

CARACTERIZAÇÃO DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE CARVÃO PARA REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Flavia Sipres

Aluno de Graduação da Engenharia Ambiental, 3º período, UFRJ

Período PIBIC/CETEM: Dezembro de 2014 a Julho de 2015

fsipres@cetem.gov.br

Pablo Guenther Soares

Orientador, Eng. Florestal, M.Sc.

pgsoares@cetem.gov.br

Zuleica Carmen Castilhos

Co-orientadora, Bioquímica, D.Sc.

zcastilhos@cetem.gov.br

Abstract

Coal mining causes many environmental impacts. In the coal basin of southern Santa Catarina Estate there are large areas in advanced degradation conditions. Coal wastes containing sulfide materials are thrown out in inappropriate places. In contact with water and air it generates acid mine drainage and causes pollution of soil and water resources. The objective of this study was to characterize a tailings sample originating from the coal mine UM-II - Verdinho in Forquilha city (SC), in the Araranguá river watershed. Heavy metal contents were analyzed (Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cr, Co, Cd, Pb) as well as the soil fertility potential in order to assess the pollutant potential of the sample. The results suggest that the tailings material showed high micronutrient content related to the required amounts for plant nutrition, but low heavy metal contents, being below the heavy metal allowable limits established by the environmental legislation and compared to natural soils.

Keywords: coal, tailings, soil pollution.

Resumo

A mineração de carvão causa diversos impactos ao meio ambiente. Na bacia carbonífera de Santa Catarina existem extensas áreas em estado avançado de degradação. Os rejeitos de carvão, contendo materiais sulfetados, são dispostos em locais inapropriados. Em contato com a água e o ar geram a drenagem ácida de minas e causam a poluição de solos e recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar uma amostra de rejeito proveniente da mina de carvão UM-II – Verdinho, situada no município de Forquilha (SC), na bacia hidrográfica do Rio Araranguá. Foram analisados teores de metais pesados (Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cr, Co, Cd, Pb), bem como o potencial de fertilidade do solo, a fim de avaliar o grau de toxicidade da amostra. Os resultados indicam que o material estudado apresentou teores elevados em relação à quantidade de micronutrientes necessários à nutrição vegetal, mas se encontra dentro de limites aceitáveis de metais pesados estabelecidos pela legislação e comparado com solos naturais.

Palavras chave: carvão, rejeito, poluição do solo.

1. INTRODUÇÃO

Um dos impactos ambientais causados pela mineração de carvão decorre da remoção da cobertura vegetal e da alteração do perfil solo. A camada superficial do solo é detentora de

maior teor de matéria orgânica e de intensa atividade microbiológica; sua retirada provoca perda da fertilidade natural e problemas de erosão. Além disso, esta atividade requer grande quantidade de área para o transporte do material, lavagem e beneficiamento do minério, depósito de estéril e barragem de rejeitos (SOARES *et al.*, 2008). Com isso, extensas áreas são desmatadas e a terra perde, em grandes proporções, sua capacidade natural de regeneração. Na Bacia Carbonífera de Santa Catarina foram quantificados cerca de 5.500 hectares de áreas degradadas (LOPES *et al.*, 2009). A bacia do Rio Araranguá demonstrou ser a mais afetada entre as três bacias hidrográficas que compõem a região (CASTILHOS *et al.*, 2010). Devido aos inúmeros danos que esta atividade mineradora causa sobre o meio ambiente e, no caso específico da região sul de SC, por ordem judicial (BRASIL, 1993), faz-se necessária a reabilitação dessas áreas, implantando planos de recuperação e de fechamento de mina, para o caso das minas desativadas ou abandonadas.

Os estéréis e rejeitos da mineração de carvão, contendo materiais sulfetados, em contato com a água e com o ar se decompõem baixando o pH e liberando metais pesados que, por infiltração, contaminam solos e cursos d'água, gerando a drenagem ácida de minas (DAM) (MELLO; ABRAHÃO, 1998). A determinação de micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cl e Mo) e de metais pesados não é realizada em análise de rotina de solos; no entanto, em algumas situações a determinação destes elementos torna-se de grande importância para prevenir problemas de ordem nutricional, ou mesmo de contaminação de recursos hídricos (DIAS, 1998). Vários elementos, chamados de elementos-traço, dentre os quais se destacam os metais pesados e alguns micronutrientes, da litosfera, em condições menores do que 1 g kg^{-1} , podem ser tóxicos para os organismos vivos (MEURER, 2007).

