



Teores de Pb em água e solo na área do garimpo de Serra Pelada no estado do Pará⁽¹⁾.

Hercília Samara Cardoso da Costa⁽²⁾; Edna Santos de Souza⁽³⁾; Renato Alves Teixeira⁽³⁾; Antonio Rodrigues Fernandes⁽⁴⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da Capes, CNPQ e Fundação Amazônia da Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará/Fapespa. ⁽²⁾Graduanda em Agronomia; Universidade Federal Rural da Amazônia; Belém, Pará; (hercilia_amaral@hotmail.com); ⁽³⁾Estudantes de doutorado; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA; ⁽⁴⁾Professor; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA;

RESUMO: A exploração de ouro no garimpo de Serra Pelada no estado do Pará transformou a paisagem do local. Atualmente no seu entorno formou-se uma vila com ex-garimpeiros, pilhas de rejeito e estéril e um lago com cerca de 200 m de profundidade. Em função da litologia e da ação antropogênica, a área apresenta risco potencial de contaminação por metais, inclusive chumbo (Pb). O objetivo foi determinar os teores de Pb na água e no solo na região aurífera de Serra Pelada. A área do garimpo de Serra Pelada fica localizada no município de Curionópolis, Pará. Foram coletadas 18 amostras de água em poços freáticos, rios e açudes e 20 amostras de solos da camada superficial em quintais de residências do vilarejo. O teor de Pb em amostras de solos foi determinado pelo EPA 3051A e as análises de Pb em água e solo foram realizadas por ICP-OES. As concentrações de Pb na água e no solo foram superiores aos valores preconizados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) em todas as amostras avaliadas. Em amostras de água a concentração de Pb foi maior nas proximidades da cava e os teores de Pb no solo não sofreram influência do ponto de coleta. Os teores elevados de Pb no solo e em água aumentam o risco de contaminação ambiental e à saúde humana. Medidas de mitigação precisam ser conduzidas para amenizar os impactos ambientais causados pelos elevados teores de metais.

Termos de indexação: Contaminação chumbo; poluição ambiental; mineração na Amazônia.

INTRODUÇÃO

A mineração representa uma perigosa fonte poluidora do ambiente, principalmente no que tange à adição de metais pesados ao solo. Essa atividade gera resíduos, como depósito de rejeitos e pilhas de estéril, que podem ser meios de contaminação ambiental (Silva et al., 2004), por metais pesados.

Segundo Duffus (2002), alguns autores definem elementos com densidade atômica maior que 5 g cm⁻³ como “metal pesado” e outros autores ainda

levam em consideração o raio atômico, que deve ultrapassar o do sódio (23). Além do fator resíduo, esses metais ocorrem naturalmente nas rochas e minerais utilizados como minério, ou são acrescentados aos resíduos por outros materiais empregados na extração do minério ou na concepção de produtos químicos, além de ligas metálicas (Ribeiro-Filho et al., 1999).

Serra Pelada é um depósito de ouro que se encontra situado em um interflúvio localizado na província mineral de Carajás, entre as Serras Leste e do Sereno. O local é drenado pelo igarapé do Sereno, um dos afluentes do rio Parauapebas (Monteiro et al., 2010). O ouro em Serra Pelada está ligado ao paládio e platina (Au-Pd-Pt), associados a diversos minerais como quartzo, hematita, caulinita, goethita, óxidos de manganês, turmalina, arsenopirita, galena e sulfetos de níquel, cobalto e cobre (Tallarico et al., 2000; Moroni et al., 2001). Diversos metais pesados como mercúrio (Hg), cobre (Cu), urânio (U), chumbo (Pb), níquel (Ni), zinco (Zn), manganês (Mn) encontram-se associados ao Au, Pd e Pt (Cabral et al., 2002).

Com isso, é possível encontrar uma alta contaminação por chumbo tanto em água quanto em solo devido à presença natural do mineral galena e ao fato das pilhas de estéril favorecerem a dispersão eólica e hídrica de metais (Tallarico et al., 2000). Segundo a Organização Mundial da Saúde, entre os elementos químicos considerados mais perigosos para a saúde humana, está o chumbo (Vanz et al., 2003). O Conama (2009) estabelece limites na água e os valores de prevenção em solos. O objetivo foi determinar os teores totais de chumbo no solo e na água no entorno do garimpo de Serra Pelada, Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na área do garimpo de Serra Pelada, município de Curionópolis, região sudeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. A mina de Serra Pelada (**Figura 1**) foi a maior mina a céu aberto de ouro no Brasil. O clima da região é equatorial superúmido, com média anual de temperatura e níveis de



precipitação de 26 °C e 2.000 mm, respectivamente (Cabral et al., 2002).

