



ANAIS do 25º Congresso Brasileiro de Espeleologia
Vinhedo SP, 09-11 de julho de 1999 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 25º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/25cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

GENTHNER, C.. Aplicação de traçadores de NaCl e de parâmetros físico-químicos no estudo hidrológico e hidrogeológico da Gruta da Barra Bonita, Município de Cerro Azul, Estado do Paraná. In: RASTEIRO, M.A.; MARTINS, L.R.B. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 25, 1999. Vinhedo. *Anais...* Campinas: SBE, 2017. p.1-10. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais25cbe/25cbe_001-010.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

APLICAÇÃO DE TRAÇADORES DE NaCl E DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NO ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DA GRUTA DA BARRA BONITA, MUNICÍPIO DE CERRO AZUL, ESTADO DO PARANÁ¹

Cláudio GENTHNER – Graduando em Geologia UFPR; Espeleólogo GEEP-Açungui;
genthner@avalon.sul.com.br

APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil possui vastas áreas cársticas, perfazendo cerca de 7% do território, onde ocorrem importantes sistemas de drenagem subterrânea (Karmann & Sanchez 1986).

As pressões ambientais sobre as áreas cársticas, representadas pelo aumento populacional, expansão urbana e aumento da demanda dos recursos hídricos, geralmente conduzem à degradação ambiental. Desta forma, em projetos que visam a exploração, gerenciamento e conservação dos recursos hídricos subterrâneos de regiões cársticas, bem como para o planejamento do seu uso de da sua ocupação, são de extrema importância estudos para uma melhor compreensão dos processos envolvidos.

Em consequência da complexidade dos sistemas cársticos, o estudo dos recursos hídricos associados exige a aplicação de técnicas multidisciplinares, que em muitos casos, tiveram que ser modificadas e adaptadas às condições cársticas (Milanovic 1981 *apud* Bonacim 1996).

A proposta principal deste estudo é a caracterização morfológica, hidrogeológica e ambiental da Gruta da Barra Bonita a partir do estudo, desenvolvimento, avaliação e aplicação de metodologias em áreas cársticas.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho teve como objetivo a caracterização da Gruta da Barra Bonita, localizado na bacia do rio Ponta Grossa, município de Cerro Azul, Estado do Paraná nas coordenadas 24°51'40"S e 49°19'24"W (Fig. 01). O principal ponto de referência é a ressurgência da gruta que localiza-se nos fundos de um pequeno Grupo Escolar, no povoado de Barra Bonita dos Santos.

ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na margem sudeste da Plataforma Continental Sulamericana e engloba unidades geológicas do Cinturão Móvel Ribeira, sendo que no Paraná este cinturão é composto principalmente por rochas deformadas de diferentes graus metamórficos pertencentes ao Grupo Açungui, Complexo Setuva, Complexo Pré-Setuva e Intrusões Graníticas (Fiori *et al* 1987).

A Gruta da Barra Bonita localiza-se nas manchas de metassedimentos pelíticos, psamíticos e carbonáticos que foram interpretados por Hasuí *et al.* (1984) como porções do Grupo Açungui em forma de restos de teto em meio ao Granito Três Córregos (Fig. 02).

