

Efeito da Atividade Mineira na Dispersão de Minério de Ferro ao Longo do Alto e Médio Rio Piracicaba

Claudia Dumans Guedes, Cilete Gonçalves, Paulo de Tarso Amorim de Castro, Marcelo Matsumura, Jorge C. de Lena, José Fernando de Paiva

Departamento de Química do ICEB, Universidade Federal de Ouro Preto, claudiaguedes@email.com

Departamento de Geologia da EM, Universidade Federal de Ouro Preto

Recebido: 05/08/03 revisado: 18/03/04 aceito: 12/03/05

RESUMO

A região em torno do alto e médio rio Piracicaba concentra um grande número de empresas de mineração. O teor de óxidos de ferro nos sedimentos do leito do rio foi analisado com o objetivo de estabelecer uma correlação entre o acúmulo de sedimento sobre o leito do rio e as atividades mineiras da região. Vinte e uma amostras foram analisadas por difração de Raios-X, separação magnética, PPC (perda de massa por calcinação) e tiveram sua composição granulométrica determinada. Aquelas amostras de trechos próximos à cabeceira do rio, recebendo a contribuição de afluentes que drenam áreas de mineração, apresentaram os maiores teores de minerais de ferro. Nestes pontos as concentrações de hematita foram cerca de quatro vezes superiores aos valores médios encontrados na extensão do rio estudada. Dois outros pontos que apresentaram concentrações elevadas de óxidos, recebem através da rede de drenagem a contribuição de afluentes ricos em produtos da erosão de itabiritos de uma região de relevo acidentado.

Palavras-chave: rio Piracicaba, minerações de ferro, concentração de sedimentos.

INTRODUÇÃO

Na região do Quadrilátero Ferrífero (Q.F.), Minas Gerais, encontram-se situadas as mais importantes empresas de mineração de ferro do Brasil, que têm como principais fontes de extração, os minérios provenientes dos itabiritos do Supergrupo Minas, Formação Cauê (Dorr, 1969). Nesta região encontra-se a bacia do rio Piracicaba.

O rio Piracicaba nasce na Serra do Espinhaço, no Município de Ouro Preto, e deságua no rio Doce, no município de Ipatinga (Figura 1). Com uma extensão de 241 km, sua bacia hidrográfica cobre uma área de 5.381 km² onde estão localizados 19 municípios, dos quais apenas Alvinópolis, Mariana e Ouro Preto têm suas sedes fora da área da bacia. A economia da região é baseada, principalmente, em três atividades de grande porte que estão interligadas: os projetos de mineração, a monocultura de eucaliptos e a siderurgia (Guerra, 1999). Cerca de 90% das 700.000 pessoas que vivem na bacia do rio Piracicaba habitam áreas urbanas, principalmente nos municípios de Ipatinga, Coronel Fabriciano, Itabira, João Monlevade e Timóteo que apresentam maior grau de industrialização. Predominam nestes centros as atividades mineiras e as indústrias de transformação do ramo metalúrgico. Quanto à população rural, cerca de 40% se encontram dispersos

pelos municípios de Antônio Dias, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira. Como as grandes reservas de minério de ferro localizam-se em Ouro Preto, Mariana, Barão de Cocais, Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo, Nova Era, Rio Piracicaba e Itabira, as atividades de mineração concentram-se principalmente no alto e médio Piracicaba (FEAM, 1996).

No Brasil a indústria extrativa mineral somada aos agregados da indústria de transformação, bens de capital e consumo de derivados, pode atingir cerca de 60% do PIB, representando incontestável fonte de riqueza e constituindo importante segmento da economia nacional (Paula, 1997). As atividades de mineração desempenham importante papel nas transformações ambientais, principalmente nas alterações das características dos mananciais hídricos. A poluição hídrica tem origem no transporte de partículas de áreas decapeadas (mina, pilha de estéril, estradas, pátios, taludes, etc.) por água pluvial, na solubilização do estéril pelo contato com o sistema ar/água e no turbilhonamento dos aluviões na operação de dragagem. O lançamento nos cursos d'água de rejeitos das mais diversas procedências tais como resíduos sólidos não inertes passíveis de contaminar o lençol freático, material estéril, água bombeada com carga sólida ou solúvel para rebaixamento do lençol, esgotos sanitários e óleos de oficinas também contribuem para esta