Os principais esforços têm sido em dispor, adequadamente, os resíduos de carvão e tratar a DAM por meio de tratamento físico-químico (SCHNEIDER, 2006). Entretanto, parte dos problemas ambientais pode ser resolvida separando o rejeito de carvão por densidade e granulometria e aproveitando os resíduos da mineração como matéria-prima para outras atividades industriais, diminuindo assim o volume destinado ao descarte (AMARAL FILHO *et al.*, 2013). Dessa forma, faz-se necessário um conhecimento mais detalhado do componente químico da fração do rejeito a ser destinada ao ambiente, seja para verificar o potencial de poluição, seja para orientar as ações de recomposição do solo e reintrodução de espécies vegetais.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo analisar quimicamente, com foco no teor de metais pesados e no potencial de fertilidade do solo (aporte de micronutrientes), uma amostra do rejeito da mineração de carvão destinada ao descarte no ambiente. A caracterização destina-se à avaliação do potencial poluidor da amostra, além de fornecer subsídios para ações de revegetação visando a recuperação ambiental e o aproveitamento econômico pós-fechamento de mina.

3. METODOLOGIA

O material estudado foi o rejeito de mineração de carvão, que atualmente enfrenta problemas associados ao processo de DAM, graças à disposição inadequada do minério rico em pirita. Este material foi retirado da área de depósito de rejeitos da mina de carvão UM-II – Verdinho, de propriedade da Carbonífera Criciúma S/A, situada no Município de Forquilha (SC), na bacia hidrográfica do Rio Araranguá. Trata-se de fração de densidade intermediária, com predomínio de material inerte, separada e destinada ao descarte no ambiente após beneficiamento e reaproveitamento econômico (fins energéticos e comercialização da pirita) de parte do rejeito (AMARAL FILHO *et al.*, 2013).

A amostra foi coletada na camada superficial (0-20 cm) para posterior caracterização química. Foram analisados os teores de metais pesados (Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cr, Co, Cd, Pb) totais contidos na amostra. A extração desses elementos foi realizada com a solução extratora de Mehlich 1 (HCl 0,05M + H₂SO₄ 0,0125M) na relação solo: extrator 1:5 e a determinação, por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 2009).

A amostra foi analisada pelo Laboratório de Análise de Solos, Água e Planta (LASP) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Solos (Rio de Janeiro, RJ).

Finalmente, foi realizado um levantamento bibliográfico com o objetivo de comparar os resultados obtidos com parâmetros definidos pela Resolução CONAMA 420 (CONAMA, 2009) e com valores de referência de qualidade (VRQ) preconizados por esta Resolução para solos naturais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise química da amostra em estudo foram comparados com valores de referência de metais pesados em solos naturais dos estados do Rio Grande do Norte (PRESTON *et al.*, 2014) e do Espírito Santo (PAYE *et al.*, 2010) e relacionados com valores de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420 (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação entre os resultados da análise química da amostra de rejeito da mineração de carvão, os valores de referência de qualidade (VRQ) de solo natural dos Estados do RN e ES e valores de prevenção (VP) estabelecidos na legislação para qualidade do solo.

Elemento	Amostra	VRQ / RN ⁽¹⁾	VRQ / ES ⁽²⁾	VP ⁽³⁾
mg dm ⁻³				
Co	0,673	15,41	10,21	-
Cu	1,18	13,69	5,91	60
Ni	1,11	19,84	9,17	30
Zn	3,27	23,85	29,87	300
Fe	104			-
Mn	17,3			-
Cr	*	30,94	54,13	75
Cd	*	0,1	< 0,13	1,3
Pb	*	16,18	< 4,54	72

⁽¹⁾Preston *et al.*, 2014.; ⁽²⁾Paye *et al.*, 2010.; ⁽³⁾CONAMA, 2009; *Teor do elemento abaixo do limite de detecção da técnica utilizada.