Foram coletadas 18 amostras de água próximo a mina de Serra Pelada-PA, sendo 11 amostras de poços freáticos distribuídos aleatoriamente no vilarejo. Seis poços próximos da cava do garimpo e cinco dentro do vilarejo, afastados aproximadamente 600 m. Os poços apresentam profundidade variando de 8 a 20 metros; dois balneários localizados nos arredores do vilarejo; um igarapé localizado a dois quilômetros distante da cava no sentido do montante (cava - igarapé) e sem influência da área minerada; dois açudes que ficam dentro do vilarejo e um rio que circunda as pilhas de rejeito e para onde a água da cava é escoada. As coletas foram realizadas com a inserção de garrafas de polietileno com capacidade de 1 L, diretamente na água, com cuidado para não incorporar sedimentos nas amostras. Nos poços freáticos a água foi coletada das tubulações. Após as coletas as amostras de água foram acidificadas com HNO₃ concentrado (1,5 mL) até pH<2, armazenadas em caixas isotérmicas com gelo, transportadas para o laboratório e mantidas à 4 °C até as análises (Cetesb, 2011).

Foram coletadas 20 amostras de solos na camada superficial, 0,0-0,2 m, em quintais de residências no vilarejo de Serra Pelada. As amostras de solos foram coletadas com trado holandês de aço inoxidável para evitar contaminação. Cada amostra foi composta por três subamostras, sendo coletado 2,5 kg de solo por ponto, secas em temperatura ambiente e armazenadas para análises. Para análises de Pb no solo as amostras foram digeridas em meio ácido em forno de microondas, segundo o preconizado pelo EPA 3051A (Usepa, 2007). Nas amostras de água o teor de Pb foi determinado conforme o preconizado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Apha, 2005) e analisados por ICP-OES. Foi utilizada análise descritiva e gráfico tipo “boxplot”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração média de Pb na água apresentou-se acima do limite para as classes 1, 2 (0,01 mg L⁻¹) e classe 3 (0,033 mg L⁻¹) estabelecido pelo Conama (2005). Os poços freáticos localizados próximos a cava apresentaram concentrações de Pb mais altas, enquanto que as menores concentrações foi em rio que circunda o vilarejo de Serra Pelada, com exceção do rio próximo a cava, para onde a água da cava é escoada que apresentou concentração de 38 µg L⁻¹ (Figura 2).

Concentrações elevadas de Pb na água está relacionado aos elevados teores Pb no material de origem. A formação geológica de Serra Pelada apresenta o mineral galena. A galena é um mineral silicatado constituído por Pb e S encontrado como mineral acessório em rocha ígneas e metamórficas (Tallarico et al., 2000). Após a exposição dos minerais, os metais são solubilizados, contaminando as águas e solos.

Os solos de Carajás são derivados de rochas fracamente metamorfoseadas e rochas sedimentares, arenitos e siltitos com teores elevados de Pb e outro metais pesados (Tallarico et al., 2000). O material de origem é o principal fator que influencia na distribuição de metais no solo. Os solos desenvolvidos a partir de rochas máficas apresentam altos teores de metais pesados quando comparados a solos desenvolvidos a partir de rochas cristalinas (Kabata Pendias, 2010).

A exploração do ouro em Serra Pelada não se restringiu a área da cava, mas em todo o vilarejo e nos quintais das residências, gerando resíduos que eram alocados aleatoriamente nos arredores dos locais de escavação, o que favoreceu a dispersão. O resíduo da mineração pode ter contribuído para dispersão do contaminante para outras áreas além das pilhas de estéril e rejeitos por dispersão hídrica e eólica. Além disso, a lixiviação de metais para águas subterrâneas que pode contaminar toda a bacia hidrográfica (Andrade et al., 2009).

Os poços freáticos localizados próximo a cava sofrem efeito da sazonalidade do lençol freático da cava, o que pode contribuir para os altos teores de Pb. Além disso, a exploração artesanal do ouro em Serra Pelada atingiu uma profundidade de 130 m e dimensões 300 x 400m (Cabral et al., 2002). O material retirado da cava foi misturado e depositado no entorno, sem preocupação eminente quanto ao impacto ambiental, causando grande heterogeneidade do rejeito e estéril que ao longo de 35 anos de abertura do garimpo foi sendo erodido e depositado em rios e açudes localizados no entorno da mina, elevando os teores de Pb em corpos d'água.