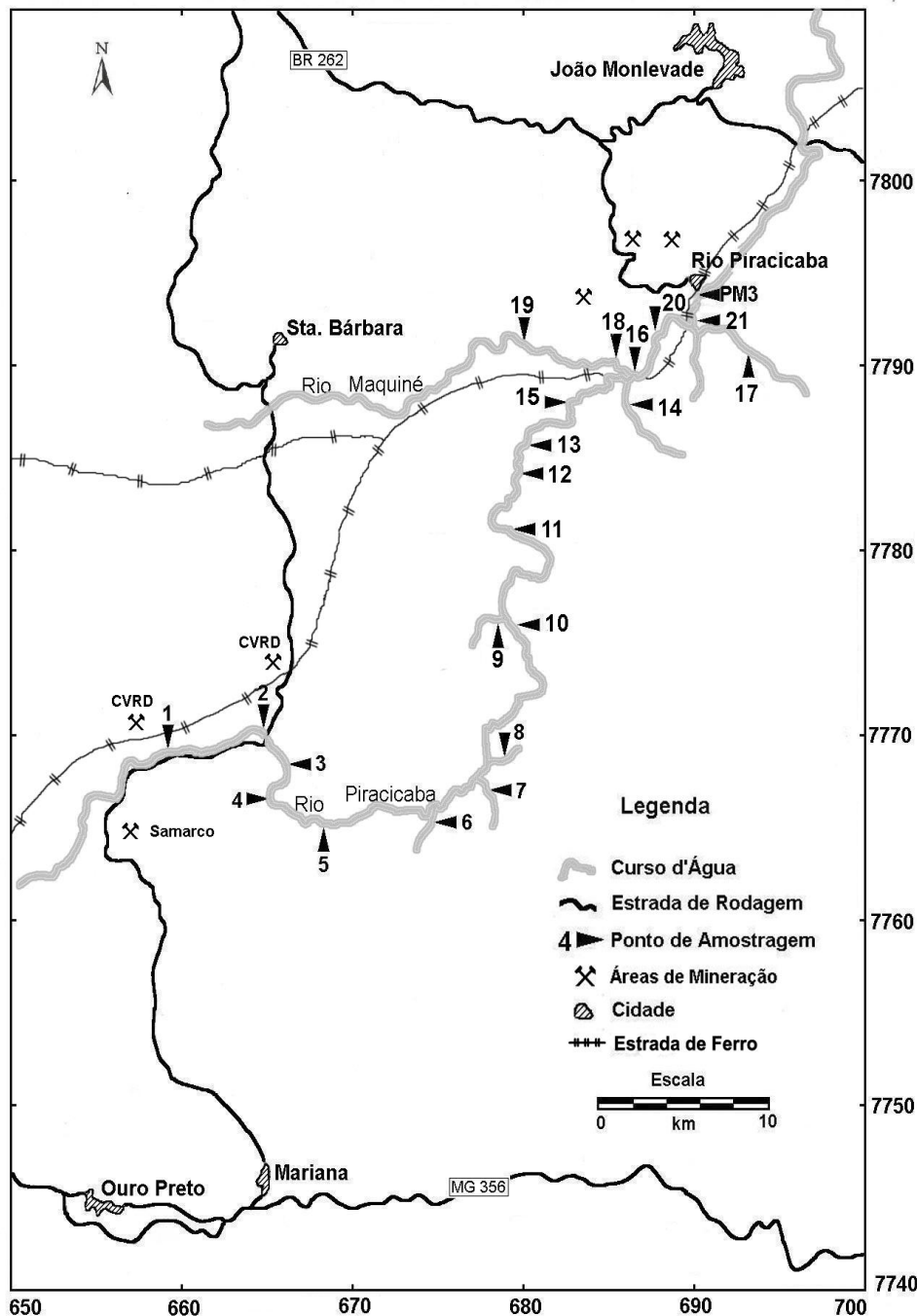


Figura 1 - Localização dos pontos de coleta no trecho estudado do alto e médio rio Piracicaba.