Observa-se que os teores de metais pesados encontram-se abaixo dos valores de referência de qualidade documentados para solos naturais e dentro dos limites de prevenção estabelecidos pela legislação. O valor de prevenção (VP), segundo a Resolução CONAMA 420, é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais como servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos, manter o ciclo da água e dos nutrientes, servir como meio para a produção de alimentos, entre outras funções.

Os resultados indicaram teores similares, com exceção do Fe (alto) e Mn (baixo), aos valores médios encontrados por Pereira *et al.*, (2010) em amostras de solo às margens de rodovias no Estado de Goiás, com teores de Cu, Fe, Mn, Ni e Zn, respectivamente, de 0,71, 51,82, 41,59, 2,15 e 2,30 mg dm⁻³. Os teores de Fe, Mn e Zn se mostraram similares (no caso do Fe) e um pouco mais elevados em relação aos valores encontrados em solo reconstituído (composto por finos de carvão, argila e cinzas oriundas do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda) nas antigas bacias de decantação do Lavador de Capivari, localizado em Capivari de Baixo (SC) (ZOCHE, 2005).

Os teores de micronutrientes foram relacionados em classes de acordo com a interpretação dos teores de micronutrientes no solo obtidos a partir de ensaios de calibração em diferentes regiões do país (ABREU *et al.*, 2007) e listados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da análise química da amostra do rejeito de carvão da UM-II - Verdinho, Forquilha (SC) e interpretação dos resultados da análise de solo para micronutrientes em diferentes regiões do Brasil*

Elemento	Amostra	RS/SC	PR	ES	MG	Cerrados
mg dm ⁻³						
Cu	1,18	alto	médio	baixo	médio	Alto
Fe	104	baixo	alto	médio	alto	-
Mn	17,3	alto	alto	médio	alto	Alto
Zn	3,27	alto	alto	muito baixo	alto	Alto

*Extraído de Abreu *et al.*, 2007

Em muitos casos, a classificação sugere, para os teores encontrados na amostra de rejeito, um nível tóxico para as plantas. No entanto, os teores totais não seriam suficientes para estimar se estão em condições de apresentar toxidez. De acordo com Lindsay (1972), citado por Abreu *et al.* (2007), a maioria dos nutrientes metálicos não está na forma livre, mas complexada. Portanto, o conhecimento das formas químicas dos micronutrientes na solução do solo é mais importante para estimar suas mobilidades e disponibilidades às plantas do que a determinação dos seus teores totais na solução do solo. Ainda segundo Abreu *et al.* (2007), os micronutrientes na solução do solo estão em fluxo constante e suas concentrações dependem do pH, umidade, temperatura, dentre outros.

Alguns vegetais têm a capacidade de se desenvolver em ambientes com concentrações de metais consideradas tóxicas sendo, portanto, tolerantes às condições nas quais a maioria das espécies não sobrevive. Apesar de alguns tipos de solos e rejeitos de mineração conterem, muitas vezes, concentrações de metais pesados extremamente altas, populações de certas espécies têm sido registradas como suas colonizadoras naturais. Crescendo espontaneamente em área de estereis de mineração de carvão no sul de SC, com pH extremamente ácido, *Eucalyptus saligna* mostrou grande poder de adaptação (SANTOS *et al.*, 2009). Considerando ainda o rápido crescimento e o potencial para múltiplos usos, constitui alternativa promissora para a recuperação de áreas degradadas pela mineração.

5. CONCLUSÕES

É possível afirmar que os teores de metais pesados do material analisado não apresentam riscos de contaminação ao ambiente. Em relação ao aporte total de micronutrientes, a amostra analisada sugere potencial toxidez para as plantas. No entanto, faz-se necessária a avaliação da disponibilidade destes elementos na solução do solo e os fatores que influenciam a absorção no tecido vegetal.

De forma geral, os resultados de experimentos semelhantes encontrados na bibliografia apresentam grande variação (desvio padrão) dos teores dos elementos, de modo que, para maior conhecimento do material em estudo, recomenda-se a análise de grande número de amostras para que estas sejam representativas de todo volume de material inerte.

