



Variações sazonais do índice de saturação de minerais reativos de alumínio nas águas das cavas de extração de areia e água subterrânea circunjacente, Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí, Rio de Janeiro.

Eduardo Duarte MARQUES^{1,3}, Décio TUBBS², Olga Venimar O. GOMES³, Emmanoel Vieira SILVA-FILHO³

1 - CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte (MG), Brasil – eduardo.marques@cprm.gov.br, 2 - Universidade Federal Rural do RJ, Departamento de Geociências, Seropédica (RJ), Brasil – tubbs@ufrj.br, 3 - Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Niterói (RJ), Brasil – gomes.olga@gmail.com; geoemma@vm.uff.br

Abstract

The Seropédica-Itaguaí Quarrying district supplies about 70% of sand for civil construction of Rio de Janeiro Metropolitan Region. The sand extraction process removes the surface sedimentary layers and induces the water table fills the mined pit. The sand extraction activities cause the oxidation of reduced sediments (ancient coast lines lithologies – mangrove environment), providing low pH values (reaching values < 4), high SO₄ concentrations (more than 90 mg L⁻¹) and high Al concentration (more than 10 mg L⁻¹). This work aims to show the main aluminium dissolved species in sand pit lakes and surround groundwater, besides to provide information about Al reactive minerals along the rain seasonal periods. In the studied region the evapoconcentration process in sand pit lakes and surround groundwater in dry season and the rainwater in wet season bring to higher or lower solubilization of Al due to precipitation and dissolution of reactive minerals.

Keywords: hydrogeochemistry, Al availability, hydrochemical modelling

Resumo

O Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí abastece cerca de 70% da areia para a construção civil na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. O processo de extração de areia remove as camadas superficiais de areia, fazendo com que a água subterrânea preencha as cavas produzidas. Tal atividade causa a oxidação de sedimentos reduzidos (antigas linhas de costa – manguezais), fornecendo baixo pH (< 4) e altas concentrações de SO₄ (> 90 mg L⁻¹) e altas concentrações de alumínio (> 10 mg L⁻¹). Este trabalho tem como objetivo mostrar as principais espécies dissolvidas de alumínio nas cavas de extração de areia e água subterrânea circunjacente, além de fornecer informações sobre a formação de minerais reativos ao longo dos períodos de seca e de chuva. Na região estudada, o processo de evapoconcentração nas lagoas de cava e água subterrânea em períodos secos e a água da chuva em período chuvoso levam a maior ou menor solubilização do Al devido a precipitação e dissolução de minerais reativos.

Palavras-chave: hidrogeoquímica, disponibilidade de Al, modelagem hidroquímica

1. Introdução

O Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí, considerado um dos maiores do Brasil, com mais de oitenta empresas de mineração, abastece aproximadamente 70% da areia para a construção civil da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. O processo de extração de areia se dá através da retirada das camadas sedimentares superficiais da região, caracterizadas por depósitos de areia, de composição quartzo-feldspática, fazendo com que a superfície freática do Aquífero Piranema aflore, preenchendo as cavas resultantes.

Este distrito areeiro está localizado na baixada de Sepetiba, a qual é uma bacia sedimentar quaternária e possui características sedimentológicas excelentes para, além da



extração de areia, o armazenamento e transmissão de água em subsuperfície (boa porosidade e permeabilidade, respectivamente). Esses aspectos tornam a Formação Piranema um aquífero de boas características hidrogeológicas, denominado por Tubbs (1999) como Aquífero Piranema. Reconhecidamente, as minerações de areia causam efeitos adversos ao meio ambiente, principalmente quando o método utilizado é o da dragagem por meio de “lagoas” em cavas. As mudanças físico-químicas ocasionadas pela abertura das cavas se dão devido a oxidação de sedimentos em ambiente redutor, remontando antigos ambientes de costa, tais como pântanos e manguezais. Com isto, tal ambiente apresenta grandes quantidades de gás sulfídrico (H_2S) e pirita microcristalina (FeS_2). Esta condição físico-química da água das lagoas faz com que o intemperismo sobre o material geológico do aquífero (argilas e fração areia, essencialmente quartzo-feldspático) seja acelerado. A água subterrânea circunjacente às lagoas também são afetadas pelo processo de acidificação, seja pelo aumento do pH ou pelos produtos da acidificação, tais como sílica e alumínio (Stumm & Morgan, 1995). O alumínio seria o fator limitante para a introdução da piscicultura nas cavas ao término da atividade minerária. Em ambientes aquosos ácidos, o alumínio é tóxico para peixes, anfíbios e fitoplâncton (Birge 1978, Poleo 1995). Na região estudada, o fenômeno de evapoconcentração em períodos secos e a diluição das águas meteóricas em períodos de chuva fazem com que haja maior ou menor solubilização do alumínio devido à precipitação e dissolução de minerais, seja nas lagoas de cavas ou na água subterrânea.