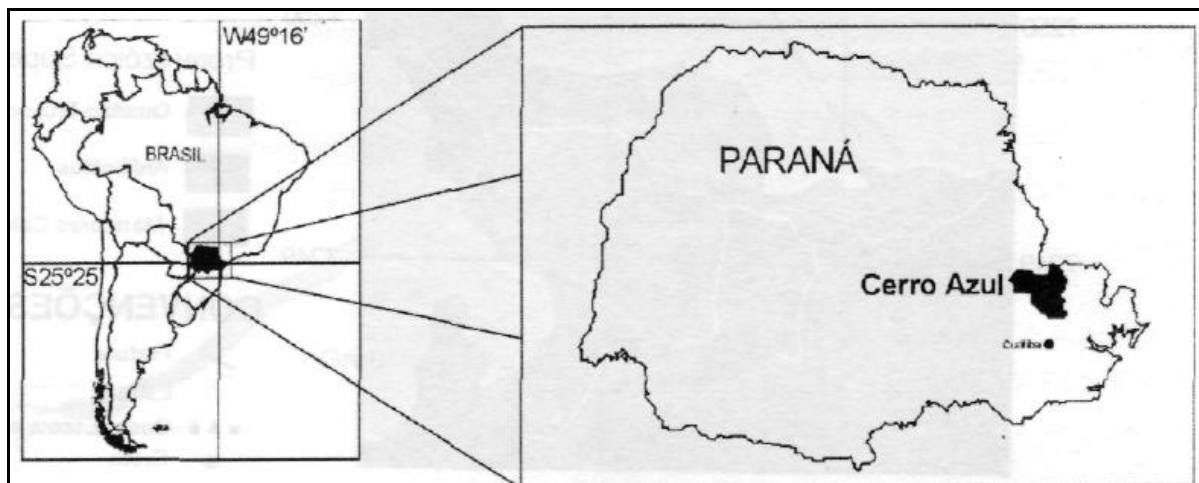


Fig. 01 - Mapa de localização do município de Cerro Azul

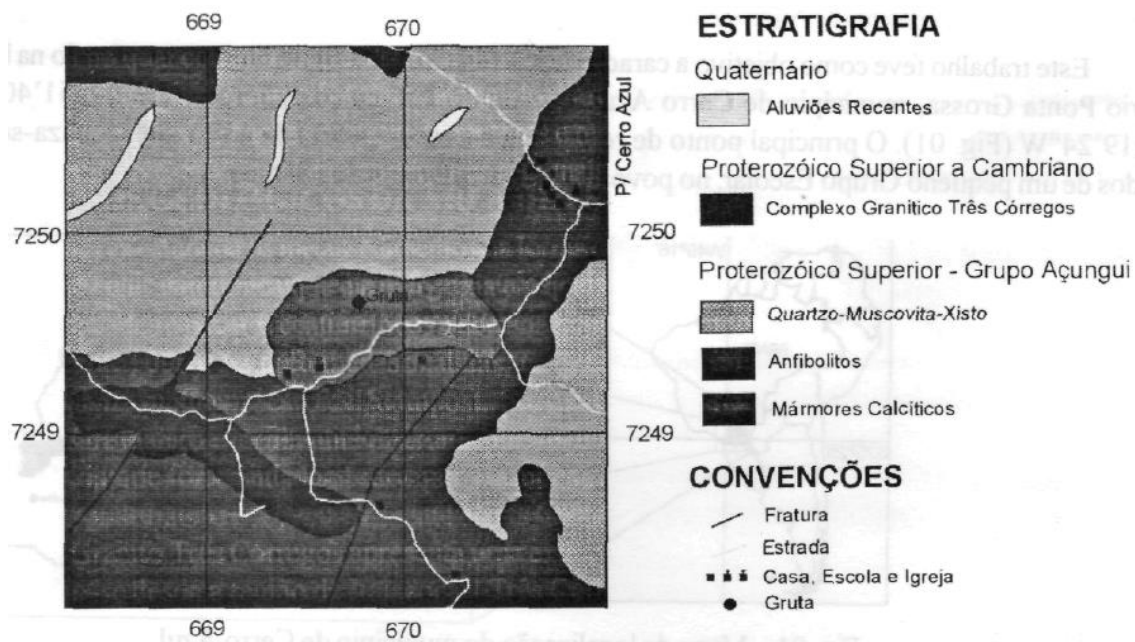


Fig. 02 - Mapa Geológico simplificado da região da Gruta da Barra Bonita segundo Ribeiro (1998)

O Granito Três Córregos apresenta uma extensão de 95 km e uma largura de máxima de 45 km, estendendo-se desde a região de Itaiacoca - Três Córregos até o rio Itapirapuã, adentro do Estado de São Paulo, no qual constitui parte da Serra de Paranapiacaba (Melfi *et al.* 1965 *apud* Hasui *et al.* 1984). Ocorre como um grande corpo batolítico alongado, intrudido no Grupo Açungui, mais especificadamente limitando uma faixa de rochas metassedimentares e meta vulcânicas denominadas Faixa Itaiacoca. Sua direção geral é NE-SW, paralela as estruturas regionais, e sua extensão é da ordem de 200 km (Wernick 1976).

Na área estudada os metassedimentos na forma de tetos sobre o Granito Três Córregos configuram uma unidade clasto-química que é subdividida em quatro tipos litológicos distintos: quartzitos, quartzos xistos intercalados a pacotes centimétricos a decamétricos de quartzito e rochas meta-carbonáticas calcíticas (Ahrend *et al.* 1998). As rochas carbonáticas, na qual a Gruta da Barra Bonita se forma, apresentam coloração cinza, textura sacaroidal, composta por minerais euédricos a subédricos de calcita. Apresenta uma estrutura maciça e localmente é cortada por veios de calcita milimétrica.

No interior da cavidade observa-se que muitas descontinuidades estão preenchidas por minerais centimétricos de muscovita provavelmente devido influência das intrusões graníticas.

ESTUDOS DESENVOLVIDOS E RESULTADOS OBTIDOS

A Gruta da Barra Bonita é percorrida em toda a sua extensão pelo ribeirão Barra Bonita. A interligação entre o sumidouro e a cavidade é interrompida por um grande desabamento no salão final, sendo que atualmente é o único acesso as galerias se dá pela ressurgência.

Os estudos aqui aplicados visaram a comprovação da conexão entre o sumidouro e a ressurgência através da aplicação de técnicas de mapeamento, de traçadores artificiais e análises físico-químicas de amostras de água coletadas nestes dois pontos.

Mapeamento Espeleológico

O mapa topográfico elaborado neste estudo seguiu como base as Normas e Convenções Espeleométricas publicadas pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE 1991), sendo a metodologia utilizada nos levantamentos, adequada à classificação da União Internacional de Espeleologia (LIS).

O mapeamento topográfico da cavidade resultou em 222 metros de projeção horizontal, 229 metros de desenvolvimento linear e 9 metros de desnível. Como resultado deste trabalho apresentamos a projeção horizontal, cortes longitudinais e um perfil, nos quais foram plotadas as principais feições endocársticas. O grau de precisão e detalhamento do mapeamento atingiu um nível 4C, pelo método UIS.

A partir da topografia externa foi possível relacionar os aspectos morfológicos da caverna com as feições cársticas superficiais e o uso do solo no entorno, além de correlacionar espacialmente o sumidouro e a ressurgência da Gruta da Barra Bonita e conhecer a quantidade de rocha existente sobre a caverna para elaboração de um perfil esquemático (Fig. 03 e 04).

Fundamentação

O método da diluição de sal é baseado nas propriedades iônicas da água, utilizando a condutividade elétrica como ferramenta principal. A condutividade elétrica é a medida da facilidade de uma agi ia conduzir a corrente elétrica, estado esta propriedade diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. Assim sendo, quanto maior a quantidade de NaCl dissolvido na

água maior serão os valores da condutividade (Costa Santos 1997).

