

reflect local conditions. Most of the wells of Crato show these features.

The third group is formed by waters of mixed origin characterized by pmC values between 80 and 100, which consist of an old component, leaking through the (uncompletely) confining layer on the top of the Lower Missão Velha, and a young one from local recharge. Practically all samples from Barbalha are of that type.

3. REFERENCES

FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M.M.F. e BRASIL, R. - 1990 - Aspectos Hídricos do Cariri. Anais do I Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do NE, Crato, p. 99 - 110.

SANTIAGO, M.F.; FRISCHKORN, H.; BEZERRA, A. e BRASIL, R. - 1988 - Medidas hidroquímicas em poços e fontes no Cariri - sul do Ceará. Anais do 5º Congr. Bras. Ag. Subt., São Paulo, p. 112 - 121

SANTIAGO, M.M.F.; FRISCHKORN, H. e SEREJO, A.N. - 1990 - Estudo isotópico das águas do Cariri. Anais do 6º Congr. Bras. Ag. Subt., Porto Alegre, p. 338 - 343.

SANTIAGO, M.F.; FRISCHKORN, H.; SEREJO, A.N.; STUART, T. and MENDES FILHO, J. - 1992 - Rainwater and aquifers in the Cariri: regulator agents for social and economic development. Conference: Impacts of Climatic Variations and Sustainable Development in Semi-arid Regions (ICID), Fortaleza.

STUART, T.M.C.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M.M.F.; SEREJO, A.N. e BRASIL, R. - 1992 - Relação pluviosidade- vazão de duas fontes da Chapada do Cariri. RBE/CRH, to be published.

SUDENE - 1967 - Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe. Recife, vol 7.

4. Acknowledgements

The authors express their thanks for support received from IAEA Vienna, the National Research Council, CNPq, the Foundation for Meteorology and Water Resources of Ceará State, FUNCEME, and from the Municipability of Juazeiro do Norte.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE METAIS PESADOS NA ZONA NÃO SATURADA (CAMPUS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL) - UMA METEOROLOGIA PRELIMINAR

SZIKSZAY, M.; ALEXANDRE, G.A.L.; HYPOLITO, R.; TOLEDO-GROKE, M.C.; SHIMIZU, D.; AGUIAR, D.M.O. (*)

RESUMO

A poluição por metais pesados na zona não saturada em clima tropical. é estudada previamente em laboratório com a introdução de soluções em colunas de sedimentos procedentes da Bacia Terciária de São Paulo, Brasil. Os sedimentos, de constituição favorável à retenção desses elementos, ou seja, com minerais supérgenos ferruginosos e argila, são coletados e mantidos no próprio tubo amostrador, preservando-se as estruturas do perfil de alteração. As soluções aplicadas, seguidas da simulação de chuvas, depois de percolarem as colunas, são coletadas e analisadas e após um ano os sedimentos serão objeto de análises para se estudar as modificações textural, mineralógica, química e geoquímica.

ABSTRACT

Pollution by heavy metals in the unsaturated zone in tropical climate is previously studied in the laboratory. Solutions containing different concentrations of heavy metals are applied on columns with sediments of the São Paulo Tertiary Basin. The sediments were selected on account of their mineralogical composition consisting of ferruginous hydroxides and clays. The collected samples are kept in the tube thus preserving the original structures of the weathered sediments. After the application of the solutions, simulated rainfall is being poured on the columns. All liquids percolating the columns are collected separately and analyzed and after a year the sediments will be also analyzed and studied for textural, mineralogical, chemical and geochemical modifications.

1. INTRODUÇÃO

Estudos de poluição da água subterrânea por metais pesados, originários de atividades diversas, dependem do conhecimento do comportamento e mobilidade desses elementos na zona não saturada.

(*) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Congresso Hidrogeológico Latinoamericano
I, 1992, Marde. Compendio de Ponencias.
p. 119 - 125

A maior parte dos trabalhos sobre esse tema foi desenvolvida em climas temperados, em condições diferentes das que ocorrem em climas tropicais, onde temperaturas mais elevadas e precipitações mais intensas, alteram a dinâmica e reações químicas, além da predominância de solos produzidos por laterização das formações superficiais.

