

Teores de arsênio em solos construídos pós mineração de carvão no sul do estado de Santa Catarina

Arsenic content in constructed soils after coal mining in the southern state of Santa Catarina

Betel Cavalcante Lopes¹, Guilherme de Lima Steffens^{1*}, Daniely Neckel Rosini¹,
Caroline Aparecida Matias¹, Mari Lucia Campos¹, Dreyce Kisholli Bueno²

¹Laboratório de Levantamento de Análises Ambientais, Departamento de Solos, Universidade do Estado de Santa Catarina- Centro de Ciências Agroveterinária, Lages-SC, Brasil.

²Colégio Santa Rosa de Lima, Lages-SC, Brasil.

*Autor para correspondência: guilhermesteffens@gmail.com

RESUMO

A região sul do estado de Santa Catarina tem na exploração do carvão mineral uma de suas principais atividades econômicas. Contudo, a prática mineradora tem gerado graves danos ambientais. Dentre os quais a liberação de elementos-traços ao ambiente vem chamado a atenção dos órgãos fiscalizadores, como é o caso do arsênio (As). O As é um metalóide, altamente tóxico e que está presente em algumas áreas de mineração. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo determinar os teores de As e calcular o fator de contaminação (FC) e o índice de geoacumulação (IGEO) de As para solos de cinco áreas recuperadas pós-mineração no sul de Santa Catarina. Os teores de As foram obtidos através do método de extração ácida USEPA 3050B e quantificação em EAA-FG. Dentre as cinco áreas recuperadas pós mineração de carvão da Bacia Carbonífera Catarinense, duas áreas no município de Lauro Müller apresentaram teores de As iguais aos Valores de Prevenção, na qual o FC e IGEO as enquadram na classe moderadamente contaminada. As áreas estudadas no município de Treviso contêm teores de As inferiores aos de Lauro Müller. Tais constatações indicam a necessidade de estudos ecotoxicológicos específicos para solos de mineração de carvão em Santa Catarina a fim de se constatar em mais detalhes seus impactos no ecossistema.

Palavras-chave: Poluição. Elemento tóxico. Recuperação de áreas degradadas.

ABSTRACT

In the southern part of Santa Catarina State has on coal mining exploiting one of its main

Realização:



Apoio:



economic activities. However, the mining practice has been generating serious environmental damages. Among which the release of trace elements on the environment has emerging the attention of regulatory agencies, it is the case of arsenic (As). The As is a metalloid, highly toxic and present in some mining areas. In this context, the main objective of this study is to determine the arsenic content and calculate the contamination factor (FC) and the geoaccumulation index (IGEO) of As in five mining recovering area's soils in Santa Catarina state. The Ar content was analyzed by the acid extraction method USEPA 3050B and quantify in EAA-FG. Among five coal mining recovering areas in the carboniferous basin, two spots in Lauro Müller have As content qual to Prevention Values, in which the FC and IGEO fit in moderate contaminated class. The studied areas located in Treviso have inferior content of as than Lauro Müller. These findings indicate the need to specific ecotoxicology studies to coal mining soils in Santa Catarina in order to discover more details about its impacts on the ecosystem.

Keywords: Pollution. Toxic element. Recovery of degraded areas.

1 INTRODUÇÃO

A exploração do carvão mineral é uma das principais atividades econômicas da região sul do Estado de Santa Catarina. Tal atividade consistia na extração de carvão predominantemente através do método de lavra a céu aberto, também conhecido como “open-cast mining” (CAMPOS *et al.*, 2010; HALDAR, 2018). A mineração a céu aberto envolve a geração de grandes volumes de estéril e rejeitos constituídos por rochas fragmentadas, compostos de enxofre como a pirita (FeS_2) e carvão de baixa qualidade (GAIVIZZO *et al.*, 2002).

Quando expostos às condições oxidantes do meio, a pirita e outros minerais sulfetados geram, entre outros produtos, o ácido sulfúrico (CAMPOS *et al.*, 2010), também conhecido como drenagem ácida de mina (DAM). A DAM é caracterizada por baixo valor de pH ($\leq 3,0$), presença de Al, Fe, Mn e elementos-traço como As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr, Hg em composições e concentrações que dependem da cinética dos processos geoquímicos (ROBERTSON, 1994), mineralogia, tipo e quantidade de sulfeto oxidado, temperatura, ação bacteriana (*Thiobacillus ferrooxidans*), entre outros fatores específicos de cada ambiente (MUNIZ, 2009).