A unidade de medida da condutância é o Mho, inverso do Ohm, unidade de resistência elétrica. Os valores da condutividade para as águas subterrâneas são referidos ao milionésimo do Mho/cm, ou seja, microMho/cm (Costa Santos *op. cit.*).

Este princípio foi utilizado para obtenção de dois importantes parâmetros no estudo da Gruta da Barra Bonita:

- 1 - Determinação da conexão entre o sumidouro e a ressurgência
- 2 - Quantificar e comparar as vazões do sumidouro e a ressurgência.

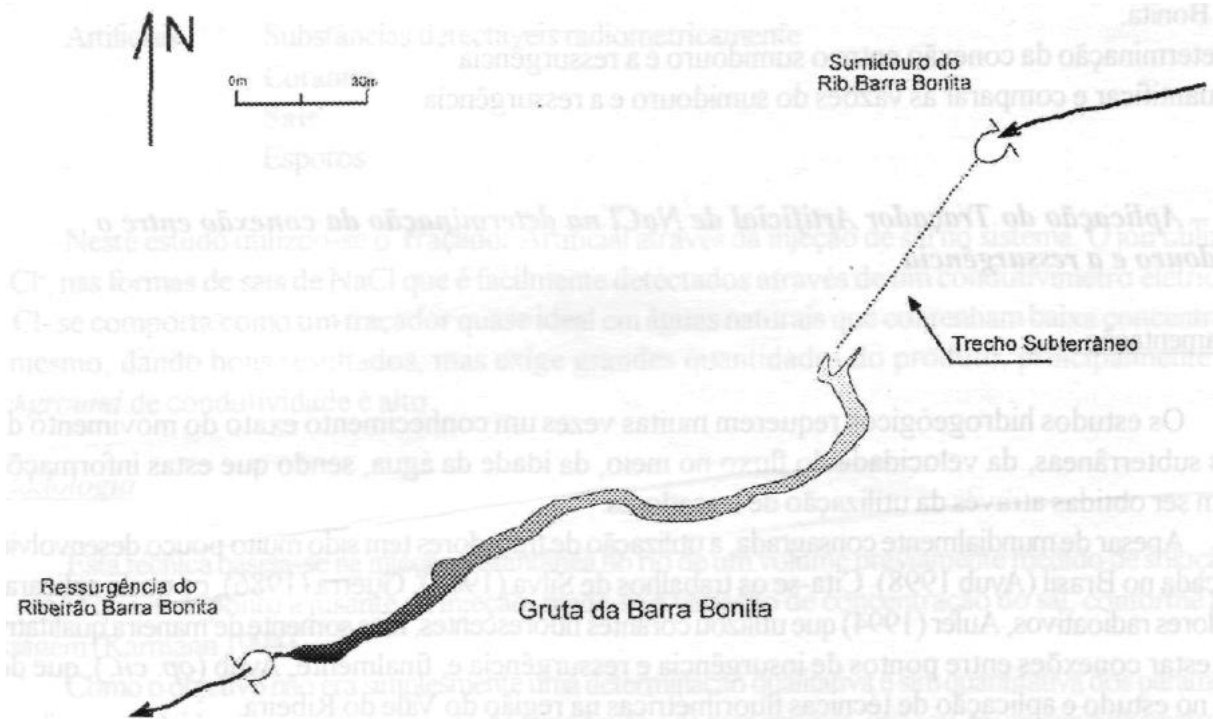


Fig. 03 - Projeção horizontal simplificada da Gruta da Barra Bonita



Fig. 04 - Perfil simplificado da Gruta da Barra Bonita



Aplicação do Traçador Artificial de NaCl na determinação da conexão entre o sumidouro e a ressurgência

Fundamentação

Os estudos hidrogeológicos requerem muitas vezes um conhecimento exato do movimento das águas subterrâneas, da velocidade do fluxo no meio, da idade da água, sendo que estas informações podem ser obtidas através da utilização de traçadores.

Apesar de mundialmente consagrada, a utilização de traçadores tem sido muito pouco desenvolvida e aplicada no Brasil (Ayub 1998). Cita-se os trabalhos de Silva (1984), Guerra (1986), os quais aplicaram traçadores radioativos, Auler (1994) que utilizou corantes fluorescentes, mas somente de maneira qualitativa para testar conexões entre pontos de insurgência e ressurgência e, finalmente, Ayub (*op. cit.*) que deu início no estudo e aplicação de técnicas fluo ri métricas na região do Vale do Ribeira.

A aplicação de traçadores constitui um bom método para demarcação de rotas de fluxo da água subterrânea em sistemas e aquíferos cársticos, representando uma ótima ferramenta para o conhecimento destes sistemas, possibilitando o uso consciente e racional dos recursos naturais.

A escolha de um traçador depende das necessidades do estudo e das possibilidades técnico-analíticas. Segundo Custódio (1968 *apud* Fenzl 1988) existe condições às quais um indicador ideal deverá obedecer:

- Ω O traçador deve acompanhar o movimento da água com a mesma velocidade;
- Ω Não deve mostrar interação com o ambiente geológico (adsorção, absorção, troca iônica, etc...);
- Ω Deve ser química e biologicamente estável, não devendo ser oxidado ou reduzido nem entrar em decomposição durante o período da aplicação;
- Ω Deve ser inseparável da água em condições naturais de trabalho;
- Ω Não deve alterar as características físico-químicas da água;
- Ω Não deve poluir a água nem o aquífero;
- Ω Deve ser utilizável em pequenas quantidades;
- Ω Deve ser de alta solubilidade;

Ω Deve ser detectável em pequenas concentrações;

Ω Deve ser barato e fácil de manejar;

Ω Não deve existir fontes da mesma substância na água, que não possa ser identificadas e controladas.

