

# AVALIAÇÃO DA ECOTOXICIDADE AGUDA ASSOCIADA À DISPOSIÇÃO TERRESTRE DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO DE CARVÃO



## **Mariana Barroso Coelho**

Aluna de Graduação da Geologia, 5º período, UFRJ  
Período PIBIC/CETEM: julho de 2010 a julho de 2011,  
maribarroso.06@gmail.com

## **Ricardo Gonçalves Cesar**

Orientador, Geógrafo, M.Sc.  
rcesar@cetem.gov.br

## **1. INTRODUÇÃO**

O carvão é uma das principais fontes de energia não renovável, mas sua extração inadequada vem acarretando sérios impactos ao ambiente. A exposição da pirita ( $\text{FeS}_2$  -abundante nos resíduos sólidos oriundos da atividade de mineração) à ação do oxigênio e águas pluviais provoca a drenagem ácida (DAM) com geração de ácido sulfúrico que, contendo metais pesados e outros contaminantes, pode atingir ecossistemas aquáticos e terrestres. A porção meridional do estado de SC é amplamente reconhecida pelos efeitos da DAM, causada pela disposição inadequada de resíduos oriundos da mineração de carvão. Na região carbonífera sul catarinense, o estudo dos impactos sobre os ecossistemas aquáticos tem sido priorizado em detrimento aos danos ecológicos sobre organismos de solo, possivelmente impactados pela DAM.

## **2. OBJETIVOS**

Avaliar o grau de ecotoxicidade associada à disposição terrestre de resíduos de mineração de carvão, utilizando bioensaios agudos com oligoquetas e vegetais.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Amostras**

O resíduo de mineração de carvão foi coletado na bacia do rio Urussanga (região carbonífera sul catarinense), com o suporte técnico da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). O material foi recolhido em diferentes pilhas de rejeitos dispostas desordenadamente sobre os solos, gerando uma amostra composta, onde a porção superficial da pilha foi descartada. Em laboratório, o resíduo foi quarteado e triturado em moinho de barra.

### **3.2 Bioensaio agudo com oligoquetas**

A ecotoxicidade do resíduo foi testada em solos artificiais, compostos de 10% de casca de coco, 20% de caulim e 70% de areia fina de quartzo (Garcia, 2004). Para tanto, os bioensaios foram conduzidos com as seguintes doses: 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 e 50%.

Os ensaios foram realizados com 200 gramas de solo umedecidos para a capacidade de campo e 10 oligoquetas adultos de peso semelhante para cada réplica (3) (ASTM, 2004). Antes dos animais serem introduzidos nos testes eles foram deixados sobre papel absorvente umedecido com água destilada durante 24 horas para o purgamento do conteúdo intestinal. O pH dos solos foi aferido através de uma extração sólido-líquido, na proporção 1:2,5 (Solo:água). Estes testes, com duração de 14 dias, são conduzidos sob iluminação constante e temperatura na faixa de  $23 \pm 2^\circ \text{C}$ , segundo ASTM (2004).

Ao final do ensaio foi avaliado o percentual de organismos mortos. Os oligoquetas sobreviventes são congelados, liofilizados, triturados e enviados para determinação da concentração de zinco e mercúrio. A determinação dos demais metais pesados em solos (chumbo, cobre, cromo e níquel) foi realizada por absorção atômica. Os fatores de bioconcentração de metais (FBC) foram calculados através da razão entre o teor do metal em tecido animal e a concentração do solo. Os fatores de contaminação de metais (FC) foram

calculados através da razão do teor obtido para o solo artificial tratado com resíduo e solo artificial puro.

### 3.3 Teste agudo de germinação com alface

De modo semelhante aos testes de ecotoxicidade com oligoquetas, o potencial tóxico do resíduo de mineração foi estudado em solos artificiais, para as seguintes doses: 25, 50 e 70%. O pH foi monitorado em água na proporção sólido-líquido (1:2,5). Os testes foram realizados sem e com ajuste de pH (utilizando CaCO<sub>3</sub>), de forma a verificar a influência desse parâmetro sobre a ecotoxicidade.

