

ALTERAÇÕES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFÍCIAIS PELA EXPLORAÇÃO DE AREIA NO MUNICÍPIO DE ITAQUAQUECETUBA - SP

Hermam Vargas Silva

ABSTRACT. This paper concerns to the water alteration in sand mining in São Paulo metropolitan region, through chemical analyses of water, the following alterations could be identified: pH (3,13 a 5,77), non filtered residue (26 a 5 mg/L), turbidity (1,4 a 6,5 N.T.U), trace elements (without alterations).

Key words: Pollution, environment, mining pollution, sand mining pollution, mining wastewater.

INTRODUÇÃO

Este trabalho originou-se no projeto "Diretrizes para mineração de areia na região da grande São Paulo", realizado em convênio com a CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) e o DNPM-MME (Departamento Nacional da Produção Mineral - Ministério das Minas e Energia). O mesmo procura interpretar, através de análises químicas das águas, qual é a alteração básica que estas águas sofrem e a sua influência no meio ambiente.

As amostras de água foram colhidas na mineração Itaquareia, no município de Itaquaquecetuba - SP, localizando-se na formação geológica homônima.

METODOLOGIA

O método utilizado baseou-se na coleta de uma amostra, na última lagoa de decantação das águas que vêm do rio Tietê e que serão usadas no desmonte da areia; a outra foi feita, na saída dessa mesma água, após ser usada no desmonte, na parte terminal da lagoa de decantação dos finos.

Este estudo consta de duas análises espectrográficas semi-quantitativas, acompanhadas de medidas de pH, resíduo não filtrável e turbidez.

SEQUÊNCIA DAS OPERAÇÕES

Neste tipo de cava, a areia ocorre em bancos e em horizontes, é desmontada hidráulicamente (jatos de água sob pressão), sendo levada por canaletas para uma bacia de decantação. Este percurso serve para separar as porções grossas, das porções finas. (Silva, 1987).

Nesta bacia de decantação, ocorre a lavagem primária, onde a areia é separada gravimetricamente, ou seja, as porções mais grosseiras por serem mais pesadas, vão afundar e as argilas localizar-se-ão numa fase superior; material este que é dragado, também por sucção, para uma outra bacia, onde se processa a lavagem secundária. Após esse processo, ela é novamente dragada para os separadores, onde a areia se encaminha para o depósito e as águas das lavagens para a última bacia de sedimentação dos materiais mais finos e daí para o corpo d'água.

Nos separadores, o material passa por uma peneira, que elimina granulometrias indesejáveis, podendo também selecionar intervalos granulométricos que o minerador assim deseje, bastando regular o diâmetro da peneira.

RESULTADOS

As análises processadas pelos laboratórios da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental)

obedecendo aos métodos do "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, apresentaram os resultados contidos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados qualitativos das análises espectrográficas das amostras de águas e outras medidas físico-químicas.

AMOSTRAS	
- Coletada antes da bomba de recalque para o desmonte hidráulico	- Coletada na saída da última lagoa de decantação, saindo para o rio Tietê.
- Elementos traços: Al, Ba, Ca, Pb, CO, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Si, Zn - Outros elementos detectados (traço): Na	- Elementos traços: Al, Ba, Ca, Pb, CO, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Si, Zn - Outros elementos detectados (traços): Na
pH : 5,77 Res. não filtrável: 5,0 mg/L Turbidez : 6,5 N.T.U.	pH : 3,13 Res. não filtrável: 26,0 mg/L Turbidez : 1,4 N.T.U.

* baseado em dados obtidos nos laboratórios da CETESB.

DISCUSSÃO

Aspectos Geológicos

A Formação Itaquaquecetuba, cuja denominação foi proposta por Coimbra *et al.*, localiza-se na bacia de São Paulo, sendo definida sob as planícies atuais dos rios Tietê e Pinheiros.

Esta formação assenta-se sobre rochas pré-cambrianas, constituídas por xistos, gnaisses e granitóides, além de faixas de rochas cataclásticas originadas pelas litologias anteriores; os xistos encontram-se intensamente alterados, apresentando aspecto bandado, configurando estrutura metamórfica ou sedimentar bandada.

Os gnaisses englobam tipos estruturais que incluem gnaisses ofthalmíticos e gnaisses graníticos, com foliação marcante e aspecto homogêneo; a biotita gnaisse grada para biotita xistos em alternância com bandas de composição mais granítica, além do que, por encontrarem-se em zona de falhamento transcorrente, exibem evidências tectônicas (gerando termos desde cataclasitos até ultramilonitos, intercalados com rochas não afetadas).