Segundo Ford & Williams (1989), os traçadores podem ser classificados segundo ti és tipos principais:

Ω Naturais - flora e fauna, principalmente microorganismos; **Ions em solução**; Isótopos ambientais.

Ω Pulsos - Pulsos naturais de descarga, solutos e sedimentos; Pulsos gerados artificialmente.

Ω Artificiais - Substâncias detectáveis radiometricamente; Corantes; **Sais**; Esporos.

Neste estudo utilizou-se o Traçador Artificial através da injeção de sal no sistema. O íon utilizado é o Cl⁻, nas formas de sais de NaCl que é facilmente detectado através de um condutivímetro elétrico. O íon Cl⁻ se comporta como um traçador quase ideal em águas naturais que contenham baixa concentração do mesmo, dando bons resultados, mas exige grandes quantidades do produto, principalmente se o background de condutividade é alto.

Metodologia

Esta técnica baseia-se na injeção instantânea no rio de um volume previamente medido de solução de sal, sendo que num ponto a jusante da injeção, mede-se a variação de concentração do sal, conforme a sua passagem (Karmann 1994).

Como o objetivo não era simplesmente uma determinação qualitativa e sim quantitativa dos parâmetros hidráulicos envolvidos na provável conexão do sumidouro e da ressurgência, utilizou-se um condutivímetro tipo LF-3 que primeiramente teve que ser calibrado, adicionando 10g/l de NaCl em 250 ml de H₂O da ressurgência, por cinco vezes para obter uma curva de calibração a ser utilizada nos cálculos de vazão (Fig. 05).

A determinação da conexão seguiu com a injeção de 1 Kg de NaCl no sumidouro do Rib. Barra Bonita, sendo que na ressurgência, mediu-se a variação da concentração do sal através da condutividade elétrica, conforme a passagem da onda de solução de sal.

Esta concentração variou do background até um máximo, caindo novamente para o valor do

background, após a passagem da solução, sendo que concentração foi medida em intervalos de 1 minuto durante a passagem da onda de sal (Fig. 06).

Resultados

Através da aplicação desta técnica foi possível comprovar a interligação hidráulica do sumidouro do Ribeirão Barra Bonita e sua respectiva ressurgência. Esse trecho de ± 200 metros em projeção horizontal foi percorrido pela onda de sal no intervalo de 7:10 h para uma vazão média de 40,73 l/s.

Quantificação e comparação das vazões do sumidouro e a ressurgência

Metodologia

Para quantificação e comparação das vazões no sumidouro e na ressurgência do Ribeirão Barra Bonita, utilizou-se a mesma metodologia empregada na determinação da conexão da cavidade, selecionando trechos turbulentos na drenagem para que ocorresse uma total homogeneização da solução de NaCl, conforme recomendado por Church & Kellerhals (1970 *apud* Karmann 1994).

A determinação das vazões iniciou com a injeção de quantidades pré-determinadas de NaCl, sendo que poucos metros abaixo do lançamento do sai, media-se a variação de concentração do sal através

da condutividade elétrica, conforme a passagem da onda de solução de sal.

Esta concentração também variou do background até um máximo, caindo novamente para o valor do *background* após a passagem da solução, sendo que concentração foi medida em intervalos de 5 segundos durante a passagem da onda de sal.

Para efetuar o cálculo da vazão do Ribeirão Barra Bonita no sumidouro, ressurgência e no trecho sumidouro-ressurgência utilizou-se uma rotina de computador desenvolvida por Reinsdorff (1998).

Resultados

Tratando-se em uma cavidade pouco complexa era de se esperar que as vazões obtidas na ressurgência se equiparassem a vazão do sumidouro, configurando um sistema fechado. Porém, como nos mostra os dados da tabela 01, as vazões da ressurgência foram significativamente superiores a do sumidouro conforme demonstrado na figura 07.

Esse desbalanceamento (Q_i) nos leva a concluir que junto a água que é introduzida na gruta pelo seu sumidouro, somam-se outras variáveis que podem estar relacionadas a:

- Ω Infiltração de águas meteóricas através do maciço rochoso
- Ω Existência de um afluente no interior da cavidade que contribua para o incremento nas vazões