O teste foi conduzido com 100 gramas de solo dispostos em pratos plásticos redondos, cuja umidade foi ajustada para a capacidade de campo, com base em ABNT (2004). O ensaio tem duração de 5 dias, e é realizado em foto-período de luz e escuridão (12:6). Ao final do ensaio verificou-se o percentual de sementes germinadas e possíveis alterações morfológicas em sua estrutura.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Concentração de metais nos solos e resíduos

Os valores de metais pesados encontrados em solos artificiais tratados com diferentes doses de resíduo estão compatíveis com aqueles estabelecidos pela resolução 420 do CONAMA (2009) e CETESB (2005), que regem as diretrizes para qualidade de solos no Brasil. Por outro lado, as concentrações de Hg e Pb obtidas estão acima do limite de referência de qualidade estipulado pela CETESB (2005).

O cálculo do FCs revelou o incremento preferencial de metais nos solos tratados com o resíduo: Hg > Cr > Pb > Cu > Ni > Zn – indicando, de fato, a ocorrência de anomalias mais efetivas de Hg e Pb (com concentrações até aproximadamente 7 e 2 vezes maiores do que o valor determinado em solos artificiais puros, respectivamente).

Tabela 1 – Teor total de metais no resíduo de mineração de carvão e nos solos artificiais tratados com diferentes doses de resíduo, incluindo os fatores de contaminação (FC). CT = controle (solo artificial puro); \* - acima do valor de referência estipulado por CETESB (2005).

Doses	Cr		Cu		Ni		Hg		Pb		Zn	
	mg/k g	FC	mg/k g	FC	mg/k g	FC	mg/k g	FC	mg/k g	FC	mg/k g	FC
<b>Res. Carvão</b>	30,80		<5,4		<0,4		0,46		36,40	-	<0,12	-
<b>CT</b>	7,20	-	6,80	-	2,90	-	0,03	-	13,00	-	48,60	-
<b>25%</b>	13,10	1,8 2	5,78	0,8 5	2,23	0,77	0,14*	4,38	18,85 *	1,45	36,47	0,7 5
<b>30%</b>	14,28	1,9 8	5,57	0,8 2	2,09	0,72	0,16*	5,05	20,02 *	1,54	34,04	0,7 0
<b>40%</b>	16,64	2,3 1	5,16	0,7 6	1,82	0,63	0,20*	6,40	22,36 *	1,72	29,18	0,6 0
<b>50%</b>	19,00	2,6 4	4,75	0,7 0	1,55	0,53	0,25*	7,75	24,70 *	1,90	24,33	0,5 0

### 4.3 Bioensaios agudos com oligoquetas

Os valores de pH nos solos artificiais acrescidos de resíduo (Tabela 2) revelaram a existência de um caráter ácido, indicando que a presença e oxidação da pirita nesse resíduo contribuiu significativamente para o aumento da acidez do solo.

Não houve mortalidade significativa de oligoquetas após os 14 dias de exposição (<95 %). Por outro lado, é importante destacar que esses solos foram avaliados após 24 horas de umedecidos. Se tais materiais tivessem sido expostos à ação da água e do oxigênio por um período prolongado de tempo, é possível que a ecotoxicidade desses solos fosse aumentada.

Porém, a quantificação dos teores de Hg e Zn nos tecidos dos animais revelaram a existência de fenômenos de absorção e bioacumulação (Liu et al. 2005). No caso do Hg, os FBCs ficaram, em geral, abaixo de uma unidade, indicando que os organismos absorveram o metal (FBC < 1), mas não bioacumularam (Liu et al. 2005). De fato, o Hg não possui qualquer função biológica para os oligoquetas, o que justifica a obtenção de baixos valores de FBC.

