. para remover grandes quantidades de metais pesados dos efluentes [3]. Plantas que crescem sobre áreas ricas em metais pesados muitas vezes apresentam adaptações morfológicas e anatômicas em resposta ao estresse provocado pela ação desses. Essa resposta propicia alternativas para o desenvolvimento de tecnologias de saneamento do ambiente [4], que pode ser um dos pontos de partida para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão. A utilização de plantas aquáticas para a fitorremediação de áreas degradadas, justifica-se pela intensa absorção de nutrientes e pelo seu rápido crescimento [5].

Objetivou-se neste trabalho estudar a concentração de metais pesados em *Typha domingensis* Pers., em áreas de mineração de carvão a céu aberto, visando à utilização da espécie na fitorremediação de drenagem ácida de mina.

Material e métodos

A área de estudo localiza-se na Mina do Trevo (S 28° 35' 50" e W 49° 25' 26"), município de Siderópolis, SC, Brasil.

Foram coletadas amostras de água, sedimento, raízes, caules e folhas de *T. domingensis* (n = oito para cada compartimento), em duas áreas distintas: área controle e bacia de decantação de efluentes do beneficiamento do carvão.

As amostras de *T. domingensis* foram lavadas em água corrente, separadas em raízes, caules e folhas, e

desidratadas a 60° por 48 horas, sendo encaminhadas juntamente com as amostras de sedimento e água para análises da concentração de metais pesados.

Foram determinados os conteúdos totais de zinco (Zn) e manganês (Mn) em *T. domingensis*, extraíveis no sedimento e dissolvidos na água, por meio de digestão total ácida a quente e extração a frio respectivamente, com leituras efetuadas por meio de espectrofotometria de absorção atômica, com o uso de forno grafite [6].

Foram comparados os valores médios de concentração de cada metal em cada compartimento de cada área, com as médias mundiais [6].

Foram aplicados aos dados de concentração resultantes das leituras, cálculos estatísticos básicos: média, mediana, coeficiente de variação e desvio padrão. As médias foram submetidas ainda ao test "t" [7], com o objetivo de verificar se a diferença entre a concentração média de cada metal estudado, em cada compartimento da área não minerada, era estatisticamente significativa em relação ao respectivo valor detectado na área minerada, ao nível de confiabilidade de 95%.

Resultados e Discussão

Os valores de concentração de Zn no sedimento, na água e nos caules estão dentro dos limites de normalidade em ambas as áreas, enquanto que, nas raízes na área minerada (508 µg.g⁻¹) e nas folhas em ambas áreas (610 e 141 µg.g⁻¹) foram observados valores acima das médias mundiais.

Entre as duas áreas, foi observada diferença estatística altamente significativa ($P_{<0,05; 14} = 2,145$) quanto a concentração média de Zn no sedimento ($t = 6,00$), assim como, nas raízes ($t = 4,52$). Embora os valores máximos de concentração detectados no sedimento, estivessem abaixo dos limites de normalidade em ambas áreas conforme as médias mundiais [6], observa-se que na área minerada o valor médio de Zn aumentou na ordem de cinco vezes, o que significa que as atividades de mineração do carvão estão disponibilizando o mesmo para o meio.

Apenas a média do conteúdo total de Zn nas raízes na área controle, é um bom parâmetro estatístico para ser analisado, pois esteve muito próximo da mediana e com baixo desvio padrão (Tab. 1). Os demais valores

1. Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense. Av. Universitária, 1105, Criciúma, SC, CEP 88806-000. E-mail: mfr@unesoc.net

2. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense. Av. Universitária, 1105, Criciúma, SC, CEP 88806-000. E-mail: jjz@unesoc.net

3. Professora do Departamento de Ciências Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Rua Antonio da Veiga, 140, Blumenau, SC, CEP 89012-900. E-mail: karin@furb.br.

mostraram uma amplitude de variação em ambas áreas tão elevadas que superaram muito o valor mínimo do coeficiente de variação de 25%.

As concentrações mais elevadas de Zn foram detectadas nas folhas ($610 \mu\text{g.g}^{-1}$) na área controle e nas raízes ($508 \mu\text{g.g}^{-1}$) na área minerada. Esses valores representam em torno de seis e cinco vezes mais, respectivamente, do que os valores estabelecidos como limites máximos aceitáveis [6]. Na área minerada tais valores podem estar se originando a partir dos efluentes do carvão e serem absorvidos pelas raízes da planta. No entanto, na área controle que não tem influência direta da mineração foi registrado em uma amostra das folhas o valor discrepante de $610 \mu\text{g.g}^{-1}$, que está totalmente fora da amplitude das sete demais amostras, que variaram de 5,57 a $11,3 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Esse valor discrepante pode ter se originado a partir da contaminação de uma das amostras, uma vez que o local de coleta (área controle) fica afastado da área de mineração em mais de cinco quilômetros, em uma baixada livre de fontes de contaminação aérea.