O objetivo deste trabalho é verificar as principais espécies de alumínio existentes nas águas das lagoas de cava e água subterrânea, além de fornecer informações sobre a formação de minerais reativos de alumínio ao longo dos períodos sazonais em ambos os ambientes.

2. Resultados e Discussão

Com a utilização do software livre PHREEQC (Parkhurst, 1995) foi realizada uma especiação do alumínio nas lagoas de cava e na água subterrânea. As espécies indicadas neste modelo são Al^{3+} , as espécies hidrolisadas $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$ e $Al(OH)_3$ e as sulfatadas $AlSO_4^-$ e $Al(SO_4)_2^-$ (Tabela 1). As espécies de alumínio possuem maiores concentrações no período seco (entre abril e setembro) para as lagoas de cava e água subterrânea; o Al^{3+} é a principal espécie para os períodos seco chuvoso nas lagoas de cava, seguido de $AlSO_4^-$ e $Al(OH)^{2+}$; para a água subterrânea as principais espécies dissolvidas são $Al(OH)^{2+}$ e $Al(OH)_2^+$ em ambos períodos. A ausência de $Al(OH)_3$ nas lagoas de cava é explicada pelo baixo pH das águas estudadas assim como pela alta concentração de sulfato. Na água



subterrânea, onde o pH é maior e a concentração de sulfato menor, as espécies monoméricas de alumínio serão abundantes.

Tabela 1 – Concentração das espécies dissolvidas de alumínio nas lagoas de cava e água subterrânea.

Espécies	Lagoas de Cava				Água Subterrânea			
	Período Seco (mg.L ⁻¹)	(%)	Período Chuvoso (mg.L ⁻¹)	(%)	Período Seco (mg.L ⁻¹)	(%)	Período Chuvoso (mg.L ⁻¹)	(%)
Al ³⁺	5.30	72.74	0.49	71.28	1.48	18.52	0.04	7.04
Al(OH) ²⁺	0.91	12.47	0.08	11.18	2.50	31.25	0.12	21.95
Al(OH) ₂ ⁺	0.14	1.91	0.01	1.69	3.79	47.43	0.38	65.10
Al(OH) ₃ ⁰	-	-	-	-	0.13	1.62	0.03	4.65
AlSO ₄ ⁺	0.92	12.61	0.11	15.46	0.09	1.18	0.01	1.26
Al(SO ₄) ₂ ⁻	0.02	0.27	< 0.01	0.39	-	-	-	-

A disponibilidade do alumínio nas lagoas de cava e na água subterrânea foi caracterizada pela formação de minerais reativos (minerais que são formados a partir da solução aquosa como, por exemplo, sais complexos), os quais são controlados pelo índice de saturação na solução. O índice de saturação é dado pela equação $IS = \log(PAI)/K_{ps}$, onde PAI é o “Produto da Atividade Iônica” dos íons presentes num dado mineral reativo e K_{ps} é o produto da solubilidade, o qual é uma constante de um dado mineral reativo.

Os minerais indicados na modelagem pelo PHREEQC são os hidroxialuminossilicatos allophana ($[Al(OH)_3]_{1-x}[SiO_2]_x$) e halloysita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$); os sais complexos de sulfato alunita ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$) e basaluminita ($Al_4(OH)_{10}SO_4$); o produto do processo de hidrólise do alumínio dissolvido, gibbsita ($Al(OH)_3$). A Figura 2 mostra gráficos dos índices de saturação (IS) dos minerais reativos em função do pH, um dos parâmetros físico-químicos determinantes para o controle da solubilização e precipitação de fases minerais em águas naturais. Pode-se notar que os IS dos sais de sulfato possuem boas correlações com o pH somente no período seco. Para os hidroxialuminossilicatos e gibbsita, o pH mostrou boas correlações tanto no período de chuva quanto no seco. As boas correlações dos IS dos minerais indicados com pH explicam como as mudanças no sistema das lagoas de cava influenciam na água subterrânea circunjacente, demonstrando um comportamento contínuo das lagoas de extração de areia para as águas subterrâneas. Isto ilustra a configuração linear nos gráficos (amostras das lagoas de cava com baixos valores pH e baixos IS graduando para as amostras de água subterrânea com maiores pH e maiores IS nos períodos seco e chuvoso). A configuração dispersa das amostras no período chuvoso pode ser devido a diluição pela água da chuva.