Realização:



Apoio:



A restauração ou recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração de carvão inicia pela construção do perfil do solo (HALDAR, 2018). Na qual os estéreis e rejeitos piritosos são recobertos desses com uma camada de argila compactada seguido do plantio de gramíneas. Em consequência, os solos construídos podem apresentar condições químicas e físicas adversas (CAMPOS *et al.*, 2010), além de teores de elementos-traço que oferecem risco a fauna e flora (BITENCOURT *et al.*, 2015). A contaminação do solo construído com estéreo e rejeito piritoso pode resultar em valores anômalos de As, pois estes materiais podem conter o mineral arsenopirita (FeAsS) (O'DAY *et al.*, 2004; DREWNIK; SKŁODOWSKA, 2013; DE SOUZA, *et al.*, 2019), que pode sofrer dissolução oxidativa e liberar As no ambiente (DREWNIK; SKŁODOWSKA, 2013).

Nesse contexto, objetivou-se neste estudo determinar os teores de As, calcular o fator de contaminação (FC) e o índice de geoacumulação (IGEO) de As para solos de cinco áreas recuperadas pós mineração no Estado de Santa Catarina.

2 METODOLOGIA

As avaliações foram efetuadas em cinco áreas recuperadas após a mineração de carvão áreas da Bacia do Carvão Catarinense que integram a Associação dos Municípios da Região Carbonífera - Associação de Cidades da Área Carbonífera - (AMREC) e duas áreas testemunhas (Figura 1). Das quais, quatro áreas recuperadas no município de Lauro Müller (A, B, C e F) e uma em Treviso (D). Enquanto os pontos G e H são áreas naturais (testemunhas) localizadas em Treviso e Lauro Müller, respectivamente, com florestas inalteradas pela atividade de mineração.

A amostragem foi realizada considerando uma transecção que transpunha a área no seu maior sentido com coleta de amostras a cada 40 m, compostas por três subamostras na profundidade de 0-20 cm. O número de amostras variou para cada área de acordo com seu tamanho, resultando em quatro amostras para as áreas A (11,80 m²) e B (5,57 m²), cinco amostras para as áreas C (35,57 m²) e D (57,97 m²) e três amostras para a área F (11,20 m²). Para as áreas naturais (testemunhas) foram coletadas três amostras (10 m² cada).

As amostras de solo foram secas ao ar, moídas e homogeneizadas. Após serem maceradas em grau de ágata até um pó fino e peneiradas em peneira de abertura de 0,145

Realização:

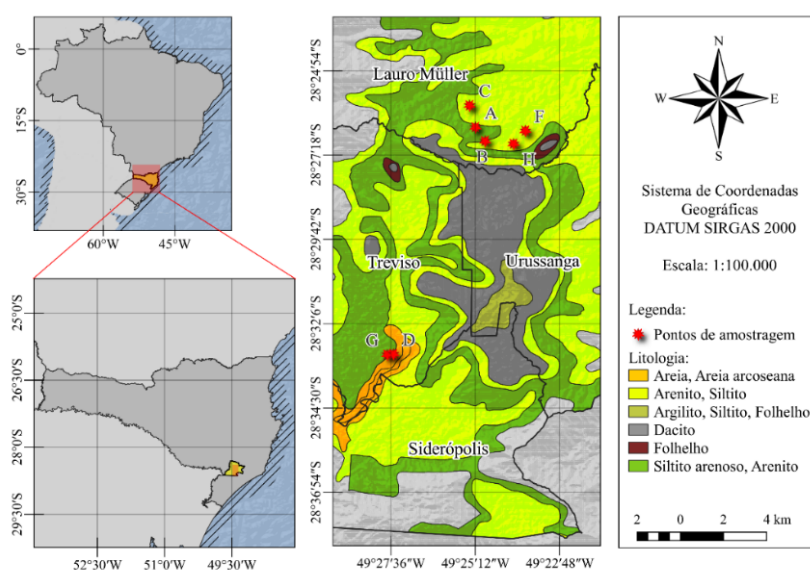


Apoio:



mm, foram submetidas à digestão ácida pelo método USEPA 3050B. Para avaliar a confiabilidade do método foi utilizada uma amostra de referência certificada NIST SRM 2709A San Joaquin solo (NIST) e provas em branco foram usados para calcular os Limites de Detecção Qualitativa (LDQ). Os conteúdos de As foram quantificados em Espectrofotometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica (EAA-FG) CONTRAA 700[®] ANALYTIK JENA.