poluição (IBRAM, 1992). O potencial poluidor efetivo, no entanto, depende das características peculiares de cada empreendimento, tais como a geologia do reservatório (mineralogia do minério, do estéril e das áreas decapeadas), a natureza dos solos sem cobertura vegetal e susceptível à erosão pluvial, o clima (intensidade e duração das chuvas) e finalmente da topografia da região.

Dados termodinâmicos reportam que o Fe(III) é a única forma estável do elemento ferro em águas contendo oxigênio dissolvido. Águas deficientes em oxigênio e ricas em dióxido de carbono em consequência de contaminação bacteriológica, ou seja, apresentando características anaeróbicas, podem conter o metal na sua forma iônica como Fe(II) (Schlesinger, 1997; Stumm e Morgan, 1981). Medidas realizadas pela Fundação Estadual do Meio-Ambiente de Minas Gerais

(FEAM, 1996) na bacia hidrográfica do rio Piracicaba registram a presença de baixos teores de ferro solúvel, da ordem de 0,4 mg/L, em alguns pontos sobre o leito do rio. Esta ocorrência se dá sempre associada à contaminação fecal do trecho amostrado, e, segundo a FEAM, não apresenta uma variação sazonal significativa. A presença de matéria orgânica vegetal também é capaz de solubilizar o ferro através da formação de complexos. Os óxidos cristalinos e os oxihidróxidos de ferro são comuns em solos tropicais. As altas temperaturas e o excesso de chuvas provocam a rápida decomposição dos resíduos vegetais, e desta forma, poucos ácidos orgânicos permanecem no solo para promover reações de quelatção e a conseqüente mobilização do metal (Ross e Bartlett, 1996; Alvarez et al., 1992). Portanto, o ferro do solo é relativamente insolúvel em água. A remoção deste elemento dos ecossistemas terrestres se dá essencialmente pelo transporte de material particulado e de sedimentos suspensos. Através da mineração o homem aumentou as taxas globais de lixiviação química e mecânica dos solos e incrementou significativamente as quantidades presentes nos cursos d'água do planeta (Schlesinger, 1997; Martin e Meybeck, 1979). Não existem evidências conclusivas sobre efeitos danosos da ingestão de água contendo ferro à saúde humana, embora existam estudos epidemiológicos que vêm correlacionando o acúmulo de ferro no organismo com patologias como o mal de Alzheimer, mal de Parkinson, além de câncer e distúrbios cardiovasculares (Cardoso, 2003).

Este trabalho procurou caracterizar alguns aspectos hidrossedimentológicos do alto e médio curso do rio Piracicaba. Tendo como base os teores de minério de ferro nos sedimentos do seu leito, foi realizada uma avaliação preliminar da distribuição de minerais de ferro-hematita e magnetita - como indicadores potenciais da extensão da degradação produzida pelas atividades de mineração de ferro nas cabeceiras do rio. A goethita não foi utilizada nesta avaliação, pois se encontra disseminada no manto de intemperismo da área de estudo. A eventual presença de Fe(II) dissolvido não foi caracterizada. A partir dos teores de hematita e magnetita, investigou-se a correlação entre o acúmulo de sedimentos no leito do rio Piracicaba e a ocorrência de atividade mineira na região.

MÉTODOS

Para a escolha dos pontos de amostragem utilizaram-se ortofotos da região na escala de 1:10 000 sobre as quais foram demarcadas as drenagens de uma folha planialtimétrica de mesma escala. Escolheu-se, assim, a confluência dos afluentes principais que chegam ao rio Piracicaba no trecho considerado.