Os teores de Pb no solo variaram de 47,4 a 319,6 mg kg⁻¹ com média de 159,6 mg kg⁻¹ (Figura 3). Esses teores foram de 11,8 a 79,9 vezes maiores que o valor referência de qualidade para solos do estado do Pará que é de 4 mg kg⁻¹ (Fernandes et al., 2011) e atingiu no ponto mais alto, 4,2 vezes o valor de prevenção (75 mg kg⁻¹), estabelecido pelo Conama (2009). Os altos teores estão relacionados aos fatores geológicos e pedogenéticos da província mineral de Carajás. A ingestão de água, partículas sólidas e alimentos contaminados são as



principais fontes de exposição de humanos a metais pesados. A exposição a teores elevados de Pb pode causar efeitos cancerígenos em humanos, além de subencefalopatia, anemia, cólica gastrointestinal e efeitos neurofisiológicos (Kan et al., 2013). A recuperação de solos e água contaminada por metais pesados em região de garimpo na Amazônia, como Serra Pelada, é uma ação de emergência por parte dos órgãos de fiscalização ambiental e de saúde pública. Estratégias de mitigação precisam ser estudadas, como fitorremediação do solo contaminado e precipitação do Pb presente na água para reduzir o risco à saúde humana.

CONCLUSÕES

A concentração de Pb na água e os teores no solo ultrapassam os limites estabelecidos para qualidade das águas e do solo, indicando contaminação. A população de Serra Pelada está exposta aos efeitos cancerígenos de Pb pela ingestão de água, partículas sólidas e vegetais contaminados. Estudos sobre avaliação de risco e dispersão de Pb e outros metais precisam ser conduzidos na região de Serra Pelada para avaliar o impacto da exploração do ouro no ecossistema local.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. G.; et al. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. I – fitoextração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 1879-1888, 2009.

APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st. Edition, APHA, Washington D.C., 2005.

CABRAL, R.F.; et al. The Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás mineral province northern Brazil reconnaissance mineralogy and chemistry of very high grade palladian gold mineralization. *Economic Geology*, 97:1127-1138, 2002.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão.[et al.].—São Paulo: CETESB; Brasília: ANA,2011. Disponível em <<http://www.clean.com.br/site/ana-e-cetesb-lacam-guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostra/>>. Acesso em 15 abr. 2015.

CONAMA - Conselho nacional do meio ambiente. Resolução 420/09. 2009. Disponível em

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em 20 abr. 2015.

CONAMA - Conselho nacional do meio ambiente. Resolução 4357/05. 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 22 abr. 15.

DUFFUS, J.H. "Heavy metals": A meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, v. 74, n. 5, p. 793–807, 2002.

FERNANDES, A. R.; et al. Valores de referência de qualidade de metais pesados dos solos da Amazônia Oriental. In: Congresso brasileiro de ciência do solo. 33.,2011. Anais. Uberlândia/MG. Anais. 2011. CD-ROM.

KABATA-PENDIAS, A. Trace elements in soil and plants.4ed, p. cm. 2010.

KHAN, S.; et al. Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 60:93-101, 2013.

MONTEIRO, M. A.; et al. Ouro, empresas e garimpeiros na Amazônia: o caso emblemático de Serra Pelada. *Revista Pós Ciências Sociais*, v.7, n.13, 2010.

MORONI, M.; GIRARDI, V.A.V.; FERRARIO, A. The Serra Pelada AuPGE deposit, Serra dos Carajás (Pará State, Brazil): Geological and geochemical indications for a composite mineralizing process. *Mineralium Deposita*, 36: 768–785, 2001.

RIBEIRO-FILHO, M. R.; et al.. Metais pesados em solos de área de rejeitos de indústria de processamento de zinco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, p.453-464, 1999.

SILVA, S.R.; et al. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.189-196, 2004.

TALLARICO, F. H. B.; B.; COIMBRA, C. R. & COSTA, C. C. The Serra Leste sediment-hosted (Au-Pd-Pt) mineralization, Carajás province. *Revista Brasileira de Geociências*, 30:226-229, 2000.

USEPA EPA Method 3051A: Microwave assisted acid digestion of sediments, Sludges, soils, and oils. Washington, Office of Solid Waste, US, 2007. Environmental Protection Agency. Disponível em<<http://www.epa.gov/solidwaste/hazad/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2015.

VANZ, A.; MIRLEAN, N.; P. BAISCH. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: uma abordagem geoquímica. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 25-29, 2003.

