

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS EM ÁGUAS PROVENIENTES
DE ALGUMAS CAVERNAS DO ALTO RIBEIRA, SP ***

Edison Luiz Gonzalez*
Sérgio da Silva Zavan**

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com os objetivos de promover um treinamento em análises de água com alunos do curso de Saneamento e colaborar com a espeleologia científica. Foram analisadas águas que saem de dez cavernas e pelos dados obtidos concluímos estarem dentro dos padrões de potabilidade (nacional e internacional), com exceção da bacteriologia, pois foram encontradas bactérias do grupo dos coliformes.

ABSTRACT

Physical and chemical analysis of water from ten caves of the upper Ribeira river area were conducted and results are here presented.

We conclude that the samples taken are in accordance with international standards of potability, except for signs of bacteria from the coliform group, found in all caves.

I - INTRODUÇÃO

Segundo Milko (1984), a espeleologia brasileira ainda espera por mais dados físico-químicos referentes às suas regiões carbonáticas para permitir a elaboração de resultados significativos. Sua leitura nos inspirou a realização deste projeto de pesquisa, pois trabalha-

* Profº E.T.E. "Vasco A. Venchiarutti".

** Profº E.T.E. "Vasco A. Venchiarutti" e sócio da SBE.

*** Trabalho apresentado no XVII Congresso Nacional de Espeleologia Ouro Preto, 1985.

mos como professores na E.T.E. "Vasco Antonio Venchiarutti", em Jun- diaí, onde no curso de Saneamento os alunos aprendem técnicas diversas de análises, dentro de parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos, de águas naturais ou residuais, no sentido de verificar o grau de potabilidade ou riscos para a saúde pública.

Elaboramos um projeto de análises de águas provenientes do interior de cavernas da região de Iporanga S.P., com os objetivos de promover um treinamento de campo aos três alunos por nós escolhidos, do 3º ano do curso (Lede Bariani (in memoriam), Márcio Ferrarini e Marcelo Sampaio) e prestar uma colaboração à espeleologia científica com o presente trabalho.

O projeto foi aprovado pela Superintendência do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, à qual nossa escola está vinculada. Realizamos o trabalho no período de recesso escolar (22 a 26/07/85), para o qual ficamos alojados na EEPGA do Bairro da Serra, nas proximidades das cavernas, em cuja cozinha montamos um laboratório improvisado de análises.

II - MATERIAL E MÉTODO

Escolhemos 9 cavernas da região e dois pontos externos (Tabela 1). As coletas foram realizadas dentro das cavernas, com exceção da caverna Alambari de Cima, pela impossibilidade de descermos com os aparelhos de medições e frascos de coleta para esta gruta, captamos amostras no riacho de saída. Para comparação de parâmetros, coletamos água externa também da caverna Alambari de Baixo e no Rio Areias, sob a ponte da estrada Apiaí - Iporanga, próximo à caverna do "Laboratório".

As amostras foram obtidas seguindo o Guia de Técnico de Coleta de Amostra de Águas da CETESB.

Nos locais de coleta foram realizadas as medições de:

- a) Temperatura do Ar e da Água, com um termômetro Incotherm (-10 a 110 C), guarnecido por um protetor metálico.
- b) pH por um analisador de pH Fanen - Mod. 302.
- c) Aspecto por observação visual.

No laboratório improvisado foram analisados:

- a) Odor: por aquecimento a 40 e 60 C, para volatilizar substâncias dissolvidas.
- b) Alcalinidade por titulação com H_2SO_4 a 0,02 N.

No laboratório improvisado foram analisados: (cont.)

- c) Dureza total por titulação com E.D.T.A.; temporária e permanente por cálculos através da alcalinidade.
- d) CO₂ livre por gráfico com pH e alcalinidade ao M.O.
- e) O₂ consumido por titulação com KMnO₄ a 0,0125N.
- f) Cloretos por titulação com AgNO₃ a 0,0141 N.
- g) Análise bacteriológica pela técnica de membranas filtrantes, em meio de cultura M-ENDO-Les, através do aparelho Water Testing-Kit Bacteriological-Millipore.