Os pontos selecionados para amostragem contemplaram trechos do rio antes e após o encontro dos afluentes, assim como alguns outros distribuídos ao longo de sua extensão (Figura 1). Alguns pontos foram amostrados em trechos do rio nas vizinhanças de rochas ricas em minérios de ferro (itabiritos), para que a contribuição da erosão natural fosse considerada. Os pequenos córregos afluentes não foram representados na Figura 1.

A amostragem foi realizada no período de dezembro/2001 a fevereiro/2002, sendo que em cada ponto foram coletadas amostras de água e de sedimentos do leito do rio.

As amostras de água foram recolhidas em béquers de vidro previamente limpos com água deionizada da forma convencional. Posicionou-se o béquer na parte central do curso d'água e contra o sentido da corrente, evitando-se áreas de estagnação (CETESB, 1988). A coleta do sedimento consistiu na retirada da camada superficial do leito (primeiros 30 cm de profundidade) com uma pá e posterior armazenagem em sacos plásticos imediatamente selados (CETESB, 1985).

A temperatura da água e o valor correspondente de pH nos diversos pontos amostrados foram determinados utilizando-se um medidor de pH WTW modelo 340; para a medida da condutividade elétrica usou-se um condutivímetro portátil marca ORION modelo LF37. A condutividade é um parâmetro correlacionado com o teor de sólidos dissolvidos (TDS) através de fatores que variam segundo a faixa de condutividade da água (McCutcheon et al., 1992; Costa, 2001). O Eh do meio foi determinado por um multímetro Fluke, modelo 8060 A, com auxílio de um eletrodo de referência de mercúrio(sulfato mercurioso(s). Todas essas medições foram realizadas no local da amostragem.

As amostras de sedimentos foram secas por 48h, à temperatura de 80°C, caracterizadas por difração de Raios-X (RIGAKU, D-MAX/B series, tubo de cobre e método do pó), sendo em seguida quarteadas, peneiradas e pesadas. Foram então submetidas à separação magnética utilizando um imã de elementos terras raras, para remoção e quantificação da magnetita, em cada uma das frações granulométricas. Na seqüência, estas frações constituídas por minerais de diferentes susceptibilidades magnéticas passaram por um separador magnético Franz. Para separar a hematita e a goethita dos outros componentes foi aplicada uma corrente de 0,6 A, uma inclinação lateral de 15° e uma inclinação frontal de 25°. Todas as frações separadas resultantes foram pesadas. Finalmente, as mistura goethita/hematita foram colocadas em um forno a 400°C para a determinação dos teores de goethita nas misturas por perda de massa por calcinação (PPC). A massa perdida

corresponde às moléculas de água liberadas na transformação do óxido hidratado em hematita.

É de extrema importância definir os limites entre a concentração de elementos químicos ou espécies minerais que ocorrem naturalmente e as concentrações resultantes de atividades antrópicas. Com este objetivo, os teores dos vários minerais nos sedimentos foram lançados em um gráfico de distribuição normal (Snedecor e Cochran, 1989) para verificação da presença de uma ou mais distribuições, o que indica diferentes ambientes geoquímicos (Matschullat, Ottenstein e Reimann, 2000) segundo o método de Lepeltier (1969) modificado por Bauer e Bor (1993, 1995). Neste diagrama os pontos que se alinham em uma reta pertencem à mesma distribuição e por extensão ao mesmo ambiente geoquímico ou possuem a mesma origem geoquímica. Com os teores de hematita, goethita, magnetita e quartzo obteve-se uma matriz de correlação visando verificar sua relação geoquímica (resultado não apresentado neste trabalho). Para estas tarefas foi utilizado o programa Minitab versão 13.12 da Minitab Inc.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos amostrados; os pontos assinalados com asterisco correspondem ao curso principal do rio.

O ponto PM3, apresentado na Figura 1, não foi incluído na Tabela 1 por não constituir efetivamente um ponto de amostragem. Este ponto representa uma pilha de minério de ferro, hematita, disposta ao lado da linha férrea. A amostra coletada no ponto PM3 foi caracterizada por difração de Raios-X.