Os sedimentos da Formação Itaquaquecetuba são cobertos por unidade aluvionar pouco espessa, atualmente em fase de entalhe pelo Rio Tietê e afluentes, com cascalhos na base, areias apresentando estratificação cruzada e argilas turfosas, gradando a turfa no topo. Raros fragmentos de madeira fóssil incarbonizada ocorrem no nível arenoso, sendo que o contato dessa unidade (de topo) com a Formação Itaquaquecetuba, é discordante e sua horizontalidade indica fase erosiva generalizada pós-Itaquaquecetuba.

Na Bacia de São Paulo, a Formação Itaquaquecetuba constitui-se de um corpo com cerca de 40 km de comprimento, com até 2 km de largura e espessura máxima da ordem de 50 m; são conglomerados "clast supported", constituídos de seixos de até 20 cm, localmente imbricados com estratificação gradacional e granodecrescência ascendente, predominando seixos esféricos ou discóides; encontram-se, também, arenitos com estratificações cruzadas, tabulares e tangenciais, constituindo cerca de 80% do depósito.

Apresentam lentes do argilito de espessura reduzida lateral (menos de um metro), atingindo de 5 a 10 m; além de conglomerados com seixos de argilito de forma lenticular e espessura máxima de 50 cm, sendo sua matriz formada por areia média a grossa. Outra litologia presente são os arenitos com estratificação cruzada acanalada.

Tanto nos arenitos, quanto nos conglomerados e nos siltitos, apresentam-se troncos vegetais incarbonizados, silicificados e sulfetados, sendo que os sulfetos de ferro são comuns na forma de cimento.

Aspectos Químicos

Os sulfetos da Formação Itaquaquecetuba concentram-se, aparentemente, em brechas da formação, em cavidades do plano de falha situadas no embasamento e ao redor de troncos incarbonizados. São predominantemente pirita (FeS_2 - cúbico) e marcassita (FeS_2 - ortorrômbico).

Para os sulfetos precipitados em brechas e cavidades de falhas, estudos de isótopos de enxofre feitos por Reynolds e Goldhaber determinaram a origem, ora de soluções ácidas profundas, onde o enxofre se encontrava na forma de sulfeto, ora de soluções sulfatadas superficiais, carregadas para baixo no perfil do solo e em espaços abertos no plano de falha, onde ocorreria redução bacteriana. Para sulfetos envolvendo troncos incarbonizados, a origem se dá através de redução bacteriana de sulfato.

Condições para formação de pirita e marcassita constituíram-se em motivos de vários trabalhos, sintetizados por Reynolds e Goldhaber, não se encontrando, entretanto, mecanismos detalhados, embora se possam fazer certas generalizações; a marcassita é meta-estável

em relação à pirita em todo o campo de temperaturas de ocorrências geológicas, sendo, a sua formação, portanto, devido a fatores cinéticos; dentre esses fatores, variáveis interrelacionadas de pH e de tipos de íons de enxofre envolvidos são os principais controles que discriminaram a cristalização de pirita ou marcassita. Valores de pH baixos (menores que 7, com enxofre elementar presente e polissulfetos em baixa concentração ou ausentes) favorecem a precipitação da marcassita e inversamente, pH alto (acima de 7, com abundância de íons polissulfetos e enxofre elementar ausente ou em menor quantidade) propicia a formação de pirita; existindo uma zona estreita de valores de pH em que precipitam simultaneamente pirita e marcassita.

Muitos autores descrevem troncos que exibem estado de fossilização transicional, entre silicificados e sulfetados, e entre sulfetados e incarbonizados, o que sugere que estas formas podem ocorrer simultaneamente em ambiente diagenético redutor. Coimbra *et al* detectou que os troncos silicificados estão restritos à margem esquerda do rio Tietê, em Itaquaquecetuba, nos quais a cimentação é ferruginosa, com o desenvolvimento de crosta limonítica.

A abertura de cavas e portos de areia coloca estes sulfetos em contato com um ambiente oxidante, tornando-os instáveis, gerando soluções extremamente ácidas (pH entre 2,5 a 3,0), instabilizando feldspatos e possivelmente argilominerais, sendo a partir de tais soluções, precipitados sulfatos de ferro, alumínio, magnésio e cálcio.

Das alterações da pirita em ambiente oxidante, tem-se a experiência da mineração de carvão, gerando graves problemas ambientais.