Ao ser comparado a significância estatística entre as diferenças entre médias de concentração de Zn nas estruturas da planta em uma mesma área (Tab. 2), foi observado que apenas entre raízes e folhas na área minerada, foi significativa $P_{<0,05; 14} = 2,145$ ($t = 3,66$). Enquanto que entre raízes e caules na área controle, essa diferença foi altamente significativa $P_{<0,01; 09} = 3,25$ ($t = 4,84$).

Com relação ao Mn, as concentrações no sedimento e na água, em ambas áreas, quando comparadas com as médias mundiais [6] observa-se que estão abaixo dos limites de normalidade. Em relação à concentração em *T. domingensis*, observa-se que esse elemento encontra-se em valores mais elevados nas folhas, tanto na área controle quanto na área minerada, ocorrendo na primeira em valores quase duas vezes maiores e na segunda em valores levemente superiores aos limites de normalidade, respectivamente (Tab.1).

Esse fato pode ser explicado por vários motivos: um deles que o *background* da área (padrão) para esse elemento, seja maior do que a média mundial citada; outro que a área controle não seja verdadeiramente isenta de contaminação no sedimento; e um terceiro que o processo adotado pela Carbonífera Rio Deserto para o tratamento da DAM esteja indisponibilizando esse elemento para planta.

Na área controle apenas o valor médio de concentração de Mn no sedimento ($20,85 \pm 6,73$) é um bom parâmetro estatístico a ser analisado, pois é muito similar a mediana (20,85), muito embora o coeficiente de variação tenha sido muito elevado (35,40) [3] (Tab. 1). Para os demais compartimentos observa-se que o coeficiente de variação foi superior a 40%, exceto para água.

No que diz respeito à área minerada (Tab. 1) em todos os compartimentos a média esteve muito próxima à mediana, e com baixos valores de desvio padrão, revelando coeficientes de variação muito próximos a 25%. Essa tendência observada reforça a suposição de que o tratamento dos efluentes adotado pela Empresa,

assim como o tempo de permanência na bacia de decantação não esteja disponibilizando Mn em concentrações que comprometam a presença de *T. domingensis* naquele local.

As concentrações mais elevadas de Mn foram observadas nas folhas ($1831 \mu\text{g.g}^{-1}$) e nas raízes ($480 \mu\text{g.g}^{-1}$) na área controle, enquanto que na área minerada nos caules ($271 \mu\text{g.g}^{-1}$) e nas folhas ($1260 \mu\text{g.g}^{-1}$) (Tab. 1), no entanto observa-se que apenas as concentrações médias detectadas nas raízes diferem estatisticamente entre as duas áreas $P_{<0,05; 14} = 2,145$ ($t = 2,56$).

De outro modo, em relação a diferença de concentração entre estruturas em uma mesma área (Tab. 2), foi observado que apenas a relação raízes e caules na área controle não mostrou diferença estatisticamente significativa $P_{<0,05; 14} = 2,145$ ($t = 1,24$).

As tendências observadas para ambos metais em *T. domingensis*, comprovam o comportamento das plantas em concentrar elementos de forma diferenciada em diferentes estruturas [8]. Este fato é muito importante quando se quer utilizar a espécie para a fitoextração de elementos tóxicos dos efluentes, favorecendo a retirada por meio de colheitas sucessivas das partes aéreas das plantas.

Os dados sugerem ainda que as atividades de mineração de carvão estejam disponibilizando o elemento Zn em concentrações mais elevadas do que os níveis máximos aceitáveis.

Agradecimentos

Agradecemos ao Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC) pela concessão da bolsa de mestrado, e a Empresa Carbonífera Rio Deserto pela disponibilização da área para estudos.