Os valores estão de acordo com a classificação de águas de classe 4 proposta pela FEAM (1996) para o trecho considerado. Algumas tendências podem ser observadas: os valores de temperatura apresentaram flutuações entre 21o e 30oC e são, segundo Paula. (1997), ligeiramente mais elevados que a média das temperaturas da água registradas entre as sub-bacias do rio Doce; os valores de pH, variaram entre 7 e 9, dentro da faixa esperada para águas de classe 4 (pH = 6,0 - 9,0).

As medidas de Eh apresentaram valores compatíveis com águas naturais em contato com atmosfera (Garrels e Christ, 1965); a condutividade e o teor de sólidos dissolvidos ficaram abaixo do limite estabelecido pela FEAM (1996) e estão de acordo com os valores obtidos por outros autores (Paula, 1997).

A Figura 2 apresenta os teores dos vários minerais nas amostras de sedimento, ressaltando a variação dos teores de hematita e magnetita de acordo com a localização dos pontos de coleta, sentido montante-

Tabela 1- Valores dos parâmetros físico-químicos para as amostras de água do trecho estudado.

Pontos	Temp. (°C)	pH	Eh (mV)	Condutiv. (us/cm)	Sólidos dissolvidos (mg/L)
01*	28.9	6.75	609	44.3	60.48
02*	28.7	7.43	618	36.5	49.83
03*	27.9	7.63	627	28.8	39.31
04*	27.9	7.43	631	27.4	37.40
05*	27.0	7.12	615	30.2	41.23
06	23.8	7.39	620	17.7	24.16
07	24.3	7.44	621	23.6	32.22
08	23.5	7.71	626	21.9	29.90
09	29.8	7.22	617	26.0	35.49
10*	21.5	8.40	640	21.0	28.67
11*	27.1	7.64	625	57.2	54.21
12*	25.9	8.39	640	30.5	41.63
13*	27.9	8.74	647	20.9	28.53
14	26.8	7.25	617	26.2	35.77
15*	27.0	7.80	628	28.6	39.04
16*	26.2	8.40	640	22.0	30.03
17	27.9	8.20	636	26.7	36.45
18	25.7	6.80	608	37.0	50.51
19	24.7	8.11	634	40.4	55.15
20*	26.2	8.34	639	20.2	27.57
21	27.9	8.64	645	18.5	25.25

jusante, no trecho do rio Piracicaba amostrado. Estes valores foram utilizados para gerar os Gráficos de Distribuição Normal (Figuras 3 e 4).

Nas proximidades das minerações da CVRD e SAMARCO S.A. (ponto 1) os teores dos óxidos não são muito elevados, podendo significar que as bacias de contenção de águas pluviais das empresas vêm cumprindo de forma satisfatória sua função em períodos pouco chuvosos (o verão de 2001/2002 na região foi atípico, com poucas chuvas).

No entanto, na seqüência amostrada, os pontos seguintes (pontos 2 e 3), muito próximos, apresentaram os teores máximos de hematita e magnetita entre todos os pontos investigados. Estes apresentaram também altas concentrações de goethita evidenciando a influência das minerações de ferro sobre a composição dos sedimentos, tanto em termos da erosividade do solo quanto no que diz respeito à presença de óxidos resultantes da atividade mineira. Ambos recebem a contribuição de pequenos afluentes (não representados na Figura 1) que drenam estas minas. A partir deste trecho, em direção ao médio rio Piracicaba, observa-se uma tendência à diminuição da presença de minerais de ferro. Provavelmente o afastamento da fonte geradora e o efeito de diluição resultante da contribuição de pequenos afluentes explicam esta redução.