De cada coleta foi trazida uma amostra aos laboratórios da E.T.E. "Vasco A. Venchiarutti", em Jundiaí, onde foram analisados:

- a) Cor: aparelho Água Tester Hellige, com disco padrão de cores.
- b) Turbidez: aparelho turbidímetro Hach.
- c) O₂ Dissolvido: Titulação com Na₂S₂O₃ a 0,025 N.
- d) Fe: por análise colorimétrica, comparação de cores com padrão.
- e) Cu: Análise colorimétrica, comparação de cores com padrões.

Os métodos seguiram as Normas Técnicas da CETESB e do Standard Methods-Water and Wastewater, 13ª Edição, 1971.

III - DEFINIÇÕES DOS PARÂMETROS

1 - Temperatura da Água:

A ionização dos compostos (como também a solubilidade) está relacionada com a temperatura. Assim, o pH muda com a ionização e, portanto, com a temperatura. A solubilidade dos gases decresce à medida que a temperatura aumenta (O₂ dissolvido por exemplo). A relação pH CO₂ (alcalinidade) também é alterada em função da temperatura.

2 - Temperatura do Ar:

Utilizada para verificar se as bactérias do ar estão em estado vegetativo ou formando esporos.

3 - Cor:

A cor é devida à existência de substâncias coloridas em solução, na grande maioria dos casos de natureza orgânica e/ou devida a emulsóides. Unidade de cor é aquela produzida por 1mg de platina em 1 litro de água, na forma de cloroplatinato de cobalto (1 ppm de Pt). A cor constitui uma característica estética ao consumo humano.

4 - Turbidez:

A turbidez é decorrente de sólidos suspensos, finamente dividido ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos. A turbidez é mais frequente em águas correntes, devido ao carregamento de areias e argilas, pelas mesmas. A unidade de turbidez é aquela produzida por 1mg Sílica (SiO_2) em suspensão, em 1 litro de água (1 ppm). É também uma característica de ordem estética.

5 - pH:

A determinação do pH é importante para o tratamento de águas pois existe um pH ótimo de floculação, para se obter uma melhor decantação; em segundo lugar, determina-se o pH a fim de ser permitida, através de um gráfico, a determinação do Gás Carbônico Livre.

6 - Alcalinidade:

A alcalinidade da água está relacionada com o seu grande poder de dissolver CO_2 , e este, na forma de ácido carbônico, pode estar combinado, sob várias formas, com metais alcalinos (Na, K) e alcalinos terrosos (Ca, Mg) na forma de carbonatos. Estes sais, sendo de bases fortes e ácido fraco, conferem à água um caráter básico.

Com o resultado do pH e da alcalinidade, através de um gráfico, determina-se o CO_2 livre. Este deve ser nulo na água tratada para não torná-la corrosiva.

7 - CO_2 livre:

O CO_2 existe no ar em quantidade suficiente para manter em equilíbrio na água 2,5 mg/l (ppm). O teor de CO_2 livre está relacionado com o pH e a alcalinidade da água; através de um gráfico, determina-se o seu valor.

8 - O₂ Consumido:

Esta determinação permite avaliar a quantidade de material redutor existentes na água. A grosso modo, pode-se admitir que fornece a quantidade de matéria orgânica que se encontra na água. A quantidade máxima permitida nas águas tratadas é de 2,5 ppm de O₂ consumido.

9 - Fe Total:

O Fe pode estar presente na água sob duas formas: Fe II - (Fe⁺⁺) e Fe III (Fe⁺⁺⁺). O Fe⁺⁺⁺ dificilmente se encontra solubilizado nas águas naturais, a não ser no caso de águas muito ácidas, porque - ocorre a formação de Fe(OH)₃ insolúvel e nesta forma ele permanece em suspensão coloidal.

Os sais de Fe⁺⁺ são mais solúveis. Nessa forma podem ser encontrados nas águas naturais. Quando a alcalinidade da água é muito alta, o Fe⁺⁺ passa a Fe(OH)₂ e oxidado pelo oxigênio passa a Fe(OH)₃, insolúvel.

10 - O₂ Dissolvido:

O O₂ da água provém de duas fontes principais: atmosfera e assimilação fotossintética. A camada superficial da água em contacto com o ar dissolve oxigênio em quantidades dependentes da pressão e da temperatura; e pela fotossíntese recebe quantidades consideráveis das plantas aquáticas. Da superfície propaga-se o O₂ para as camadas inferiores por difusão e por mistura.