Havendo um tempo de contato água - pirita suficientemente largo para permitir a reação química, os íons sulfeto são oxidados na presença de ar, bactérias e umidade, gerando sulfatos de ferro e ácido sulfúrico, como mostra a seguinte reação:



Assim, em meio ácido, o íon ferro II com o tempo e com o oxigênio do ar acaba sendo transformado em ferro III:



Por outro lado, quando o despejo ácido de minas é lançado em cursos hídricos, há uma diluição da concentração do ácido sulfúrico, produzindo-se a hidrólise do sulfato férrico, como segue:



Os sulfatos resultantes dos processos atuais de alteração intempérica, alguns dos

quais já citados por Coimbra *et al.* e Atencio e Hypolito, compreendem:

Melanterita, Rozenita, Halotriquita e/ou Bilinita, Pickeringita, Aluminocopiapita, Magnésio copiapita aluminosa, Alunogênio epsomita, Coquimbaita e Hidrônio-jarositita. Sendo que Poemerita e Coquimbaita, formam-se nas amostras após coleta e armazenamento (Quadro 1).

A partir do estudado acima e tendo em vista as análises, conforme Tabela 1 nota-se que tudo o que a água traz consigo do rio Tietê, entra e sai com os mesmos elementos, o que não seria esperado, uma vez que são observadas alterações da pirita e marcassita para os sulfatos já descritos.

Contudo, ainda pela Tabela 1, observa-se que, após o uso da água, a mesma na saída da última lagoa de decantação apresenta um pH igual a 3,13; resíduo não filtrável de 26 mg/L e turbidez de 1,4 N.T.U., valores estes, diferentes da água antes do início do desmonte hidráulico.

Quadro 1. Composição Qualitativa dos sulfatos identificados na Formação Itaquaquetuba

NOME	FÓRMULA QUÍMICA
Alunogênio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$
Aluminocopiapita	$\text{Al}_2/3\text{Fe}^{\text{III}}(\text{OH})_2 \cdot (\text{C})_6 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
Barita	BaSO_4
Bilinita	$\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 22\text{H}_2\text{O}$
Epsomita	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Gipsita	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Halotriquita	$\text{FeAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$
Magnésio copiapita aluminosa	$(\text{MgAl})1-x\text{Fe}^{\text{III}}(\text{OH}_2)(\text{SO}_4)_6 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
Malanterita	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Para-Coquimbaita	$\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Pickeringita	$\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$
Rozenita	$\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Coquimbaita*	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Roemerita*	$\text{FeFe}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
*formam-se após coleta	e armazenamento

Fonte: COIMBRA *et al.* - 1982 (), ATÊNCIO e HYPÓLITO - 1984.

CONCLUSÃO

Conclui-se que, devido ao que analisa Coimbra *et al.*, onde mostra a formação de troncos fossilizados em estado transicional, característica esta de ambiente redutor, favorece ao aparecimento de sulfetos que, em contacto com um ambiente oxidante, os torna instáveis, gerando soluções aquosas extremamente ácidas (pH entre 2,5 a 3,0) que podemos comprovar através da observação das tabelas presentes no trabalho.

Isto ocorre devido à instabilização dos feldspatos e outros argilominerais, sendo que a partir daí são precipitados sulfato de ferro, alumínio, magnésio e cálcio.

Assim, a solução terá um pH ácido (presença de H_2SO_4), que resulta na diminuição da turbidez do efluente (ver Tabela 1), restando uma solução iônica, que resulta no aumento do resíduo não filtrável, que irá para o rio Tietê, indo contribuir para o comprometimento da qualidade destas águas, mesmo que em uma baixa concentração, podendo se incorporar ao lençol d'água subjacente (freático), modificando as suas características originais, causando também problemas a quem dele fizer uso.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Dr. Ervim Lenzi, Departamento de Química e Dr. José Cândido Stevaux, do Departamento de Geografia da UEM; que pela amizade e presteza contribuíram para a concretização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLESARI, LENORE S. (editor). 1989 - **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 15^{ed}. Washington: American Public Health Association
- ATÊNCIO, D.; HYPOLITO, R. (1985). Sulfatos Secundários em Itaquaquecetuba (SP): coquimbita, jarosita, rozenita e gipsita (coquimbita e rozenita: primeira ocorrência no Brasil). **Boletim de Resumos do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia** (S.B.G.).
- COIMBRA, A. M.; ATÊNCIO, D.; BRANDT NETO, M. (1980). Sulfetos Secundários associados a aluviões antigos do Rio Tietê (Itaquaquecetuba - SP). **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia** (S.B.G.) 4:1970-1981.
- COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C.; MELO, M.S. (1983). A Formação Itaquaquecetuba: evidência de tectonismo no Quaternário Paulista. **Atas do IV Simpósio Regional de Geologia**, SBG. p.253-266.
- REYNOLDS, R.L.; GOLDBERGER, M.B. (1983). Iron Disulfide Minerals and the genesis of Roll-type Uranium Deposits. **Econ. Geol.** 78 (1):105-120.
- SILVA, HERMAM VARGAS (1987). Ante-projeto "Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo, sep.