Os sedimentos entre os pontos 11 e 12 apresentam um aumento anormal dos teores de hematita que contraria a tendência de queda observada. O mapa ge-

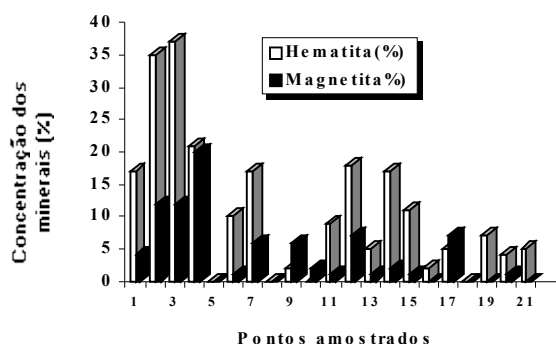


Figura 2- Distribuição da concentração de minerais de ferro nos pontos amostrados.

ológico da área (DNPM - USGS, 1946-1962) acusa a presença de rochas do Grupo Itabira (itabiritos, dolomitos e filitos) que por erosão provocam a elevação da concentração de óxidos de ferro; a tendência de aumento é neutralizada em alguns trechos à jusante de córregos, como no ponto 13, pela diluição provocada pelo aporte de um maior volume de água e pela presença de concentrações elevadas de quartzo. Este segmento do rio, particularmente entre os pontos 11 e 15, localiza-se numa região montanhosa, com relevo abrupto, apresentando um manto de intemperismo menos espesso. Esta situação se traduz por concentrações de goethita no sedimento inferiores à média verificada no percurso estudado.

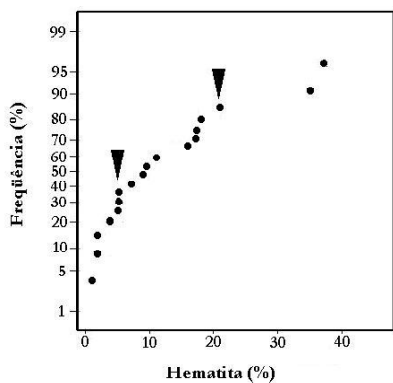


Figura 3 - Gráfico de Distribuição Normal da hematita . As setas indicam os pontos de inflexão, que correspondem aos pontos 13, 17 e 21 (5% de Hematita) e 4 (21% de Hematita)

O rio Piracicaba, à jusante do rio Maquiné (ponto 18), apresenta teores insignificantes de óxidos de ferro e um predomínio de quartzo proveniente do curso d'água afluente.

Como mencionado anteriormente, foi observada a presença de pilhas de minério de ferro, hematita, no trecho do rio que margeia a linha férrea da Rede Ferroviária Federal, provenientes da descarga parcial de vagões que trafegam pela estrada de ferro. O arraste deste material, possivelmente, é responsável pelo alto teor de hematita e ausência de magnetita que caracterizam os pontos 19, 18, 16, 20, e 21.

Os valores encontrados para as concentrações de hematita e magnetita ao longo do trecho do rio Piracicaba investigado foram tratados estatisticamente, buscando estabelecer algum tipo de correlação entre teores elevados de óxidos no sedimento e atividade mineira. Em primeiro lugar avaliou-se a possibilidade de todos os valores pertencerem a uma mesma coleção de pontos. Para tanto, foram estabelecidos os gráficos de Distribuição Normal para os dois minerais (Figuras 3 e 4) e realizado o teste de normalidade de Anderson-Darling (1954). O teste identifica em cada um dos gráficos a existência de três coleções de pontos, cada uma delas, provavelmente, correspondendo a uma origem geológica diferente.

Os gráficos de Distribuição Normal mostram que em ambas as curvas existe um determinado valor de concentração dos minerais acima do qual observa-se uma mudança clara na inclinação da reta definida pelos pontos iniciais. Os pontos compreendidos neste segmento inicial pertencem à uma mesma distribuição. Segundo Bauer e Bor (1993, 1995), o ponto inicial do segmento da reta com inclinação diferenciada corresponde ao limite máximo do conjunto de pontos de natureza geogênica (background values).

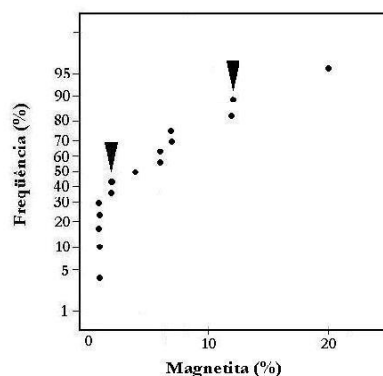


Figura 4- Gráfico de Distribuição Normal da magnetita. As setas indicam os pontos de inflexão que correspondem aos pontos de coleta 10 e 14 (2% de Magnetita) e 2 e 3 (12% de Magnetita).