Os minerais que predominam nestas formações, argilo-minerais do tipo 1:1 e oxihidróxidos de ferro e manganês, apresentam propriedades de fixação de metais pesados, potencialmente poluidores, que variam com as espécies mineralógica e química e com as condições do meio, o que resulta em variações na dispersão e velocidade do poluente na zona não saturada.

Estudos sobre o comportamento geoquímico de metais pesados na zona não saturada, em perfis de alteração originados em clima tropical, são realizados no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas, CEPAS, em São Paulo, com o objetivo de elucidar as diferenças entre estas características e as do clima temperado, e entre as condições naturais e as de laboratório.

2. DETERMINAÇÕES PRELIMINARES

O local de amostragem situa-se no campus da Universidade de São Paulo, em São Paulo, Brasil, na Estação Experimental do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas. Estudos desenvolvidos anteriormente permitiram o conhecimento das características do perfil de alteração:

Litologia: constituída por camadas alternadas de areia, silte e argila, com granulometria variando de $\phi = 0,002$ mm (argila) a 2,83 mm (areia grossa);

Minerais predominantes: quartzo, caolinita, esmectita, goethita e, secundariamente, muscovita e microclínio (SZIKSZAY & TOLEDO-GROKE, 1989);

Precipitações anuais: 1 400 mm, atingindo o aquífero em 50 a 120 dias, com a linha de evaporação localizada em profundidades que variam de 0,50 a 1,50 m;

Condutividade hidráulica: 10^{-4} cm/s, em média.

Análises das águas procedentes da zona não saturada, revelaram a influência climática na parte superior, classificando-as como sulfo-bicarbonatadas cálcicas, e da litologia na parte inferior, classificando-as como bicarbonatadas sódicas (SZIKSZAY et al., 1990).

O intervalo do perfil escolhido para este estudo é uma camada constituída por argila siltosa marrom, composta predominantemente por caolinita, esmectita, muscovita e goethita (SZIKSZAY & TOLEDO-GROKE, 1989).

3. MATERIAIS E METODOS

Com o objetivo de não poluir o aquífero e monitorar os teores das soluções percolantes, desenvolveu-se uma metodologia para ser aplicada em laboratório (ALEXANDRE & SILVA, no prelo), onde é feita a introdução das soluções contendo metais pesados, em colunas de sedimentos coletados com a mínima deformação.

3.1. AMOSTRAGEM

A camada escolhida para a amostragem situa-se entre as profundidades de 1,80 e 3,20 m, predominantemente argilosa e com minerais ferruginosos, favoráveis à retenção de metais pesados.

Até a profundidade de 2,0 m foi perfurado com trado manual, e abaixo desse ponto introduziu-se o tubo amostrador com auxílio de hastes (Figura 1-I), para a aplicação de percussão com martelo. A compactação produzida na coluna de sedimentos variou de 1 a 13%, com a maioria apresentando valores em torno de 5%.

Esse tubo, em PVC, de diâmetro de 2" e comprimento 1,10 m, apresenta na sua extremidade superior um reforço em alumínio, para resistir ao impacto da percussão, que é descartado após a amostragem, e na extremidade inferior uma rosca, que permite a adaptação de um funil com tela de nylon (Figura 1-II).

3.2. ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas dos elementos maiores, relativas ao intervalo amostrado, foram feitas por Espectrofotômetro de Absorção Atômica, com os resultados apresentados na Tabela 1, em porcentagens, mínima e máxima, em peso dos respectivos óxidos.

Parte das análises dos elementos traços presentes na camada amostrada foi realizada por Espectrofotômetro de Absorção Atômica e parte por Ativação Neutrônica no CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura), em Piracicaba, São Paulo. Esses teores (Tabela 2) são apresentados em ppm, mínimo e máximo, respectivamente (SZIKSZAY et al., 1992).