O O₂ dissolvido contribui para a auto depuração das águas e é um fator importante no fenômeno da corrosão.

11 - Cloretos:

Os cloretos presentes nas águas podem ser provenientes de depósitos minerais, invasão de águas salgadas, poluição por matéria fecal, etc.

Com um teor de 300 mg/l de cloretos expresso em Cl, a água já adquire um gosto salgado. O limite máximo tolerável em águas de bebida é de 250 mg/l.

12 - Dureza:

A dureza da água é devida principalmente aos sais de cálcio e magnésio, e algumas vezes a ferro e alumínio. A maior parte do

Ca e Mg presentes nas águas naturais se encontra na forma de bicarbonatos, sulfatos e, ocasionalmente, cloretos e nitratos.

Há duas espécies de dureza:

- a) Temporária: de carbonatos (bicarbonatos e carbonatos).
- b) Permanente: de não carbonatos (sulfatos, nitratos e cloretos).

A dureza é sempre expressa em termos de CaCO_3 como a alcalinidade.

IV - RESULTADOS E CONCLUSÕES

Na Tabela 1 estão os resultados dos diversos parâmetros, incluindo nas duas últimas linhas, para comparação, alguns valores de terminados pelos padrões de potabilidade de águas de alimentação.

O aspecto das águas em todos os casos analisados foi limpo, e o odor percebido foi o de mofo. Pelos padrões de potabilidade das águas (nacional e internacional), conforme as tabelas 2 e 3, a água de abastecimento público deverá apresentar ausência de odor objetivo, com número limiar de odor de no máximo 3.

As análises de águas sob a ponte do Rio Areias foram feitas para comparação de parâmetros, e o valor alto de coliformes deve ser consequência da criação de patos e porcos por uma família que explora uma pequena propriedade entre a caverna do "laboratório", e a ponte.

Comparando nossos resultados com as tabelas padrões de potabilidade, podemos concluir que, dentro dos parâmetros físico-químicos, que analisamos, de uma maneira geral, as águas estão dentro dos limites estipulados para a saúde pública, exceto o O_2 consumido na caverna de Santana, talvez pelas madeiras de "pinguelas" e de escadas, caídas na água e em decomposição.

A análise bacteriológica demonstra a presença de coliformes e os valores se referem ao Número Mais Provável em 20 ml analisados da amostra. Neste parâmetro as águas analisadas são impróprias para o consumo "in natura". Apesar desta ser uma prova presuntiva para coliformes, haveria a necessidade de uma prova confirmativa através dos meios de cultura Verde Brilhante e E.C. (Escherichia coli), para verificar se são bactérias fecais, o que não foi realizado, devido à precariedade e improvisação do laboratório que montamos, sem as condições normais de esterilização e controle que teríamos no laboratório da escola, e sem ter condições técnicas de transportar as amostras para finalidades bacteriológicas.

Locais	Cor	Turbidez	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	pH	Alcalinidade	Dureza Total	Dureza Temporária	Dureza permanente	CO ₂ Livre	O ₂ consumido	O ₂ dissolvido	Cloretos	Fe	Cu	Bacteriologia (Coliformes)
SANTANA	3	0,4	17	16,5	7	101,5	110	101,5	08,5	22	4,26	9,4	11	0	0,025	98
MORRO PRETO	3	0,3	19	17	8,07	78	80	78	2	1,5	0,485	9,4	9	0	0	36
COUTO	3	0,3	18	16,5	8,25	74	78	74	4	1,5	0,485	9,2	9	0	0	142
ÁGUA SUJA	4	0,4	19,5	16,5	8,35	80	84	80	4	0	0,485	9,4	5	0	0	267
OURO GROSSO	3	0,5	18	14,5	8,01	64,5	71	64,5	6,5	0	0,3	9,2	10	0	0	535
ALAMBARI DE CIMA	3	1,6	19	15	7,92	74,4	74	74	0	1,8	0,3	9,0	10	0	0	219
ALAMBARI DE BAIXO	7	1,4	19	16	8,04	73,5	73	73	0	1,6	0,5	9,0	10	0,2	0	227
SAÍDA ALAMBARI DE BAIXO	3	0,88	18	15	7,92	70	75	70	5	1,8	0,2	9,0	13	0,2	0	484
AREIAS	3	0,3	20	14	8,10	64	71	64	7	1	0,5	9,2	8	0	0	53
"LABORATÓRIO"	3	0,6	17	15	7,88	88,5	85	85	0	2,6	0,4	8,8	11	0	0	110
PONTE RIO AREIAS	5	0,6	19	14,5	7,81	84,5	85	84,5	0,5	2,9	0,3	9,6	12	0,2	0	770
*	5	5	x	x	4 a 10	0 a 250	300	x	x	x	até 20	x	até 50	até 0,3	x	Ausentes
**	10 a 20	1 a 5	x	x	x	x	100 a 200	x	x	x	x	x	até 250	até 0,3	até 1,0	Ausentes