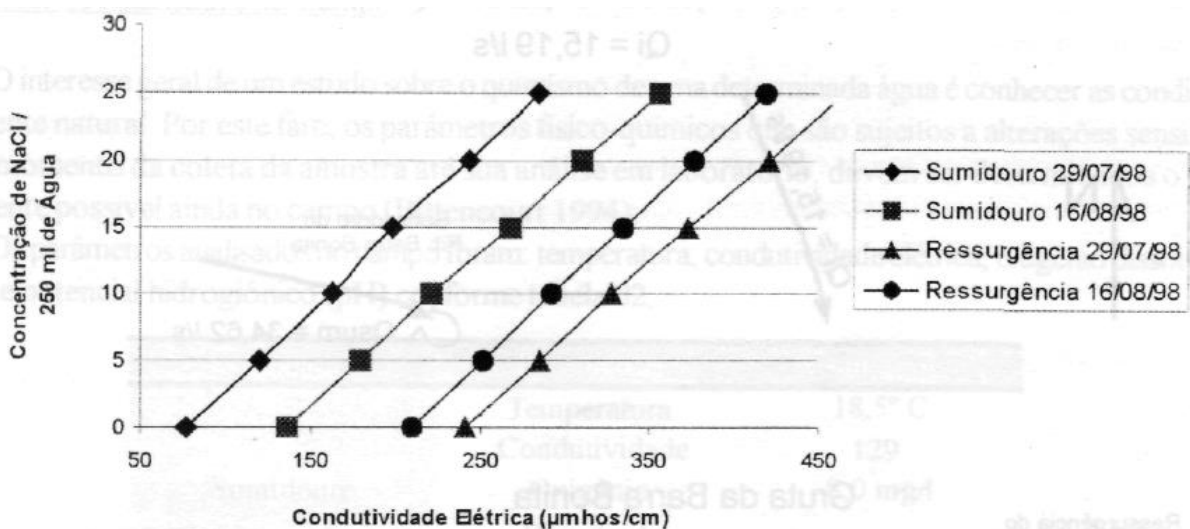


Fig. 05 - Curva de calibração para o condutivímetro LF-3, adicionando para cada ponto da reta 10g/l de NaCl em 250 ml de H₂O

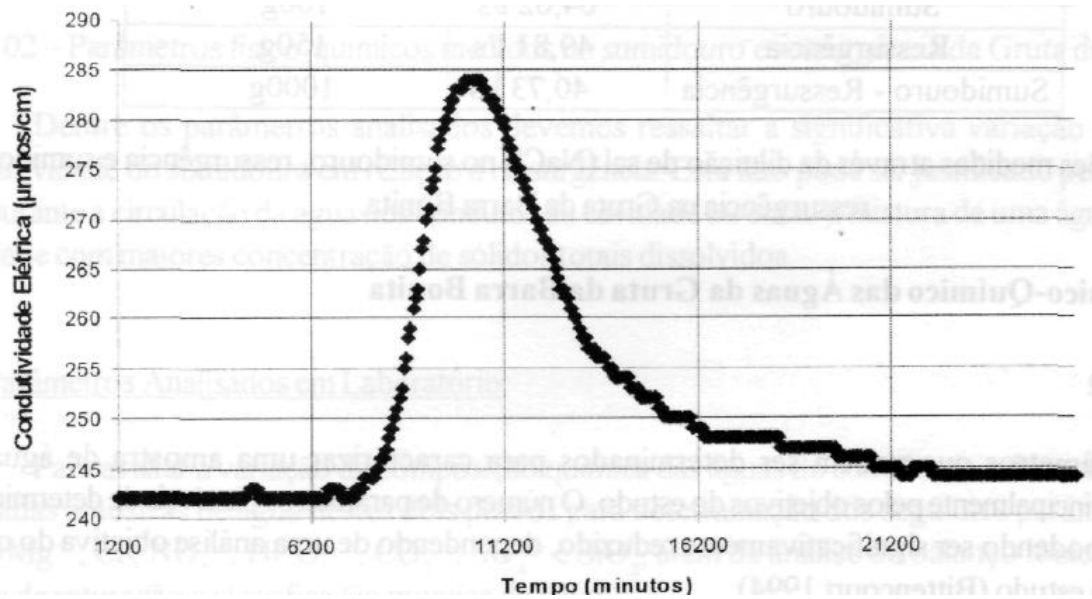


Fig. 06 - Curva de recuperação obtida na ressurgência da Gruta Barra Bonita após injeção de 1 Kg de NaCl no respectivo sumidouro

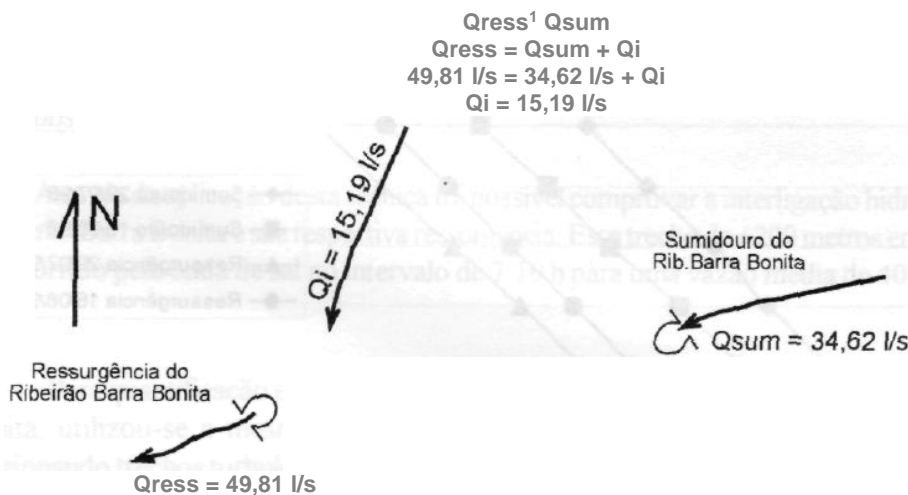


Fig. 07 - Representação esquemática das vazões da Gruta da Barra Bonita onde Q_{ress} = Vazão da ressurgência, Q_{sum} = Vazão do sumidouro e Q_i = Vazão de Incremento (sem escala)

Tab. 01 - Vazões medidas através da diluição de sal (NaCl) no sumidouro, ressurgência e sumidouro-ressurgência na Gruta da Barra Bonita.