Figura 1- Localização das áreas de estudo nos municípios de Lauro Müller e Treviso na Bacia Carbonífera do estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O FC foi calculado pela equação $FC = C_{\text{contaminado}} / C_{\text{testemunha}}$ (SAHOO *et al.*, 2016), onde $C_{\text{contaminado}}$ é o teor do elemento, neste caso o teor de arsênio nas amostras das áreas recuperadas e $C_{\text{testemunha}}$ é o teor do elemento nas amostras de solo das áreas naturais. Já o IGEO foi calculado pela equação proposta por Muller (1969) $IGEO = \log_2 (C_{\text{contaminado}} / 1,5 * C_{\text{testemunha}})$, onde, $C_{\text{contaminado}}$ é o teor do elemento alvo e $C_{\text{testemunha}}$ é teor do elemento na área testemunha, descrito anteriormente.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F, ao nível de significância de 5%. Para os efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett.

Realização:



Apoio:



3 RESULTADOS

O teor médio de As nas áreas de Lauro Müller (10,09 mg kg⁻¹) foi praticamente o dobro daquele observado nas áreas de Treviso (5,40 mg kg⁻¹), conforme a Tabela 1. Já nas áreas naturais G e H os teores médios foram de 3,20 e 5,59 mg kg⁻¹, respectivamente. As áreas A e C apresentaram teores de As superiores ($p < 0,05$) à área testemunha (H) (Tabela 1). Embora, não se tenha observado diferença estatística nas áreas B e F, elas apresentaram valores 44,54% e 88,91% superiores à testemunha (Tabela 1).

Tabela 1- Teores médios de As para as áreas em Lauro Muller e Treviso.

Lauro Müller (mg.kg ⁻¹)		Treviso (mg.kg ⁻¹)	
A	14,51 *	D	5,32 ^{NS}
B	8,09 ^{NS}	G (Test.)	3,20
C	15,13 *		
F	10,56 ^{NS}		
H (Test.)	5,59		
CV (%)	23,55		32,29

*Diferença significativa, pelo teste de Dunnett em relação à testemunha ($P > 0,05$); ^{NS} Diferença não significativa em relação à testemunha.

As áreas A e C apresentaram em média três vezes mais arsênio que a área natural amostrada no mesmo município, e por consequência foram classificadas como não contaminadas a moderadamente contaminadas, segundo os valores de FC (2,38 e 2,92 respectivamente) e IGEO (Classe I) (Tabela 2). Esses resultados indicam contaminação do solo construído das áreas A e C com estéreis e resíduos piritosos.

Tabela 2- Fator de contaminação e Índice geoacumulação dos pontos A, B, C, F no município de Lauro Muller e do ponto D no município de Treviso.

PONTOS	FC	IGEO
A	2,38	0,67 (Classe I)
B	1,31	0,19 (Classe 0)
C	2,92	0,96 (Classe I)
F	1,67	0,15 (Classe I)
D	1,76	0,24 (Classe I)

4 DISCUSSÃO

As diferenças de teores de As entre cidades e entre as áreas naturais possivelmente se deve à diferença geológica. A bacia carbonífera de Santa Catarina situa-se entre a Serra Geral a Oeste e o maciço granítico da Serra do Mar a Leste, consistindo principalmente de rochas sedimentares arenosas.

Realização:

Apoio:

As áreas A e C apresentaram teores médios de arsênio igual ao valor de prevenção (VP) de 15 mg kg⁻¹ da Resolução CONAMA 420/2009, e segundo Bitencourt *et al.* (2015) podem ser enquadradas na classe 3 de contaminação e monitoramento do solo e da água, conforme a Tabela 2.