Tabela 1 - Tabela dos resultados dos diversos parâmetros analisados

* Padrões de Potabilidade - Norma Brasileira P-PB-19

** Padrões Internacionais de Potabilidade - OMS - 1964

Tabela 2 - Padrões de Potabilidade, Norma Brasileira P-PB-19 da Associação Brasileira de Normas Técnicas

CARACTERÍSTICAS	Limites Máximos	
	Recomendados	Tolerados
Físicas:		
Cor	10 unidades	20 unidades
Turbidez	1 unidade	5 unidades
Odor	Ausência de odor objetável número limiar de odor, no máximo 3.	
Sabor	Ausência de sabor objetável	
Químicas:		
Grupo I		
Sólidos totais	500 mg/l	1000 mg/l
Cloretos	-	250 mg/l
Cobre	-	1 mg/l
Dureza em (CaCO ₃)	100 mg/l	200 mg/l
Fenóis	-	0,001mg/l
Ferro total (Fe)	-	0,3 mg/l
Manganês (Mn)	-	0,1 mg/l
Nitrato (NO ₃)	-	45 mg/l
Sulfato (SO ₄)	-	250 mg/l
Zinco (Zn)	5 mg/l	15 mg/l
Grupo II		
Arsênico (As)	0,05 mg/l	0,1 mg/l
Chumbo (Pb)	0,05 mg/l	0,1 mg/l
Cianeto (CN)	0,01 mg/l	0,2 mg/l
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	-	0,05mg/l
Fluoreto (F)	1 mg/l	1,5 mg/l
Selênio (Se)	-	0,01mg/l

Tabela 3 - Padrões Internacionais de Potabilidade. Organização Mundial de Saúde - 1964

CARACTERÍSTICAS	Limites Máximos	
	Aceitáveis	Permissíveis
Físicas:		
Cor	5 unidades	50 unidades
Turbidez	5 unidades	25 unidades
Odor	Inobjetável	-
Sabor	Inobjetável	-
Químicas:		
Sólidos totais	500 mg/l	1500 mg/l
Ferro (Fe)	0,3 mg/l	1,0 mg/l
Manganês (Mn)	0,1 mg/l	0,5 mg/l
Cobre (Cu)	1,0 mg/l	1,5 mg/l
Zinco (Zn)	5,0 mg/l	15 mg/l
Cálcio (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Magnésio (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
Sulfato (SO ₄)	200 mg/l	400 mg/l
Cloretos (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
pH	7,0 - 8,5	maior do que 6,5 ou menor do que 9,2.
Magnésio + Sulfato de Sódio	500 mg/l	1000 mg/l
Substâncias Fenólicas (em fenol)	0,001 mg/l	0,002 mg/l
Extrato Cloroformio de carvão ativado (poluentes orgânicos)	0,2 mg/l	0,5 mg/l
Alquil - Benzeno		
Sulfanato (ABS)	0,5 mg/l	1,0 mg/l

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MILKO, P. - 1984 - Medidas Físicas e Químicas "Expedição Goiás 79" , Espeleo-Tema 14: 116-122, São Paulo.
- CETESB 1973 - Operação e Manutenção de E.T.A. - Vol. 1 e 2.
- BRANCO, S.M. - Hidrobiologia Aplicada à Energia Sanitária CETESB.
- Standard Methods Water and Wastewater - 13ª Ed. 1971.
- CETESB 1970 - Processos Simplificados para Exames e Análises de Água.
- CETESB 1974 - Água: Qualidade, Padrões de Potabilidade e Poluição.
- SOUZA, H.B. - Guia Técnico de Coleta de Amostra de Água - CETESB.