Sumidouro	64,62 l/s	100g
Ressurgência	49,81 l/s	150g
Sumidouro - Ressurgência	40,73 l/s	1000g

Análise Físico-Química das Águas da Gruta da Barra Bonita

Fundamentação

Os parâmetros que podem ser determinados para caracterizar uma amostra de água são estabelecidos principalmente pelos objetivos do estudo. O número de parâmetros passíveis de determinação é muito vasto, podendo ser significativamente reduzido, dependendo de uma análise objetiva do que se pretende com o estudo (Bittencourt 1994)

Com o objetivo de caracterizar e diferenciar as águas que entram na cavidade através do sumidouro e reaparecem na superfície através da ressurgência, foram utilizados um conjunto traçadores naturais além de análises físico-químicas destes dois pontos.

Investigações com traçadores naturais podem nos dar uma ideia aproximada quando investigadas por períodos de tempo maior nos quais é possível observar as flutuações dos parâmetros analisados e dos processos hidrodinâmicos nos aquíferos

cársticos (Harum *et al.* 1992). Neste trabalho, devido dificuldades diversas, os traçadores naturais foram utilizados através da análise de dados de uma única campanha de campo.

Resultados

• Parâmetros Analisados no Campo

O interesse geral de um estudo sobre o quimismo de uma determinada água é conhecer as condições do ambiente natural. Por este fato, os parâmetros físico-químicos que são sujeitos a alterações sensíveis, desde o momento da coleta da amostra até sua análise em laboratório, devem ser determinados o mais rapidamente possível ainda no campo (Bittencourt 1994).

Os parâmetros analisados no campo foram: temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e potencial hidrogênico (pH) conforme tabela 02.

Tab. 02 - Parâmetros físico-químicos medidos no sumidouro e ressurgência da Gruta da Barra Bonita.

Local	Parâmetro	Resultados
Sumidouro	Temperatura	18,5° C
	Condutividade	129
	Oxigênio dissolvido	8,0 mg/l
	Turbidez	267 mg/l
	Ph	7,49
Ressurgência	Temperatura	18,6° C
	Condutividade	210
	Oxigênio dissolvido	8,6 mg/l
	Turbidez	264 mg/l
	Ph	7,34

Dentre os parâmetros analisados devemos ressaltar a significativa variação dos valores da Condutividade do sumidouro em relação a ressurgência. Este fato pode ser justificado pela dissolução de sais durante a circulação da água nos condutos da cavidade ou então a mistura de uma água no interior da cavidade com maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos.

• Parâmetros Analisados em Laboratório

Para avaliar a variação da composição química das águas do sumidouro e da ressurgência foram

coletadas amostras de água nestes dois pontos para determinação dos seguintes parâmetros: Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, CO₃⁻, SO₄⁻, e SiO₂, além da análise do balanço iônico, dureza total, índice de saturação e classificação química da água

Na coleta das amostras, empregaram-se frascos de polietileno com 500 ml de volume, sendo que no momento da coleta, procedeu-se a lavagem destes frascos com a própria água a ser amostrada, evitando-se assim contaminações provenientes dos recipientes de amostragem. Os frascos foram preenchidos ao máximo para evitar a retenção de ar, e fechados para evitar o escape de gases dissolvidos (O₂ e CO₂) e impedir a entrada de ar. As amostras para análise dos cátions principais foram acidificadas no campo com 5 ml de HCl 0,5 M. Segundo Bittencourt (1994), esse procedimento é necessário para evitar, por exemplo, que os elementos metálicos precipitem ou sejam adsorvidos nas paredes do frasco de amostragem, tornando-se depletados na fase solubilizada.

As amostras para análises foram acondicionadas sob refrigeração até a chegada ao laboratório para análise. As informações obtidas foram utilizadas nos cálculos dos seguintes parâmetros:

• Classificação da Água

No diagrama de Piper (Fig. 08), estão plotadas as concentrações iônicas (em % de meq/l) das análises químicas completas da Gruta da Barra Bonita. Tanto as águas amostradas no sumidouro como as da ressurgência foram classificadas como bicarbonatadas cálcicas.

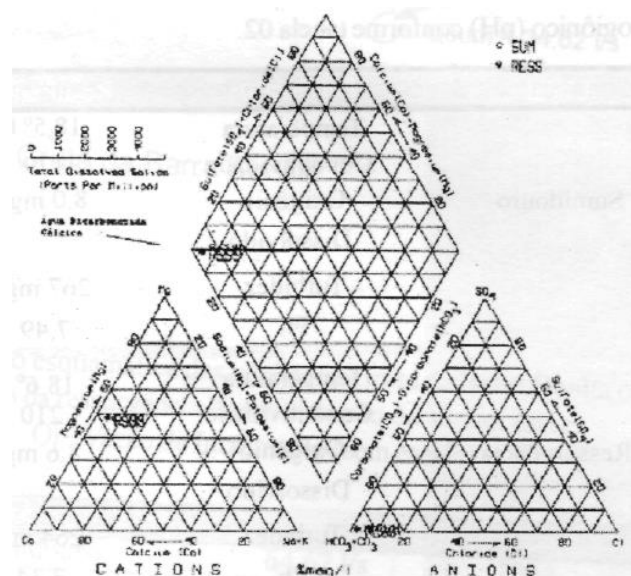


Fig. 08 - Classificação química da água coletada no sumidouro (Sum) e na ressurgência (Ress) da Gruta da Barra Bonita, no diagrama Piper.



• Dureza Total

A dureza total (DT) de águas naturais deve-se a presença de cálcio e magnésio, os quais combinam-se em parte, com bicarbonato e carbonato (dureza temporária), e em parte com íons de sulfeto, cloreto, nitrato e outros (dureza permanente).