Logo, ao se comparar os IS dos minerais indicados, os sais de sulfato são os melhores complexadores de alumínio devido a maioria das amostras estarem nas zonas supersaturadas ($IS > 0$) dos gráficos em ambos os períodos. Os hidroxialuminossilicatos



também se mostram bons complexadores de alumínio, indicando condições de supersaturação em parte das amostras das lagoas no período seco, além de parte das amostras no período chuvoso e total no período seco para a água subterrânea. A gibbsita não apresentou um número significativo de amostras em condições de saturação/supersaturação, com apenas algumas amostras de água subterrânea. Portanto, este mineral não seria indicado como um complexador eficiente de alumínio.

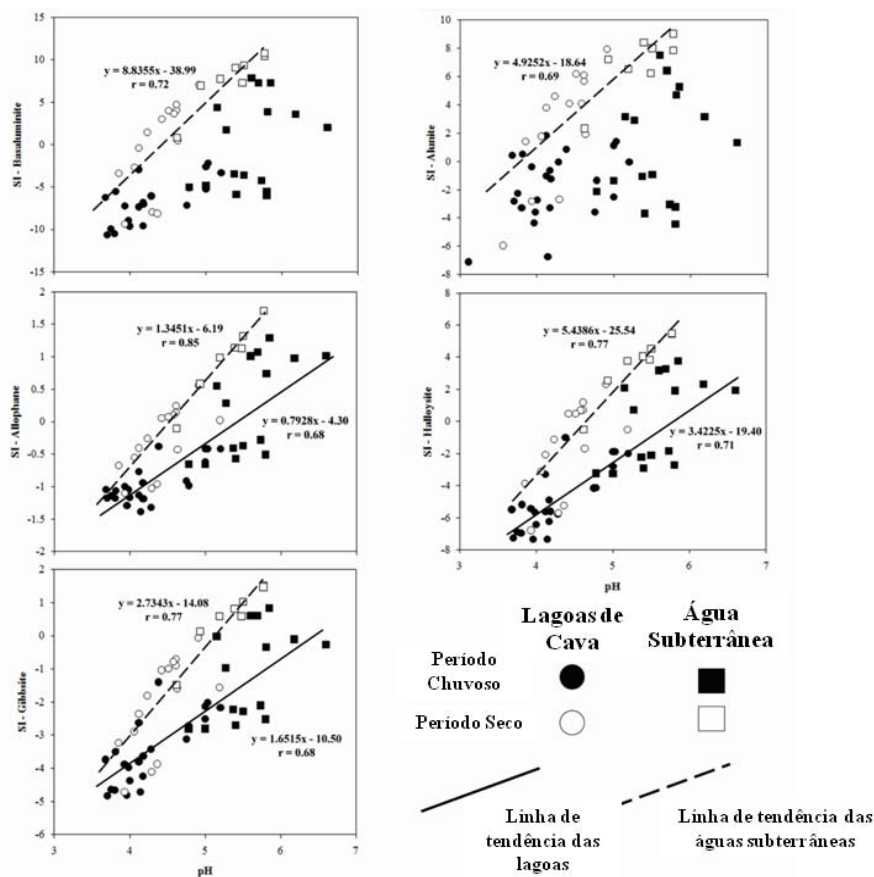


Figura 1 – Concentração das espécies dissolvidas de alumínio nas lagoas de cava e água subterrânea.

4. Bibliografia

- Birge, W.J., 1978. Aquatic toxicology of trace elements of coal and fly ash. In: Thorp, J.H., Gibbons, J.W. (Eds.), Dep. Energy Symp. Ser.. Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems, Augusta, GA, vol. 48, pp. 219-240.
- Parkhurst, D.L., 1995. User's Guide to PHREEQC - A Computer Program for Speciation, Reaction-path, Advective-transport, and Inverse Geochemical Calculations. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 95-4227, 143 pp.
- Poleo, A.B.S., 1995. Aluminium polymerisation e a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. *Aquatic Toxicology* 31 (4), 347-356.
- Stumm, W., Morgan, J.J., 1996. *Aquatic Chemistry, Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, third ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 1022 pp.
- Tubbs, D., 1999. Ocorrência das Águas Subterrâneas e "Aquífero Piranema" e Município de Seropédica, área da Universidade Rural e Arredores, Estado do Rio de Janeiro. FAPERJ (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Janeiro), Brasil, Relatório Final, 123 pp.