Os pontos compreendidos entre a primeira e a segunda inflexão podem ser de natureza geogênica ou antropogênica. A partir da segunda inflexão temos os pontos de natureza antropogênica. A aplicação deste

Efeito da Atividade Mineira na Dispersão de Minério de Ferro ao Longo do Alto e Médio Rio Piracicaba

teste sugere que teores superiores a 20% (pontos 2, 3 e 4) no caso da hematita, e superiores a 10% (2, 3 e 4) para a magnetita, têm origem antrópica.

Os pontos 2, 3 e 4 são exatamente aqueles que recebem águas que drenam as áreas de mineração de ferro.

CONCLUSÕES

A presença dos óxidos de ferro hematita e magnetita, indicadores potenciais da degradação provocada pela atividade mineira nas cabeceiras do rio Piracicaba, é observada praticamente ao longo de todo o trecho estudado.

Os altos teores apresentados pelos pontos mais próximos da cabeceira do rio sugerem que pode haver uma grande contribuição de minério de ferro proveniente das cavas e de minas em fase de abertura. A propósito, os gráficos de Distribuição Normal dos dois minerais permitem supor que tais valores são de natureza antropogênica. Observa-se uma tendência geral de diminuição nos teores destes óxidos na medida em que o rio se distancia da área de maior atividade de mineração.

A erosão natural de uma região de relevo acidentado, rica em rochas do Grupo Itabira, provoca uma pequena elevação dos teores de hematita no leito do rio à medida que se avança para o médio Piracicaba, alterando a tendência de queda contínua mencionada.

O carreamento de minério de ferro de montículos dispostos à margem da linha férrea que corre paralela aos rios Maquiné e Piracicaba, desde um trecho à montante da confluência até a cidade de Rio Piracicaba, é provavelmente responsável pela presença de hematita nos leitos dos rios nos pontos 16, 18, 19, 20 e 21. Nestes pontos não se observa a presença de magnetita. O efeito antrópico fica assim caracterizado sem relação direta com a atividade mineira.

Tais constatações podem servir como alerta às empresas mineradoras para a necessidade de compatibilizar suas atividades peculiares com a proteção de ecossistemas, da flora e da fauna e dos recursos do solo, ar e água. A atividade mineral lida com um recurso natural não renovável, geograficamente localizado, no entanto, a sua postura em relação ao meio ambiente deve transcender a simples proteção da natureza na área restrita da jazida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos professores Antonio Luciano Gandini (DEGEO/UFOP) e Geraldo Magela da Costa (DEQUI/UFOP) pelas preciosas sugestões, e aos professores José