Referências

- [1] CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM). 2001. Projeto conceitual para recuperação ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense. *Relatório Técnico*. v. 1 e 2.
- [2] COSTA, S.; ZOCHE, J. J. 2004. Estudo da concentração de metais pesados no solo e nas plantas de áreas de mineração de carvão. *Relatório final* (PIC/UNESC), Criciúma, SC.
- [3] RIBOLDI, J. 1993. Elementos básicos de estatística. In: *Cadernos de matemática e estatística*. Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Série B. 61p.
- [4] YE, Z. H., S. N. WHITING, Z.-Q. LIN, C. M. LYTHER, J. H. QUIAN, and N. TERRY. 2001. Trace element removal from coal ash leachate by a 10-year-old constructed wetland. *J. Environ. Qual.*, v.30, p. 1710-1719.
- [5] GRANATO, M. 1995. Utilização do aguapé no tratamento de efluentes com cianetos. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, *Série Tecnologia Ambiental* v.5 p.1.
- [6] ALLEN, S.; GRIMSHAW, M. H.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Oxford: Blackwell. 565p.
- [7] CENTENO, A. J. 1999. Curso de estatística aplicada à Biologia. Goiânia: UFG.
- [8] ZOCHE, J. J. 2002. *Comunidades vegetais de savana sobre estruturas mineralizadas de cobre na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS*. 2002. 205 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos, médias mundiais [6] e significância estatística (teste “t”) entre a diferença de concentração média de Mn e Zn, nos diferentes compartimentos das áreas estudadas, Siderópolis (SC).

Parâmetros Estatísticos e Compartimentos	Metais			
	Zn		Mn	
	Área Controle	Área Minerada	Área Controle	Área Minerada
SEDIMENTO – conteúdo extraível (µg.g ⁻¹)				
Amplitude	0,66 a 6,4	7,0 a 18,1	7,17 a 27,0	14,2 a 33,2
Média	1,96	11,41	19,01	22,78
Mediana	1,47	9,63	20,85	19,55
Desvio padrão	1,83	4,05	6,73	7,88
Coeficiente de variação (%)	93,74	35,49	35,40	34,71
Teste “t” calculado	6,00 **		1,03	
Médias mundiais [6]	1 a 40		5 a 500	
ÁGUA – conteúdo dissolvido (µg.L ⁻¹)				
Amplitude	Não detectado	1,13 a 7,53	Não detectado a 0,18	11,1 a 22,6
Média	Não detectado	2,36	0,0225	14,01
Mediana	0	1,62	Não detectado	13,2
Desvio padrão	0	2,12	Não detectado	3,60
Coeficiente de variação (%)		89,83	Não detectado	25,69
Teste “t” calculado	Não calculado		Não calculado	
Médias mundiais [6]	5 a 50		1 a 80	
RAIZ - conteúdo total (µg.g ⁻¹)				
Amplitude	8,42 a 17,4	153 a 508	145 a 480	109 a 207
Média	13,72	247,5	262,87	161,5
Mediana	14,15	176,5	246	169
Desvio padrão	2,82	146,06	106,01	35,46
Coeficiente de variação (%)	20,55	59,01	40,32	221,95
Teste “t” calculado	4,52 **		2,56 *	
CAULE - conteúdo total (µg.g ⁻¹)				
Amplitude	0,94 a 7,99	4,5 a 95,9	98,7 a 299	135 a 271
Média	3,69	38,97	200,46	212,5
Mediana	2,15	29,7	183	212,5
Desvio padrão	3,77	29,32	94,96	46,80
Coeficiente de variação (%)	102,16	75,23	47,37	22,02
Teste “t” calculado	2,01		0,32	
FOLHA - conteúdo total (µg.g ⁻¹)				
Amplitude	5,57 a 610	31,7 a 141	318 a 1831	308 a 1260
Média	83,36	52,36	803,75	815,75
Mediana	8,44	41,75	681,5	800
Desvio padrão	212,80	36,09	474,44	272,63
Coeficiente de variação (%)	255,27	68,92	59,02	33,42
Teste “t” calculado	0,40		0,06	
Médias mundiais planta [6]	15 a 100		50 a 1000	

* Significativo $P < 0,05$

** Altamente significativo $P < 0,01$

Tabela 2. Significância estatística (teste “t”) entre as diferenças de concentração média do conteúdo total de Mn e Zn ($\mu\text{g.g}^{-1}$) nos diferentes estruturas de *Typha domingensis*, nas áreas estudadas, Siderópolis (SC).

Metais	Área Controle			Área Minerada		
	Raiz/Caule	Raiz/Folha	Caule /Folha	Raiz/Caule	Raiz/Folha	Caule /Folha
Mn	1,24	3,14*	3,52*	2,45*	6,73**	6,16**
Zn	4,84**	0,92	0,62	0,81	3,66*	0,81

* Significativo $P < 0,05$

** Altamente significativo $P < 0,01$