

ACIDIFICAÇÃO E LIBERAÇÃO DE METAIS PESADOS EM PERFIS DE SOLOS CONSTRUÍDOS NA ÁREA DE MINERAÇÃO DE CARVÃO DE CANDIOTA – RS

JÉFERSON DIEGO LEIDEMER¹; ELOY ANTÔNIO PAULETTO²; PABLO MIGUEL³; DIONI GLEI BONINI BITENCOURT⁴; LUIZ FERNANDO SPINELLI PINTO⁵

¹ Universidade Federal de Pelotas – jeferson.leidemer@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – pauletto_sul@yahoo.com.br

³ Universidade Federal de Pelotas – pablo.ufsm@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – dioniglei@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – lfspin@uol.com.br

1. INTRODUÇÃO

O carvão mineral é uma importante fonte de energia não renovável no Brasil. Do volume de reservas, o Estado do Rio Grande do Sul responde por 89,25%, dos quais 38% encontram-se no município de Candiota (RS) (ANEEL, 2008). O carvão desta jazida, que possui alto teor de cinzas (>50%), em função da proximidade, é utilizado sem beneficiamento para geração de energia na Usina Termoelétrica Presidente Médici, localizada ao lado da jazida, e possui capacidade de geração 446MW (CGTEE, 2015).

O processo de extração do carvão traz problemas ambientais de grandes proporções, pois é realizado a céu aberto, provocando uma grande impacto ambiental e modificação estrutural da região. Inicialmente são retirados os horizontes superficiais do solo e subsolo, em seguida são removidas camadas de rochas e saprolitos subjacentes ou intercalados a camada de carvão, denominadas de estéreis (arenitos, siltitos, argilitos e folhelos carbonosos). Estando esta etapa concluída, o carvão é então retirado. Após, inicia-se o processo na cava seguinte, de onde é retirado o material superficial para preencher a cava anterior e assim, sucessivamente. Dessa forma é possível fazer a reconstrução topográfica do ambiente. Além disso, são depositadas camadas de solo superficial (horizonte A), denominada terra vegetal, ou de subsolo (horizonte B ou C). Sob essas camadas são realizadas práticas agronômicas, como calagem e plantio de espécies vegetais visando a revegetação da área.

Devido a fatores que desestruturaram o solo recuperado como a compactação e diminuição da matéria orgânica das camadas mais superficiais, há uma restrição ao crescimento de vegetação e redução da taxa de infiltração de água. Dessa forma há um favorecimento do escoamento superficial da água causando assim uma perda de solo por erosão. Essa erosão acaba por expor a camada de estéril do perfil do solo recuperado, contaminando assim as águas de mananciais. A camada de estéril pode conter minerais sulfetados, como pirita (FeS_2), que em contato com a água e o ar oxidam e produzem ácido sulfúrico. Essa acidificação da solução provoca a dissolução de minerais aluminossilicatados e eleva a concentração de metais pesados, provocando o principal problema ambiental em áreas de mineração de carvão, que é o processo de drenagem ácida de mina (DAM). Hipoteticamente, mesmo com a revegetação sendo bem sucedida, havendo a presença de sulfetos e a penetração de água e oxigênio no perfil do solo pode ocorrer a geração de drenagem ácida nas camadas sub-superficiais, contaminando o lençol freático.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar no campo a geração de drenagem ácida e liberação de metais pesados na solução do solo da zona vadosa em

condições não saturadas em perfis de diferentes idades e morfologias na área de mineração de carvão de Candiota-RS.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na área de mineração de carvão da Companhia Rio-grandense de Mineração (CRM) no município de Candiota-RS, próximo à cidade de Bagé, distante 336km de Porto Alegre-RS e 180km da cidade de Pelotas-RS. As camadas de carvão fazem parte da formação Rio Bonito (IBGE, 1986).

Foram selecionadas para o trabalho duas áreas mineradas em diferentes épocas, uma denominada de malha II, minerada antes da promulgação da lei CONAMA 01/86, que exigia a recuperação ambiental concomitante com a lavra, entre 1980 e 1990 (de 20 a 30 anos), e outra nas malhas IV/VII, minerada após, a partir de 1990 até o presente (em torno de 20 anos). A malha II foi minerada sem plano de recuperação ambiental durante a lavra, sendo somente deixadas as pilhas estéreis. No caso das malhas IV/VII houve a construção da área com a colocação de terra vegetal (horizontes A e B do solo) sob as camadas de estéril e em alguns locais com adição de uma camada de argila entre a camada de estéril e a terra vegetal. Em cada uma destas áreas foram abertas trincheiras de 1,5 x 1,5 x 2,0m, utilizando uma retroescavadeira, para expor uma área que permitisse a instalação dos lisímetros de sucção.