Aurélio M. Luz (DEMIN/UFOP) e Maurício Antônio Carneiro (DEGEO/UFOP) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, E.; MARTINEZ, A ; CALVO R. 1992. Geochemical aspects of aluminum in forest soils in Galicia. *Biogeochemistry*, 16 , 167-180.
- ANDERSON T. W.; DARLING D. A. 1954. A test of goodness of fit. *J. Amer. Stat. Ass.* 49, 765-769.
- BAUER I.; BOR J. 1993. Vertikale Bilanzierung von Schwermetallen in Böden-Kennzeichnung der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Schwermetallen unter Berücksichtigung von lithogenem Grundgehalt, pedogener An- und Abreicherung sowie anthropogener Zusatzbelastung, 2, Texte 5, 6.
- BAUER I.; BOR J. 1995. Lithogene, geogene und anthropogene Schwermetallgehalte von Lössböden an den Beispielen von Cu, Zn, Ni, Pb, Hg und Cd. *Mainzer Geow.. Mitt.* 24, 47-70.
- CARDOSO, L. 2003. Universidade Federal de Ouro Preto, NUPEB. Dissertação de Mestrado: Reflexos cardíacos em ratos acordados e submetidos a uma suplementação parenteral com ferro. 90p.
- CETESB. 1988. Guia de coleta e preservação de amostras de água.. São Paulo. 150 p.
- CETESB. 1985. Estudo emergencial dos níveis de contaminação por metais pesados na água, sedimentos e peixes do reservatório Rio das Pedras.. São Paulo. 10 p.
- COSTA, A T. 2001. Universidade Federal de Ouro Preto, DEGEO. Dissertação de Mestrado: Geoquímica das águas e dos sedimentos da Bacia do Rio Gualaxo do Norte: estudo de uma área afetada por atividade de extração mineral. 146 p.
- DORR, J.V.N. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil. U.S. Geological Survey Paper 641(A). 110p.
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. 1996. Enquadramento dos cursos d'água da Bacia do Rio Piracicaba - Fase II: Avaliação da Qualidade das Águas. Belo Horizonte, MG. 52 p.
- GARRELS, R.; CHRIST C. 1965. *Solutions, Minerals and Equilibria*. Harper & Row, NY . 580 p.
- GUERRA, C.B. 1999. Expedição Piracicaba 300 anos depois. Escritório da Bacia do Rio Doce, Projeto SRH/MMA, Ipatinga, MG. 82p.
- LEPELTIER C. 1969. A simplified treatment of Geochemical data by graphical representation *Econ. Geol.* 64 , 538-550.
- IBRAM. 1992. *Mineração e Meio Ambiente*. - Edição Comissão Técnica de Meio Ambiente. Brasília, DF. 121p.
- MACIEL Jr., P. 2000. Zoneamento das Águas. Edição IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, MG, 112p.

- MARTIN, J.M.; MEYBECK, E. 1979. Elemental mass-balance of material carried by major world rivers. *Marine Chemistry*, 7, 173-206.
- MATSCHULLAT, O.; OTTENSTEIN, R.; REIMANN, C. 2000. Geochemical Background - can we calculate it? *Environmental Geology* 39 (9), 990-1000.
- McCUTCHEON, S.C.; MARTIN, J.L.; BARNWELL, T.O. 1992. *Water Quality*. Em: *Handbook of Hydrology*. Cap 11. McGraw-Hill, Austin.
- PAULA, J.A. 1997. *Biodiversidade, População e Economia*. . UFMG- Cedeplar - ECMVS PADCT/CIAMB, Belo Horizonte MG. 672 p.
- ROSS, D.S.; BARTLETT, R.J. 1996. Field-extracted Spodosol solutions and soils: Aluminum, organic carbon, and pH interrelationships. *Soil Science Society of America Journal* 60, 589-595.
- SAWYER, C.N.; McCARTHY, P.L. 1985. *Chemistry for Environmental Engineering*. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, Singapura. 530p.
- SCHLESINGER, W.H. 1997. *Biogeochemistry an analysis of global change*. 2nd ed. Academic Press, S.Diego. 588p.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. 1989. 8th ed . *Statistical Methods*. Iowa University Press/AMES, Iowa City. 503 p.
- STUMM, W.; MORGAN, J.J. 1981. *Aquatic Chemistry*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York. 780 p.

Effect of mining activity on the dispersion of mineral iron in the upper and middle Paracicaba River.

ABSTRACT

The upper and middle courses of the Piracicaba River have many mining companies. Iron oxide content in the bottom sediment of this river was investigated with the objective of correlating the sediment accumulation of the river with mining activities of the region. Twenty one samples were analyzed by X-ray diffraction, by magnetic separation and LOI (lost on ignition). Grain size composition was also measured. Samples taken closer to the Piracicaba headwaters showed higher iron mineral content. In this area these minerals are carried by tributaries draining the mining areas. Stations on tributary reaches showed hematite concentrations four times higher than the average value for the river. Two other stations with high oxide contents were also found. These stations receive water from tributaries draining areas rich in eroded products of itabirites in an area of marked relief.

Keywords: *Piracicaba river, iron ore mining areas, sediment accumulation.*