A determinação das concentrações de Zn mostrou, em geral, que os animais bioacumularam o metal (FBC > 1), indicando o enriquecimento do metal nos tecidos desses organismos. Isso possivelmente ocorre devido à função essencial que o Zn exerce no metabolismo desses animais. O Zn desempenha papel importante no crescimento, desenvolvimento e regeneração dos tecidos dos oligoquetas, principalmente o celoma.

Tabela 2 – Determinação do pH em solos artificiais acrescidos de resíduo e fatores de bioconcentração (FBC) obtidos para as respectivas doses.

Doses	pH	Hg			Zn		
		C <sub>solo</sub>	C <sub>min</sub>	FBC	C <sub>solo</sub>	C <sub>min</sub>	FBC
CT	5,95	0,03	0,03	0,85	48,60	83,25	1,71
25%	4,71	0,14	0,05	0,34	60,5	88,6	1,43
30%	4,63	0,16	0,04	0,25	65,5	38,9	0,59
40%	4,44	0,20	0,06	0,29	68,9	74,5	1,08
50%	4,03	0,25	0,34	1,35	72	67,2	0,93

### 4.3 Testes agudos de germinação com alface

Os resultados revelaram uma relação positiva entre a diminuição do pH e a redução do número de sementes germinadas (Tabela 3), sugerindo que o pH desempenha um papel importante na ecotoxicidade e no brotamento das sementes de alface. Além disso, no caso do tratamento de 50%, as sementes germinadas apresentaram deformações morfológicas em relação ao controle (brotos pequenos e pouco desenvolvidos). Entretanto, quando o pH dos solos foi ajustado para a faixa de neutralidade por adição de CaCO<sub>3</sub>, o número de brotos (dessa vez, sem deformações) aumentou significativamente, inclusive para a dose de 70% (Tabela 3).

É importante ressaltar as elevadas doses de resíduo aplicadas nesses solos (até 70%). Efeitos adversos foram somente observados a partir da dose de 50% (Tabela 3). Novamente, caso estes solos tivessem sido expostos à ação do oxigênio por períodos maiores de tempo, processos mais efetivos de oxidação da pirita poderiam ter proporcionado o aumento do potencial tóxico desses materiais para doses mais baixas.

Tabela 3 – Percentual de sementes germinadas em solos artificiais acrescidos de distintas doses de resíduo: materiais com e sem ajuste de pH.

Dose (%)	pH		Germinação (%)	
	Não Ajustado	Ajustado	Não Ajustado	Ajustado
25	4,71	5,80	100	-
50	4,66	6,85	22	100
70	3,88	7,23	0	39

## 5. CONCLUSÕES

A determinação de metais pesados nos solos artificiais acrescidos do resíduo de mineração de carvão indicou as mais elevadas concentrações para o Hg e o Pb, em relação à CETESB (2005). O resíduo de mineração de carvão estudado apresentou baixa ecotoxicidade para os oligoquetas, porém revelou a existência de fenômenos de absorção e bioacumulação de Hg e Zn. O teste de germinação com alface indicou que o pH exerce grande influência na germinação das sementes expostas. Em trabalhos futuros, serão estudados cenários crônicos de exposição da pirita e dos organismos, de forma a testar cenários hipotéticos em que o referido mineral possa sofrer processos mais efetivos de oxidação.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa de IC concedida, aos meus orientadores Ricardo Cesar e Helena Polivanov (Geologia/UFRJ) pela assistência e pela oportunidade. Aos meus companheiros de laboratório, Thiago Álvaro e Juan Colonese, pela ajuda nos ensaios.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM. (2004). Standard Guide For Conducting Laboratory Soil Toxicity Or Bioaccumulation Tests With The Lumbricid Earthworm *Eisenia fetida* and the enchytraeid potworm *enchytraeus albidus*.

CETESB. 2005. Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela\\_valores\\_2005.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf)>. Acessado em: Março/2010.

CONAMA. 2009. Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em: 19 abr. 2010.

Liu, X., Chengxiao, H., Zhang, S. (2005). Effects on earthworm activity on fertility and heavy metals bioavailability in sewage sludge. **Environment International**, 31: 874-879.