A trincheira da malha II (formada somente por pilhas de estéreis) foi identificada como MII-T1 (1983) e as das malhas IV e VII como sendo trincheira 1 (MIV-T1 – de 1993) com colocação de terra vegetal; trincheira 2 (MIV-T2 – 1994) com colocação de terra vegetal mais camada de argila; trincheira 3 (MVII-T3 - 2001), com colocação de terra vegetal e adição de calcário e trincheira 4 (MIV-T4 - 2007) com colocação de terra vegetal mais camada de argila.

Foram instalados três lisímetros de sucção por trincheira nas seguintes profundidades: MII-T1, L1= 60cm, L2= 113cm, L3= 185cm; MIV-T1, L1= 60cm, L2= 107cm, L3= 188cm; MIV-T2, L1= 85cm, L2= 107cm, L3= 189cm; MIV-T4, L1= 84cm, L2= 122cm, L3= 192cm, MVII-T3, L1= 60cm, L2= 108cm, L3= 181cm. Os lisímetros foram instalados perpendiculares ($\alpha = 90^\circ$) à parede das trincheiras e a técnica de instalação foi baseada no manual das cápsulas de sucção (ecoTech, Bonn, Germany).

Após a instalação dos lisímetros nas trincheiras foi aplicado uma sucção de 0,05 MPa com uma bomba de vácuo manual, que se manteve por no mínimo uma semana. Depois dos eventos de chuvas significativas e posterior ao umedecimento do perfil dos solos construídos foi possível realizar as primeiras coletas, sendo que estas coletas iniciais de solução do solo foram desprezadas em função de uma provável contaminação oriunda do processo de instalação dos lisímetros de sucção, posteriormente foram coletadas e armazenadas sob refrigeração as soluções do solo sequenciais.

Os análises químicas da solução do solo extraídas com lisímetro de sucção foram determinadas por ICP-OES, à exceção do silício e do enxofre, que foram determinados por espectrometria UV-visível.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises do perfil MIV-T1-L2, localizado na camada de estéril logo abaixo da terra vegetal ("topsoil") mostraram elevados níveis de alumínio e ferro, juntamente com altas concentrações de metais pesados (tabela 1). Esta camada apresenta também alta condutividade elétrica ($7,67 \text{ dS m}^{-1}$) e um valor de pH menor

do que 3,0 (2,97), o que evidencia um intenso processo de geração de drenagem ácida (DAM) neste local. Portanto, a cobertura de terra vegetal do solo não foi o suficiente para reduzir o processo de intemperização química do solo devido a geração ácida em profundidade. Por outro lado, na camada MIV-T4-L2, onde o pH é alto (8,08) e teores de metais são baixos, podemos notar que ocorre o processo de sulfurização, o que é indicado pela alta condutividade elétrica (5,91 dS m⁻¹) e pelas elevadas concentrações de sulfato.

Os menos valores de pH (< 2,50) foram apresentados no perfil da malha II (que apresenta apenas estéreis de mineração) onde encontram-se teores elevados de sulfato, alumínio, ferro e metais pesados, principalmente em MIIT1-L3, o que também caracteriza um intenso processo de geração de drenagem ácida de mina (DAM). De acordo com o CONAMA (2011), os valores de metais pesados como cobre, cádmio, chumbo, arsênio, selênio e bário são menores do que os valores máximos permitidos em corpos de água receptores. Tanto o ferro quanto alumínio tiveram os seus valores acima do limite permitidos para MIIT1-L1, MIIT1-L3, MIVT1-L2, MIVT1-L3, MIVT2-L3, MIVT3-L3 e MIVT4-L3. Por fim, os valores de níquel e cobalto apresentaram valores acima dos valores de referência (0,025 e 0,05mg dm⁻³, respectivamente) para água doce (CONAMA, 2005).

Tabela 1 – Análises químicas da solução do solo coletada pelos lisímetros.

Amostra	pH	CE	Si	SO4	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na
MIV-T1L-1	4,69	0,45	0,69	291,92	2,26	29,56	11,87	<0,004	0,17	5,06	1,04	5,27
MIV-T1-L2	2,97	7,67	4,83	5395,41	32,12	526,67	229,12	0,242	13,18	630,74	29,8	41,9
MIV-T1-L3	3,22	4,23	1,43	2823,46	46,95	1024,65	310,62	0,006	2,22	135,30	36,8	46,5
MIV-T2-L1	5,22	0,32	0,71	235,80	4,30	30,41	11,60	0,016	0,22	0,19	1,1	9,2
MIV-T2-L2	3,30	5,74	1,66	3779,83	79,79	985,78	409,83	0,299	8,35	13,64	101,2	293,3
MIV-T2-L3	3,41	4,96	0,61	2804,69	85,99	938,27	269,19	0,062	2,52	135,41	44,5	268,8
MIV-T4-L1	7,50	0,16	0,93	38,42	1,61	12,72	5,08	0,024	0,13	0,84	0,3	28,6
MIV-T4-L2	8,08	5,91	0,21	3068,31	63,55	602,97	312,44	<0,004	<0,02	0,15	6,6	385,8
MIV-T4-L3	3,48	7,71	1,67	4820,40	74,49	769,97	389,54	0,221	24,18	83,01	39,0	536,6
MVII-T3-L1	4,54	2,38	1,97	1241,98	13,40	304,88	140,26	0,052	1,50	4,89	9,7	89,2
MVI-IT3-L3	3,74	1,93	1,28	1014,58	20,66	217,24	99,82	0,006	0,83	19,22	7,9	12,8
MII-T1-L1	2,47	2,16	0,10	751,92	0,33	42,33	3,53	0,14	0,30	31,33	0,3	0,90
MII-T1-L3	2,35	6,43	0,37	5250,45	8,40	452	18	0,57	1,70	247	1,7	4,10
VMP(1)	6,0 a 9,0			250				0,009	0,18	0,3	0,1	