O cálculo da dureza total pode ser realizado através da seguinte expressão (Karmann 1994).

$$DT - [Ca^{++}] 2,49 + [Mg^{++}] 4,12$$

Onde $[Ca^{++}]$ e $[Mg^{++}]$ são as concentrações em mg/l medidas nas amostras, e os coeficientes 2,49 e 4,12 correspondentes aos fatores de conversão das concentrações em equivalentes de $CaCO_3$, em mg/l. Os resultados das amostras analisadas podem ser observados na tabela 03.

Conforme apresentado, as águas da ressurgência são mais duras que as do sumidouro. Este fato pode mais uma vez ser justificado pela dissolução de sais durante a circulação da água nos condutos da cavidade ou então a mistura de uma água no interior da cavidade com maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos.

Tab. 03 - Classificação das águas segundo a dureza em mg/l de $CaCO_3$ (Custódio & Llamas 1983), correlacionando com as águas amostradas.

Branda	<50	58,86 - sumidouro
Pouco Dura	50 - 100	105,28 - ressurgência
Dura	100-200	-----
Muito Dura	>200	-----

• Índice de Saturação

O cálculo do Índice de saturação de águas que circulam por regiões carbonáticas permite uma avaliação do comportamento corrosivo, incrustante ou neutro dessas águas.

No presente trabalho utilizou-se o programa PHREEQE (Parkhurst *et al.* 1988 *apud* Bonacim 1996), para calcular os índices de saturação em aragonita, calcita e dolomita das águas amostradas a partir dos dados da análise química.

Águas supersaturadas em relação aos minerais carbonáticos são descritas por índices positivos enquanto que águas insaturadas ou agressivas são caracterizadas por índices negativos. Desta forma podemos concluir que tanto a água analisada do sumidouro como na ressurgência apresenta-se insaturada, o que indica uma tendência corrosiva, justificando a formação e evolução da cavidade (Tabela 04).

Tab. 04 - Valores dos índices de Saturação em aragonita, calcita e dolomita para as amostras de água da Gruta da Barra Bonita

Aragonita	-1,03	-0,75
Calcita	-0,88	-0,60
Dolomita	-1,91	-1,36

Avaliação ambiental

Uso e Ocupação do Solo

Fundamentação

O Estado do Paraná vem sofrendo com uma significativa perda de seu patrimônio natural provocada pela degradação de seus recursos naturais. Inseridos neste contexto, encontram-se não só florestas e rios, mas também as cavernas. Embora haja consciência da situação de risco em que se encontram as cavernas paranaenses, pouca coisa tem sido feita para protegê-las, ressaltando que a responsabilidade divide-se entre os setores públicos e privado e, também, à sociedade civil (Sessegolo *et al.* 1996).

Resultados

A bacia a montante da Gruta da Barra Bonita compreende uma área aproximada de ou km², sendo que a nascente do ribeirão situa-se a 3 Km do sumidouro. A bacia apresenta-se ameaçada principalmente pelas estradas localizadas junto à drenagem, não sendo respeitadas as áreas de preservação legalmente previstas, além de pequenas propriedades rurais desprovidas de saneamento básico que contribuem para o comprometimento da qualidade do Ribeirão Barra Bonita.

Sobre a cavidade, a cobertura vegetal foi completamente descaracterizada para dar lugar aos pastos onde se desenvolve a pecuária. No sumidouro e na ressurgência, no entanto, podemos observar que a vegetação foi parcialmente preservada ressaltando a existência de uma importante área de vegetação mais densa com árvores de grande porte na margem direita do ribeirão, próximo ao sumidouro. Constatou-se também que a mata ciliar a montante do Ribeirão Barra Bonita é praticamente inexistente.

O reflexo das agressões na bacia também pode claramente ser observado no interior da cavidade onde porções da galeria do rio apresentam-se completamente assoriadas devido ao aumento do aporte de sedimento após a retirada da cobertura vegetal para dar lugar aos pastos. Também observou-se diversos recipientes de agrotóxicos utilizados no cultivo de frutas cítricas e lançados no ribeirão.



Qualidade da Água

Fundamentação

A água funciona como veículo para a transmissão de diversas doenças causadas por microorganismos. A contaminação de água com material fecal é comum em áreas com condições de higiene e saneamento precário, por isso a determinação da qualidade microbiológica da água é essencial.

Os métodos microbiológicos têm sido grandemente utilizados no controle da contaminação fecal e na detecção de microrganismos patogênicos na água. Os níveis de contaminação toleráveis e os padrões sanitários de qualidade da água são estabelecidos em função do uso a que se destina.

Vários tipos de bactérias patogênicas podem ser encontrados na água. Para a avaliação das condições sanitárias de uma água são utilizadas bactérias do grupo coliforme, que atuam como indicadores de poluição fecal, pois estão sempre presentes no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente, sendo eliminados em grandes quantidades pelas fezes (Sinajana 1997).

Resultados

A coleta da amostra para exame bacteriológico foi realizada em primeiro lugar, antes de qualquer outra coleta a fim de evitar o risco de contaminação do local de amostragem com frascos ou amostradores não estéreis. Foram realizadas coletas na ressurgência e no sumidouro da Gruta da Barra

Bonita utilizando frasco de vidro neutro esterilizado e acondicionadas sob refrigeração até a chegada ao laboratório para análise.