Tabela 1: Óxidos dos Elementos Maiores (% em peso)

Composto	% Mínima	% Máxima
SiO ₂	85,56	92,01
Al ₂ O ₃	4,88	8,93
Fe ₂ O ₃	0,94	1,19
CaO	0,10	0,12
MgO	0,03	0,07
Na ₂ O	0,03	0,08
K ₂ O	0,12	0,19
P ₂ O ₅	0,02	0,05
TiO ₂	0,14	0,29

Tabela 2: Elementos Traços (em ppm)

Elemento	Mínimo	Máximo
Mn	23	47
Pb	12	26
Cu	< 10	< 10
Ni	< 10	12
Cr (*)	11,84	13,59
Sc (*)	4,49	4,90
Zn (*)	12,54	16,87
Co (*)	1,20	1,33

(*) Analisados por Ativação Neutrônica

3.3. PREPARO E APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES

A aplicação das soluções, 100 ml em cada coluna, foi realizada mediante um gotejador (Figura 1-III), precedida da coleta da água contida originalmente nas amostras, e uma lixiviação de todas as colunas de sedimentos com 100 ml de água tridistilada em cada uma delas, para homogenizá-las em termos de umidade. As soluções lixiviadas foram coletadas

para análises que serão integradas no cálculo do balanço de massa.

As colunas, em número de 6, estão sendo submetidas a chuvas simuladas de água saturada em CO₂, pH igual a 5,0 em temperatura ambiente. Duas delas são utilizadas como padrão, sem a introdução de metais pesados e com a aplicação de dois regimes de chuvas simuladas:

"Branco" 1a: com "chuvas" durante dois dias, de 100 ml cada, seguidos de 30 dias sem "chuvas", durante um ano e.

"Branco" 1b: com "chuvas" semanais de 100 ml, durante 5 meses, seguidos de 7 meses com o regime de "chuvas" do "Branco" 1a.

As soluções introduzidas nas colunas, com pH igual a 5,0, acertado com NH₄OH, foram preparadas, em ppm, respectivamente:

Solução A: As, 10 ppm, na forma de As₂O₃
 Co, 100 ppm, na forma de Co(NO₃)₂
 Cu, 100 ppm, na forma de cobre metálico
 Pb, 100 ppm, na forma de PbNO₃
 Zn, 100 ppm, na forma de ZnO
 Acido Acético, 500 ppm

Solução B, preparada com os metais na mesma forma que os da solução A:

As, 10 ppm
 Co, 500 ppm
 Cu, 500 ppm
 Pb, 500 ppm
 Zn, 500 ppm
 Acido Acético, 500 ppm

Solução C, preparada com os metais na mesma forma que os da solução A:

As, 10 ppm
 Co, 1000 ppm
 Cu, 1000 ppm
 Pb, 1000 ppm
 Zn, 1000 ppm
 Acido Acético, 500 ppm

Essas soluções foram aplicadas da seguinte maneira, conforme a Figura 1-III.

Coluna 2: foi introduzida a solução B e após 30 dias iniciou-se a aplicação do regime de chuvas simuladas como na coluna 1a.

Coluna 3: foi introduzida a solução A e após 30 dias iniciou-se a aplicação do regime de chuvas simuladas como na coluna 1a.

Coluna 4: foi introduzida a solução C e após 30 dias iniciou-se a aplicação do regime de chuvas simuladas como as da coluna 1a.

Coluna 5: foi introduzida a solução A e após 30 dias iniciou-se a aplicação do regime de chuvas simuladas como as da coluna 1b.

Depois que as soluções foram introduzidas e iniciada a simulação das "chuvas", está sendo realizada a coleta semanal das soluções lixiviadas das colunas para análises químicas.

Após um ano da introdução dos metais pesados e aplicação dos regimes de "chuvas", o material contido nos tubos será analisado, quanto à composição química, geoquímica, mineralógica e textural.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração da técnica do Laboratório de Química do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e o apoio do FINEP-PADCT, que financiam este estudo através do programa "Ciclo Hidrogeoquímico e Poluição).