continuação...

Amostra	Cd	Cr	Ni	Pb	Al	Co	As	Se	Ba	Mo
MIV-T1-L1	<0,004	<0,004	0,038	<0,02	3,39	0,04	<0,02	<0,03	0,10	<0,003
MIV-T1-L2	0,026	0,058	3,282	0,12	410,19	4,19	0,06	<0,03	<0,01	<0,003
MIV-T1-L3	<0,002	0,016	1,686	0,03	11,70	2,54	0,04	<0,03	0,02	<0,003
MIV-T2-L1	<0,002	<0,004	0,035	<0,02	0,99	0,04	<0,02	<0,03	0,12	<0,003
MIV-T2-L2	0,084	0,029	3,143	0,06	63,68	3,60	0,06	0,04	0,23	<0,003
MIV-T2-L3	0,003	0,013	0,866	<0,02	2,14	1,56	<0,02	<0,03	0,09	<0,003
MIV-T4-L1	<0,002	<0,004	0,011	<0,02	0,18	0,02	<0,02	<0,03	0,12	<0,003
MIV-T4-L2	<0,002	0,016	0,075	<0,02	0,10	0,06	<0,02	<0,03	0,03	<0,003
MIV-T4-L3	0,023	0,037	4,138	0,15	165,09	5,80	0,16	<0,03	0,14	0,004
MVII-T3-L1	0,011	0,014	0,713	0,08	29,89	0,80	<0,02	<0,03	0,06	<0,003
MVI-IT3-L3	0,006	0,005	0,482	<0,02	5,86	0,52	<0,02	<0,03	0,03	<0,003
MII-T1-L1	0,010	0,010	0,120	<0,02	48,67	0,11	<0,02	<0,03	0,02	1,140
MII-T1-L3	0,030	0,490	1,100	<0,02	926,00	0,98	0,04	<0,03	<0,01	<0,003
VMP(1)	0,001	0,05	0,025	0,01	0,1	0,05	0,01	0,01	0,7	

M4T1L1= Malha 4 trincheira 1 lisímetro 1, M4T1L2= Malha 4 trincheira 1 lisímetro 2, M4T1L3= Malha 4 trincheira 1 lisímetro 3, M4T2L1= Malha 4 trincheira 2 lisímetro 1, M4T2L2= Malha 4 trincheira 2 lisímetro 2, M4T2L3= Malha 4 trincheira 2 lisímetro 3, M4T4L1= Malha 4 trincheira 4 lisímetro 1, M4T4L2= Malha 4 trincheira 4 lisímetro 2, M4T4L3= Malha 4 trincheira 4 lisímetro 3, M7T3L1= Malha 7 trincheira 3 lisímetro 1, M7T3L3= Malha 7 trincheira 3 lisímetro 3, CE = condutividade elétrica (dS/m). A unidade das bases e metais é: mg/dm³. (1) valor máximo permitido (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

4. CONCLUSÕES

A avaliação da solução do solo coletada com lisímetros de sucção confirma a formação de drenagem ácida de mina (DAM) em profundidade, mesmo nas áreas com cobertura de terra vegetal ou argila (malhas IV e VII), indicando que as camadas superficiais de solo (“topsoil”), apesar da menor intensidade de DAM, não foram suficientes para conter ou minimizar o processo de degradação química dos solos construídos.

Quanto à qualidade química da solução do solo, foram encontrados valores acima do permitido para lançamento de efluentes para Mn e Fe em praticamente todos os perfis, com Zn, Ni e Cr acima nas camadas mais profundas de alguns perfis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3ed. Brasília: Aneel, 2008. 236p.

CGTEE.Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica - Eletrobrás CGTEE. Unidade Candiota. Disponível em: <<http://www.cgtee.gov.br/sitenovo/index.php?secao=37>>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, IBGE, 1986. 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, 33).