Para a análise das amostras utilizou-se a Técnica dos Tubos Múltiplos sendo esta realizada pelo Laboratório de Patologia Básica da UFPR, indicando a presença de bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes fecais estando condenadas para o consumo da população. Como medidas preventivas básicas e essenciais para o consumo da água a comunidade de Barra Bonita dos Santos recomendou-se a construção de reservatórios, caixas d'água, filtros, ou a desinfecção da água com 8,33 ml de hipoclorito de sódio a 12% para cada mil litros de água ou 3 a 4 gotas de hipoclorito de sódio a 12% por litro de água, ou ainda ferver a água por 10 minutos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Gruta da Barra Bonita, localizada no município de Cerro Azul foi utilizada neste trabalho como um laboratório didático na aplicação de diferentes metodologias empregadas no estudo de área cársticas.

Sem a participação de inúmeras pessoas e instituições que contribuíram nas campanhas de campo e nas análises de laboratório este trabalho não seria possível. A esta minha eterna gratidão pelo apoio e pela amizade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHREND, A.; GENTHNER, C.; TALAMTNI NETO, E. 1998. Nota Explicativa do Mapa da Região de Três Barras, Cerro Azul/PR. Curitiba, 29p. (Relatório de Graduação - Universidade Federal do Paraná).
- AULER, A. 1994. *Hidrogeological and Hydrochemical Characterization of the Mathozinhos - Pedro Leopoldo Karst, Brazil*. Kentucky, 110p. (Dissertação de Mestrado - Western Kentucky University - Faculty of the Department of Geography and Geology).
- AYUB, S. 1998. *Aplicação do Corante Traçador Fluorescente Rhodamina-WT no Estudo Hidrológico e Hidrogeológico dos Sistemas Cársticos Pérolas-Santana, Grilo e Zezo, Município de Iporanga, Estado de São Paulo*. São Paulo, 104p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências USP).
- BITTENCURT, A.V.L. 1994. Hidroquímica. Módulo II. In: Curso Sul-Americano sobre Avaliação e Vulnerabilidade de Aquíferos, 1, Curitiba, 1994. Memória..., Curitiba, UFPR, ABAS, Universidad de la Republica Oriental dei Uruguay, p. 23-53.
- BONACIM, E.A. 1996. *Dinâmica do Sistema Hidrogeológico Cárstico na Área de Tranqueira - Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba, 162. (Dissertação de Mestrado - UFPR).
- COSTA SANTOS, 1997. Noções de Hidroquímica. In Feitosa, F. A.C. & Manuel Filho, J. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza. CPRM, LABHID-UFPE, 81 -108.



- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. 1983. *Hidrogeologia Subterrânea*. 2ed. Barcelona: Omega. 2 v.
- FENZL, N. 1988. *Introdução à Hidrogeoquímica*. Belém, UFPA, 189 p.
- FIORI, A.P.; SALAMUNI, E. e FASSBINDER, E. 1987. *Geologia da região de Bateias e Bocaiuva do Sul*. In Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3, Curitiba. Anais... Curitiba, SBG, v.2.p. 773 -787.
- FORD, D.C. e WILLIAMS, P. 1989. *Karst Geomorfology and hidrology*. Unwin Hyman, London.
- GUERRA, A.M. 1986. *Processos de carstificação e hidrogeologia do Grupo Bambuí na região de Irecê, Bahia*. São Paulo, 132p. (Tese de doutoramento - Instituto de Geociências USP).
- HARUM, T. 1992. *Künstliche Tracer: Entwicklung der Tracerforschung, Traceranforderungen, grundlegende Anwendungen in verschiedenen Aquifertypen*. In: Trainingskurs: Anwendung natürlicher und künstlicher Tracer in der Hydrogeologie, Áustria, 1996. Joanneum Research.
- HASUI, Y; CREMONINI, O.A.; BORN, H. - 1984 - O Granito Três Córregos revisado e o Maciço Catas Altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v. 7, p.3023-3031.
- KARMANN, I. 1994. *Evolução e Dinâmica atual do Sistema Cárstico do Alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, Sudeste do Estado de São Paulo*. São Paulo, 228p. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).
- KARMANN, I. e SANCHEZ, L. E. 1986. *Speleological Provinces in Brazil*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 9, Barcelona, 1986 Anais... Barcelona, RJS. v. 1, p. 151-153.
- REINSDORFF, S. 1998. Programa de cálculo de vazão pelo método de diluição de sal, (Excel 97). Áustria.
- RIBEIRO, G. A. 1998. Nota Explicativa da Região do Morro da Formiga, Cerro Azul/PR. Curitiba, (Relatório de Graduação - Universidade Federal do Paraná).
- SBE, 1991. Normas e Convenções Espeleométricas. São Paulo, CCEPE, 1991.
- SESSEGOLO, G.C; SILVA-DA-ROCHA, L.F; THEULEN, V. 1996. *Cavernas do Paraná: dez anos de espeleologia GEEP-Açungui*. Curitiba. 34 p.
- SINAJANA, M.R; PIMENTEL, I.P; DALKE, C.R 1997. *Análise Bacteriológica de águas de diferentes origens da Região Metropolitana de Curitiba utilizando a técnica dos Tubos Múltiplos e a técnica da Membrana Filtrante*. Curitiba, 32p. (Monografia em Microbiologia para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas - UFPR)
- SILVA, A.B. 1984. *Análise morfoestrutural, hidrogeológica e hidroquímica no estudo do aquífero cárstico do Jaíba, norte de Minas Gerais*. São Paulo, 189p. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).
- WERNICK, E. e GOMES, C.B. - 1976 - Granitos e metamorfismo no Vale do Ribeira de Iguape, SP PR. In XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. 5: 145-154, Porto Alegre.

¹ Trabalho Individual desenvolvido para obtenção do título de Geólogo do Setor de Tecnologia da UFPR.