Tais resultados indicam a necessidade de estudos ecotoxicológicos que gerem valores orientados (prevenção e investigação) para solos de Santa Catarina. Avaliação ecotoxicológica é necessária para garantir segurança alimentar, já que todas as áreas avaliadas no estudo têm em seu projeto de recuperação, pastagem como o uso futuro. Vários estudos apontam contaminação por arsênio de carne e leite (BUNDSCHUH *et al.*, 2012; CALDAS *et al.*, 2016; ISLAM *et al.*, 2017; ITA; ANWANA, 2017).

O gerenciamento da contaminação dos solos é uma preocupação global (SAHOO *et al.*, 2016). Sendo assim, existe a necessidade de acompanhar as condições de recuperação das áreas pós mineração de carvão, pois no Brasil os principais problemas associados à contaminação com As estão associados aos impacto causado pela mineração (DE SOUZA *et al.*, 2019).

5 CONCLUSÃO

Dentre as cinco áreas recuperadas pós mineração de carvão da Bacia Carbonífera Catarinense, duas áreas no município de Lauro Müller apresentaram teor de As iguais aos Valores de Prevenção e classificadas como moderadamente contaminada.

As áreas de Treviso contem teores de As inferiores aos de Lauro Müller, porém o IGEO da área E a classificou como moderadamente/ fortemente contaminada, reforçando a necessidade de estudos ecotoxicológicos específicos para solos de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

- BITENCOURT, D. G. B. *et al.* Geração de drenagem ácida e de contaminação por metais pesados em perfis de solos construídos em área de mineração de carvão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1821–1834, 2015.
- BUNDSCHUH, J. *et al.* Arsenic in the human food chain: The Latin American perspective. **Science of the Total Environment**, v. 429, p. 92–106, 2012.
- CALDAS, D. *et al.* Risk of ingesting As, Cd, and Pb in animal products in north Rio de Janeiro state, Brazil. **Chemosphere**, v. 164, p. 508–515, 2016.

Realização:



Apoio:



CAMPOS, M. L. *et al.* Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral Soil impacts caused by coal mining and coal mine waste.

Revista de Ciências Agroveterinárias. Lages, v. 9, n. 2, p. 198–205, 2010.

CONAMA. RESOLUÇÃO No 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009. Diário Oficial da União no 249, p. 81–84, 2009.

DREWNIAK, L.; SKŁODOWSKA, A. Arsenic-transforming microbes and their role in biomining processes. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 11, p. 7728–7739, 2013.

GAIVIZZO, L. H. B. *et al.* Potencial poluidor de rejeitos carboníferos: I - Caracterização química da água de lixiviação. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 771–780, out. 2002.

HALDAR, S. K. Elements of Mining. In: **Mineral Exploration**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 229–258.

ISLAM, M. S. *et al.* Arsenic in the food chain and assessment of population health risks in Bangladesh. **Environment Systems and Decisions**, v. 37, n. 3, p. 344–352, 2017.

ITA, R.; ANWANA, E. D. Geochemical Assessment of Heavy Metal Contamination in rural and urban wetlands in Akwa Ibom State, Nigeria. **New York Science Journal**, v. 10, n. 11, p. 43–51, 2017.

MUNIZ, D.H.F.; OLIVEIRA FILHO, E.C. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente**. 4 Ed. Porto Alegre: Universidade Ciências da Saúde; 2009. p. 83-100. ISSN: 1678-5398.

O'DAY, P. A. *et al.* The influence of sulfur and iron on dissolved arsenic concentrations in the shallow subsurface under changing redox conditions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 38, p. 13703–13708, 2004.

ROBERTSON, W.D. **Sulfide Oxidation Mechanisms: Controls and Rates of Oxygen Transport, MAC Short Course**. Handbook v. 22, pp. 163 -183, J.L. Jambor; D.W. Blowes (eds.), Waterloo, Ontario, May 1994.

SAHOO, P.K., EQUENUDDIN, S.M. POWELL, M.A. Trace Elements in Soils around Coal Mines: Current Scenario, Impact and Available Techniques for Management. **Current Pollution Reports**, v. 2, n. 1, p. 14, 2016.

DE SOUZA, A.C. M. *et al.* Arsenic Exposure and Effects in Humans: A Mini-Review in Brazil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 76, n. 3, p. 357–365, 19 abr. 2019.

Realização:



Apoio:

