

HIDROGEOQUÍMICA DE ÁGUAS NATURAIS DE NASCENTES: REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS-SP

Rafael Bassetto Ferreira¹; Wanilson Luiz Silva ²

¹ Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, UNICAMP, Rua Carlos Gomes, 250. Campinas (SP). rafaelbassetto@ige.unicamp.br

² Instituto de Geociências, UNICAMP, Rua Carlos Gomes, 250. Campinas (SP). wanilson@ige.unicamp.br

Palavras-Chave: Hidrogeologia urbana; Águas naturais; Potabilidade da água

INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é um direito de todos e é dever do Estado proporcioná-lo, assim como fazer o monitoramento periódico dos parâmetros de qualidade. Contudo, os órgãos públicos não possuem infraestrutura que atenda a demanda civil, especialmente com o desenvolvimento acelerado das cidades. A Região Metropolitana de Campinas (RMC) é um destes exemplos, a qual experimentou recentes crises hídricas vividas no Estado de São Paulo. Neste sentido, a procura por novas fontes de recursos hídricos elevou o consumo de águas naturais provenientes de fontes, as quais nem sempre são apropriadas ao consumo, acarretando risco à população.

Este trabalho objetivou determinar a qualidade química e microbiológica (coliformes totais) da água procedente de fontes naturais que é consumida pela população nos municípios de Campinas, Jaguariúna e Paulínia, e sua relação com processos naturais ou antrópicos. Nestes municípios, fontes naturais são utilizadas para os mais variados fins, inclusive para consumo humano e animal. A falta de dados sobre estas fontes coloca em dúvida sua qualidade perante as normas de órgãos reguladores, reforçando assim, a necessidade de estudos sistemáticos sobre os aspectos físico-químicos (e.g. pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, alcalinidade, carbono orgânico dissolvido, nutrientes, metais traço e íons em geral) e microbiológicos (coliformes totais).

ÁREA DE ESTUDO

A área estudada localiza-se na RMC, São Paulo, especificamente nas cidades de Campinas (bairros: Alto do Taquaral/RBF-01, Vila Nogueira/RBF-02, Nossa Senhora Aparecida/RBF-03, Colina das Nascentes/RBF-04, Jardim Garcia/RBF-05, Jardim São José/RBF-06, São Bernardo/RBF-07, Jardim Estoril/RBF-08, Jardim Esmeraldina/RBF-09, Jardim Carlos Lourenço/RBF-10), Jaguariúna (RBF-11) e Paulínia (RBF-12) (**Fig.1**), e possui em torno de 50% dos habitantes da RMC (IBGE, 2016).

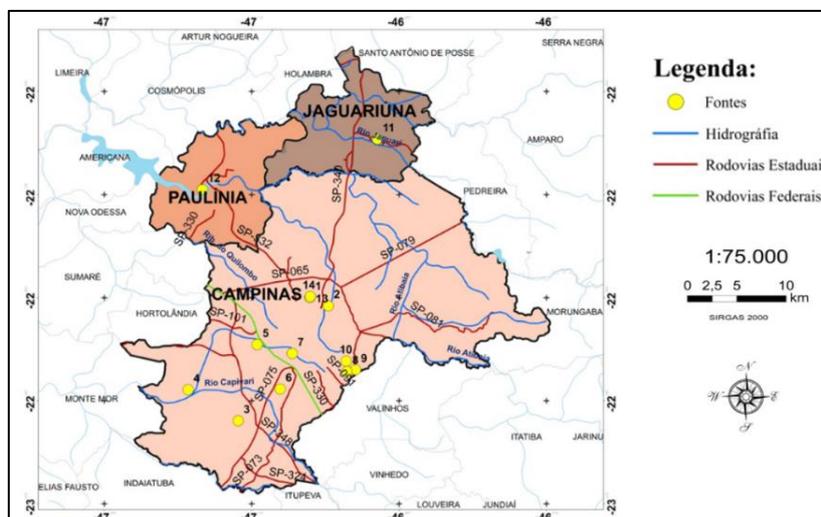


Figura 1 – Mapa de pontos, Região Metropolitana de Campinas.

A região está inserida na transição entre a Bacia Sedimentar do Paraná (arenitos do Grupo Itararé) e o Embasamento Cristalino (rochas graníticas e gnáissicas), e há domínio de latossolos. A hidrogeologia é dividida em três sistemas: Cristalino, Diabásio e Tubarão (Yoshinaga-Pereira & Silva, 1997).

MATERIAIS E MÉTODOS

A amostragem foi realizada em outubro/2016 em 12 pontos, sendo 10 em Campinas, um em Jaguariúna e outro em Paulínia. Foram coletados 1,5 L de água e obtidos os parâmetros físico-químicos (pH, oxigênio dissolvido – OD, condutividade elétrica – CE) com equipamento Orion Star A216 (Thermo), e determinada a alcalinidade (bicarbonato) via titulação. Com amostras filtradas (membrana Millipore de 0,22 µm de porosidade) foram determinados o carbono orgânico dissolvido – COD (analisador de carbono Multi N/C 2100S da Analytik Jena, método NPOC) e fosfato via espectrofotômetro GENESYS 10S UV-Vis (Thermo). Os cátions e ânions maiores foram analisados por cromatografia de íons, Dionex ICS 2500. A quantificação de metais traço foi realizada com amostra acidificada com HNO₃ 1% (v/v), via ICP-MS XseriesII (Thermo). Coliformes totais (CT) em cada amostra foram identificados com teste presuntivo com caldo de sulfato triptose (LST) e teste confirmativo caldo verde brilhante bile 2% (VB), ambos com período de incubação de 48 h.

Para o controle de qualidade analítica, materiais de referência de água foram analisados e mostraram-se na faixa aceitável de variação de 10% dos valores certificados. Análise de duplicata mostrou que mais de 80% de todos os dados estavam com variação em torno de ± 5%. E, por fim, o balanço de cargas (cátions e ânions) mostrou-se satisfatório, dentro da faixa de ± 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns resultados, especialmente aqueles que não se enquadravam na faixa permitida pelos órgãos reguladores CONAMA (Resolução nº 357/05) e Ministério da Saúde, Portaria 2.914/2011 (Brasil, 2011), foram organizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Alguns parâmetros das amostras de água e valores reguladores do CONAMA. Dados em negrito estão acima destes valores.

Amostras	RBF 01	RBF 02	RBF 03	RBF 04	RBF 05	RBF 06	RBF 07	RBF 08	RBF 09	RBF 10	RBF 11	RBF 12	Média	CONAMA
pH	5,54	5,45	4,77	4,66	6,66	5,95	3,96	5,65	5,61	5,7	5,71	5,65	5,44	6-9
CE (µS/cm)	137	187	41	97	166	122	425	285	82	307	164	5	168	–
HCO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	32,81	17,44	7,05	4,89	26	70,1	–	22,83	19,69	24,35	12,42	–	23,76	–
COD (µg L ⁻¹)	713	493	486	574	3030	717	2100	594	758	880	1110	894	1029	–
Fosfato (mg L ⁻¹)	0,001	0,048	0,003	0,001	0,005	0,128	0,118	0,024	0,019	0,024	0,06	0,011	0,04	0,1
NO ₃ ⁻ -N (mg L ⁻¹)	3,7	10,7	1,9	8,1	1,2	0,9	27,9	22	4,8	21,9	12,2	0	9,6	10
F ⁻ (mg L ⁻¹)	0,05	0,03	–	–	0,66	0,04	0,07	0,02	0,05	–	0,06	–	0,12	1,4
CT (NMP/mL) *	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4,6 x 10²	<3	<3	>1,1 x 10³	<3	<3	–	–
Al (ng mL ⁻¹)	–	10	3	160	14	3	1326	–	–	–	47	2	196	100
Mn (ng mL ⁻¹)	6	14	5	106	1	1	846	3	2	10	33	1	86	100
Ba (ng mL ⁻¹)	150	371	168	870	51	120	602	325	243	826	496	3	352	700

* NMP/mL= Número Mais Provável por mililitro de produto analisado.

O pH das águas naturais da região foi levemente ácido (4,77 a 6,66; em geral, abaixo da referência CONAMA), o que refletiu nos baixos valores de alcalinidade, especialmente nos pontos RBF-07 e 12 (ausência de bicarbonato). Os níveis de flúor também foram baixos (inferiores à recomendação CONAMA), enquanto os níveis de CE variaram muito, sendo tão altos quanto 425 µS cm⁻¹ (RBF-7) ou baixo como 5,2 µS cm⁻¹ (RBF-12). Ao contrário, os níveis de COD foram elevados especialmente nos pontos RBF-05, 07 e 11, assim como os níveis de fosfato que superaram os valores recomendados pelo CONAMA nos pontos RBF-06 e 07. Concentrações de nitrato acima do CONAMA foram identificadas em vários pontos (RBF-02, 07, 08, 10, 11),

assim como Al (RBF-04, 07), Mn (RBF-04, 07) e Ba (RBF-04, 10). Os valores de CT foram mensuráveis nos pontos RBF-07 e 10 (**Tab. 1**).