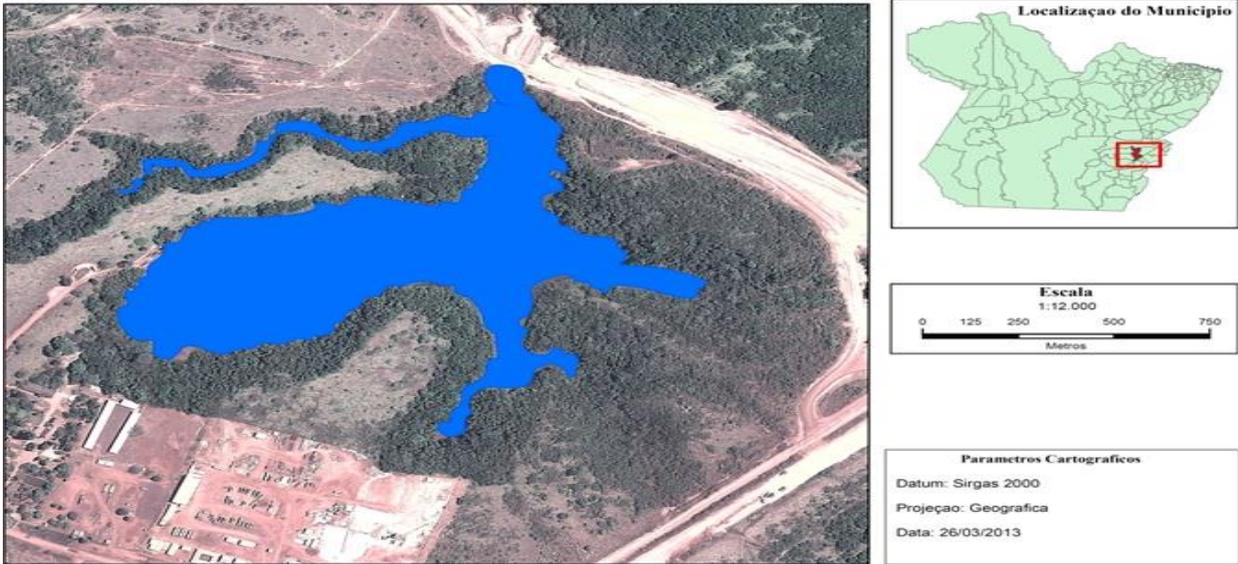


Figura 1 - Cava do garimpo de Serra Pelada.

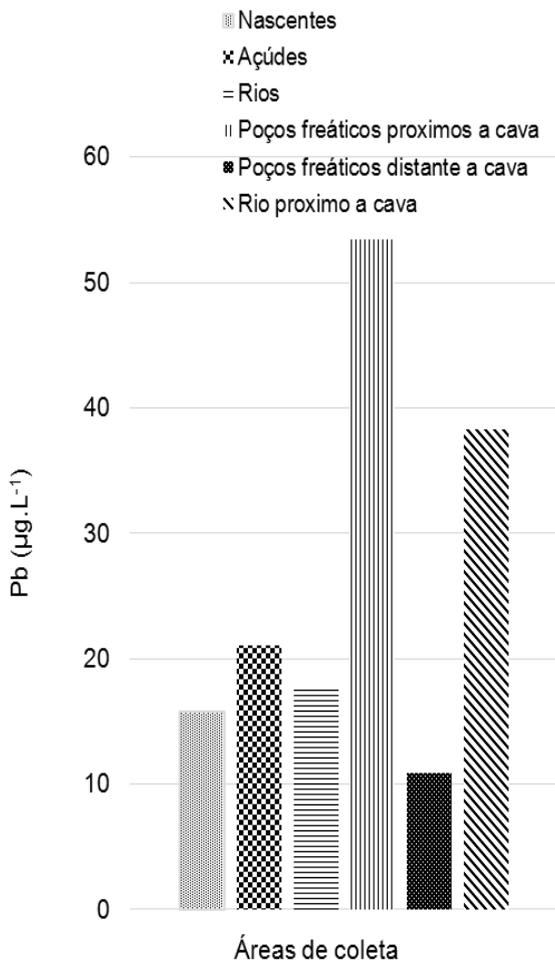


Figura 2 - Concentração de Pb em água na região aurífera de Serra Pelada, PA.

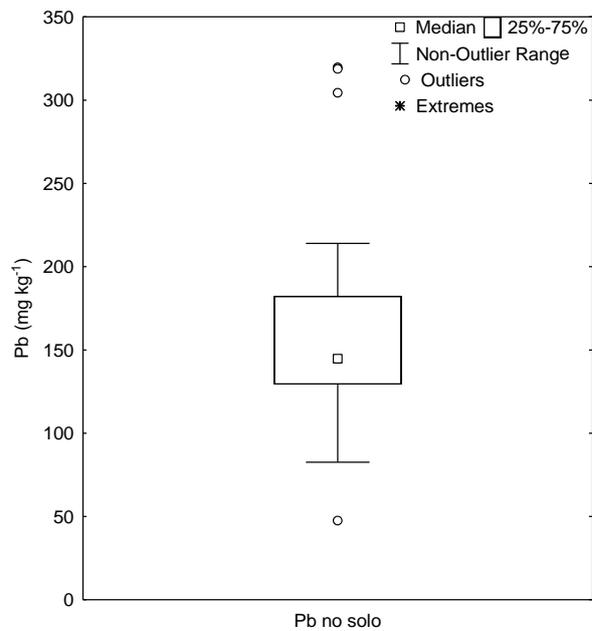


Figura 3 - Box plot dos teores de Pb em solos na região de Serra Pelada, PA.