De forma a orientar as ações subsequentes (adição de solo, adubação, correção da acidez e escolha de espécies adequadas), recomenda-se uma caracterização química complementar, como análise de rotina para fins de avaliação de fertilidade do solo (determinação de pH em H₂O na relação 1:2,5; carbono orgânico para estimar o teor de matéria orgânica; P e K disponíveis; Ca, Mg e Al trocáveis; e acidez potencial (H + Al) determinada com solução tamponada a pH 7,0), determinação de S-disponível, potencial de acidificação e neutralização do rejeito, bem como de experimentos controlados (casa de vegetação) com solo misturado e espécies indicadas para a recuperação ambiental de áreas mineradas.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa concedida; à Embrapa Solos pelas análises realizadas; ao CETEM pela infraestrutura; à coorientadora Zuleica Carmen Castilhos e ao orientador Pablo Guenther Soares.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. SBCS, Viçosa, 2007. p.645-736.

AMARAL-FILHO, J. R.; SCHNEIDER I. A. H.; BRUM, I. A. S.; SAMPAIO, C. H.; MILTZAREK, G.; SCHNEIDER, C. Caracterização de um depósito de rejeitos para o gerenciamento integrado dos resíduos de mineração na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 66, n.3, , 2013. p.347-353.

BRASIL. JUSTIÇA FEDERAL. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. **Processo nº 93.8000533-4**. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Propõe a recuperação dos danos ambientais causados pela exploração de carvão mineral na região sul de Santa Catarina. Petição inicial protocolada em 15 de abril de 1993.

CASTILHOS, Z. C.; BIDONE, E. D.; CESAR, R. G.; EGLER, S. G.; ALEXANDRE, N. Z.; BIANCHINI, M.; NASCIMENTO, T. **Metodologia para o monitoramento da qualidade das águas da Bacia Carbonífera Sul Catarinense: ferramenta para gestão em poluição ambiental**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 105p. (CETEM/MCT SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 13)

CONAMA. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Publicação DOU nº 249, de 30/12/2009, p. 81-84.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. 1998, p. 27-44.

LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Eds.) **Micronutrients in agriculture**. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 41-57.

LOPES, R. P.; SANTO, E. P.; GALATTO, S. L. Mineração de carvão em Santa Catarina: geologia, geoquímica e impactos ambientais. In: MILIOLI, G.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V. (Coord.) **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina**. Curitiba: Juruá, 2009, p.51-70.

MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P. Geoquímica da drenagem ácida. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. 1998, p. 45-57.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. SBCS, Viçosa, 2007. p.65-90.

PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P.; FILHO, E. I. F.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B.; FRANÇA, M. M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.6, 2010. p. 2041-2051.

PEREIRA, A. A.; BORGES, J. D.; LEANDRO, W. M. Metais pesados e micronutrientes no solo e em folhas de *Brachiaria decumbens* às margens de rodovias. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 26, n. 3, maio / jun. 2010. p. 347-357.

PRESTON, W.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M.; JUNIOR, V. S. S.; SILVA, W. R.; FERREIRA, H. A. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.3, 2014. p. 1028-1037.

SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V.; FILHO, L. S. L. Estrutura comunitária da vegetação em pilhas de estereis de mineração de carvão a céu aberto. In: MILIOLI, G.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V. (Coord.) **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina**. Curitiba: Juruá, 2009, p.191-202.

SCHNEIDER, C.H. **Controle da drenagem ácida de minas na mineração de carvão de Santa Catarina: caso da mina UM II-Verdinho**. 2006. 46p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Metalurgia e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil).

SILVA, F. C. (Ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p., il.

SOARES, P. S. M.; SANTOS, M. D. C.; POSSA, M. V. (Eds.) **Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 300p., il.

ZOCHE, J. J. Metais pesados (Fe, Mn e Zn) no solo construído e na vegetação das antigas bacias de decantação do Lavador de Capivari, Capivari de Baixo, SC. In: Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano, 6, 2005, Curitiba. **Anais...** Paraná: Brasil, 2005. p.117-124.