Para a classificação do tipo hidroquímico das amostras, os dados de concentração iônica foram plotados no diagrama de Piper (**Fig. 2**).

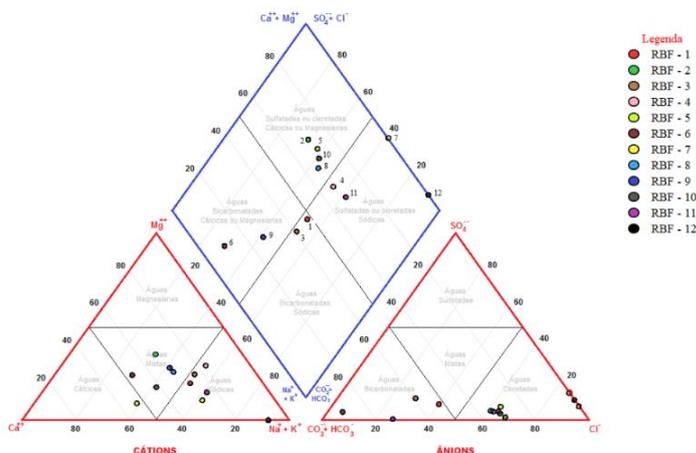


Figura 2 - Diagrama de Piper.

De acordo com o diagrama, os pontos RBF-01 e 03 foram classificados como águas bicarbonatadas sódicas e, embora estejam em contextos hidrogeológicos diferentes, há aparentemente influência dos aquíferos Cristalino (RBF-01) e Tubarão (RBF-03) nos quais predominam este tipo composicional (Vidal, 2002; Ezaki et al., 2014). Contudo, a amostra RBF-01 apresentou tendência à água sulfatada, como possível ação antrópica.

As fontes RBF-02, 05, 08, 10 apresentaram águas sulfatadas ou cloretadas cálcicas/magnesianas, sendo que as amostras RBF-02, 08, 10, que estão no aquífero Cristalino (rochas do embasamento), evidenciaram uma maior relação com a solubilidade dos minerais da rocha, como pode ser observado a partir das maiores concentrações de cátions como Mg. Essas fontes se mostraram impróprias para o consumo devido à presença de nitrato e coliformes totais (**Tab. 1**). Vale ressaltar que a amostra RBF-10 foi a única que apresentou nitrito (não mostrado na **Tab. 1**) acima do limite de detecção instrumental ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$). Já a água da RBF-05 (aquífero Tubarão) se destaca pela maior concentração de flúor encontrada no presente estudo ($0,66 \text{ mg L}^{-1}$). De acordo com Ezaki et al. (2014), o alto valor de flúor está relacionado à alteração de argilominerais e micas de rochas sedimentares. Os autores concluem que o aquífero Tubarão tem maiores teores deste halogênio que o aquífero Cristalino.

As fontes RBF-06 e 09 estão sobre o sistema aquífero Cristalino e, de acordo com o diagrama de Piper, tratam-se de águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, indicando relação com as rochas do aquífero. A amostra RBF-06 se destaca pela presença de fosfato acima do permitido pelo CONAMA. É possível que a composição do solo (latossolo) seja propícia ao acúmulo deste nutriente, pelo fato de ser argiloso (Esteves, 1998). Contudo, não se descarta origem doméstica ou industrial para o fosfato.

Águas sulfetadas ou cloretadas sódicas foram encontradas nos pontos RBF-04, 07, 11, 12, sendo que as amostras RBF-04 e 11 revelaram forte relação com as rochas (arenitos do Grupo Itararé e gnaisses da suíte Jaguariúna), como se pode notar pela elevada concentração de metais, como Al e Ba (**Tab. 1**). De acordo com Vidal (2002), estas concentrações estão ligadas ao baixo pH da água, pois em condições ácidas ocorre a hidrólise de feldspatos comuns nestas rochas. As amostras RBF-07 e 12, embora possuam a mesma classificação hidroquímica, são extremamente antagônicas. A amostra RBF-07 mostrou-se como a de pior qualidade de potabilidade, mostrando diversos parâmetros acima do permitido pelo CONAMA (**Tab. 1**). Os maiores níveis de nitrato e CT deste estudo foram encontrados neste ponto (**Tab. 1**) e podem significar forte influência antrópica em sua composição. Corroborar esta possibilidade o fato de CETESB (2015) ter reportado uma fonte de contaminação industrial por metais, solventes halogenados e metano na área deste ponto. Já a