5. BIBLIOGRAFIA

ALEXANDRE, G.A.L. & SILVA, A.A. Novas Técnicas de Amostragem de Material da Zona Não Saturada para o Estudo de Metais Pesados. Rev.Bras. Aguas Subterrâneas (no prelo).

SZIKSZAY, M. & TOLEDO-GROKE, M.C. 1989. Correlation of the Chemical Composition of the Unsaturated Zone with the Mineralogy of a Profile in the São Paulo Basin, Brazil. Proc. 6th. Internat. Symposium on Water-Rock Interaction:669-672, Rotterdam:Balkema.

SZIKSZAY, M.; KIMMELMANN, A.A.; HYPOLITO, R.; FIGUEIRA, R.M. & SAMESHIMA, R.H. 1990. Evolution of the Chemical Composition of Water Passing Through the Unsaturated Zone to Groundwater at an Experimental Site at the University of São Paulo, Brazil. Journ. of Hydrology, 118:175-190. Elsevier Science Publishers, B.V. Amsterdam.

SZIKSZAY, M.; ALEXANDRE, G.A.L.; HYPOLITO, R.; OGIHARA, S.H.; TOLEDO-GROKE, M.C.; FERNANDES, E.D.N. & ORLANDO, R. 1992. Preliminary Methodology for the Study of Heavy Metals Mobility in the Unsaturated Zone in Tropical Climate. Proceedings of the 7th. Internat. Symposium on Water-Rock Interaction, Park City, Utah, USA.

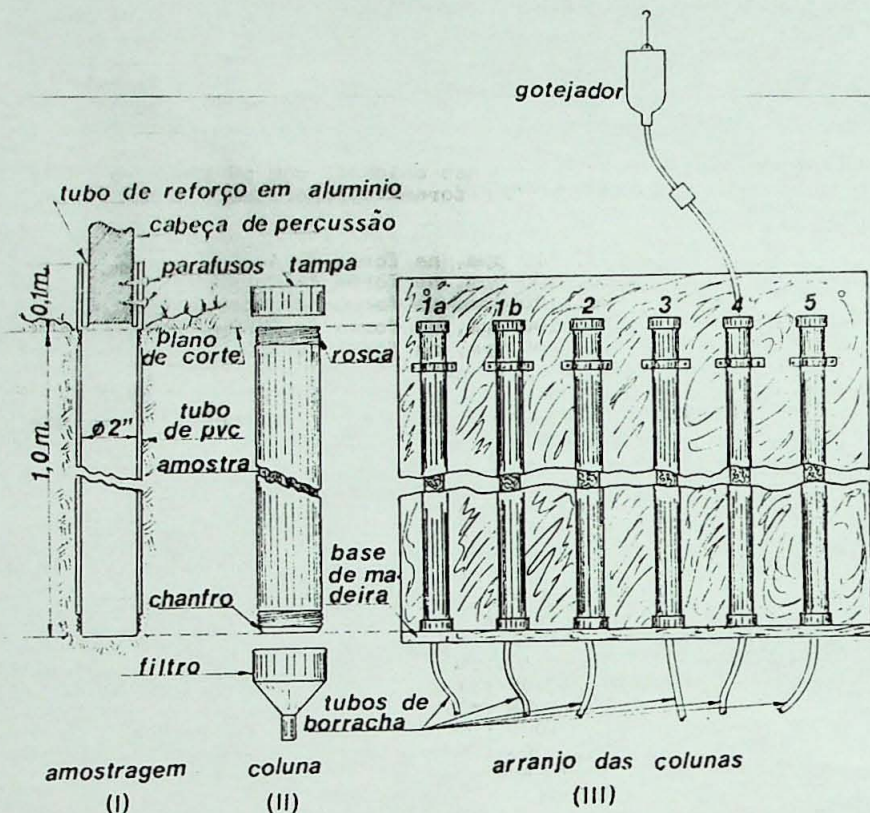


FIGURA 1: Extração de material indeformado de solo e introdução de soluções