fonte RBF-12 se destaca pelas concentrações muito baixas de íons (CE na **Tab. 1** revela isso), muitas vezes abaixo do limite de detecção. É provável que este ponto no momento da amostragem tenha tido forte influência de água meteórica, com pouco tempo de residência em subsuperfície. Tal hipótese está embasada no valor de CE muito baixo (5,18 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o qual se assemelha a água de chuva (Matthess, 1982).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas da RMC estão dentro do padrão de potabilidade, mas com ressalvas. As fontes dos bairros Alta Taquaral (RBF-01), Nossa Senhora Aparecida (RBF-03), Jardim Garcia (RBF-05), Jardim Esmeraldina (RBF-09) e de Paulínia (RBF-12) estão dentro dos padrões aceitos. Entretanto, a água da fonte de Paulínia, com as baixas concentrações de metais e nutrientes dissolvidos, pode trazer sérios problemas a saúde. A Organização Mundial de Saúde investigou os efeitos da água desmineralizada (baixa condutividade elétrica) sobre a saúde, e os experimentos em humanos mostraram que este tipo de água aumentava a diurese (produção de urina pelo rim) e a eliminação de eletrólitos (íons dissolvidos), com diminuição da concentração sérica de potássio (Kozisek, 2005). Já a fonte de Jaguariúna (RBF-11) e dos bairros Vila Nogueira (RBF-02) e Jardim Estoril (RBF-08) de Campinas apresentam valores acima do permitido de nitrato, sugerindo uma associação de contaminação com efluentes domésticos (Magalhães-Silva & Brotto, 2014). As fontes dos bairros Colina das Nascentes (RBF-04) e Jardim São José (RBF-06) em Campinas apresentam valores de metais e nutrientes acima do aceitado, indicando ação antrópica. As fontes que são completamente impróprias para o consumo, de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 (Brasil, 2011), são as dos bairros São Bernardo (RBF-07) e do Jardim Carlos Lourenço (RBF-10) os quais apresentam coliformes totais (ausência deste indicador seria o recomendado pelos órgãos reguladores).

Por fim, em uma análise geral, as fontes mostraram alta associação com os seus respectivos aquíferos. As composições das águas variaram entre bicarbonatadas-cálcicas, sódicas e magnesianas, quando a relação com o aquífero era mais intensa, e cloretadas/sulfetadas quando a interface rocha-água ou a ação antrópica era predominante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.

CETESB - Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. Áreas contaminadas e reabilitadas do estado de São Paulo. 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (Resolução nº 357) Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, public. DOU nº 053, págs. 58-63. 2005.

Esteves, F. de A. Fundamentos de limnologia. Interciência/Finep. 2ª Ed. – Rio de Janeiro, 1988.

Ezaki, S.; Oda, G. H.; Iritani, M. A.; Veiga, C.; Stradioto, M. R. Hidroquímica dos aquíferos Tubarão e Cristalino na região de Indaiatuba-Rafard, Estado de São Paulo. Pesquisas em Geociências, 41: 65-79. 2014.

IBGE. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br>. Acessado em 05 nov. 2016.

Magalhães-Silva, L. C. & Brotto, M. E. Nitrato em água: ocorrência e consequências. Escola superior de química. Faculdade Oswaldo Cruz. 2014.

Matthess, G. The properties of groundwater. 1982. In. SZIKSZAY, M. Geoquímica das águas. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 1994.

Vidal, A.C. Estudo Hidrogeológico do Aquífero Tubarão na Área de Afloramento da Porção Central do Estado de São Paulo. Rio Claro. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP. 2002.

Yoshinaga-Pereira, S. & Silva, A. A. K. Condições de ocorrência das águas subterrâneas e do potencial produtivo dos sistemas aquíferos na região metropolitana de Campinas – SP. Rev. IG São Paulo, 23-40, 1997.

Kozisek, F. Health risks from drinking demineralized water. Nutrients in drinking water. World health organization. ISBN 92-4-159398-9, pp. 148-159. 2005.