

**ANÁLISE DAS RELAÇÕES IÔNICAS COMO PARTE DA ANÁLISE
HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À OESTE DO RIO
GUANDU - BAIXADA FLUMINESE - RJ**

Isabela Martins Itabaiana ¹; Décio Tubbs Filho ²; Patrick Aloe Teixeira ³

Resumo – A área de estudo abrange os Municípios de Seropédica e Itaguaí, na Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro, aonde o uso de água subterrânea na região é muito importante no abastecimento público e privado, frente ao precário saneamento básico. Além disso, o recurso hídrico dispõe de boa qualidade, usado para consumo humano, e é de fácil obtenção, por se tratar de aquífero raso e de caráter livre. Os parâmetros físico-químicos, potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE), foram analisados juntamente com os principais íons presentes na água. As relações iônicas rMg/rCa , rNa/rCl , rCl/rBr , rCl/rNO_3 , $rCl/rHCO_3$ foram empregadas nas análises hidroquímicas com o propósito de compreender a origem dos componentes principais e possíveis contaminações existentes no aquífero Piranema.

Abstract – The area of study covers the Municipalities of Seropédica and Itaguaí, in the Baixada Fluminense, Rio de Janeiro State. The use of groundwater in the region is very important to supply both public and private demand, which suffer with precarious sanitation conditions. In addition, the aquifer has good quality, usable for human consumption, and it is a resource easy to obtain, once it is a shallow free aquifer. The physico-chemical parameters, hydrogenionic potential (pH) and electrical conductivity (EC) were analyzed along the main ions present in the water. The ionic ratios rMg/rCa , rNa/rCl , rCl/rBr , rCl/rNO_3 , $rCl/rHCO_3$ were used in the hydrochemical analyzes in order to understand the origin of the main components and possible contaminations in the aquifer in question.

Palavras-Chave – Água Subterrânea, Relações iônicas, Aquífero Piranema.

¹ Geóloga, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, isaitabaiana@gmail.com

² Prof. Departamento de Geociências da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, dtubbs@uol.com.br

³ Geólogo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, patrick.aloe.teixeira@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta parte do estudo obtido no trabalho “Inventário Hidrogeológico da água subterrâneas à oeste do Rio Guandu, Baixada Fluminense – RJ”, baseado nas informações disponibilizadas por pesquisas anteriores.

O objetivo principal fundamenta-se na sistematização das informações de captações de água subterrânea, a partir de levantamentos realizados, e através do agrupamento de dados, realizar uma análise hidroquímica com abordagem nas relações entre os íons dissolvidos na água, denominadas razões iônicas.

O estudo das razões iônicas se faz importante, uma vez que, estas razões podem indicar o relacionamento com o litotipo do qual a água se origina, indicar a ação de fenômenos modificadores ou indicar uma característica específica da água considerada.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Localização

O presente trabalho reúne informações de amostras coletadas nos municípios de Itaguaí e Seropédica - mesorregião metropolitana do Rio de Janeiro, incluindo a UFRRJ e a Embrapa-Agrobiologia. O acesso aos locais citados é feito por meio das rodovias BR-116 (Presidente Dutra) que liga o município do Rio de Janeiro ao município de Seropédica, BR 465 (antiga Rio-São Paulo), RJ-099 (reta de Pirarema) e também pela BR-111, onde a área de estudo estende-se pelas coordenadas 22°50'09.23"S, 43°48'22.55"O; 22°53'28.66"S, 43°41'59.43"O; 22°48'29.32"S, 43°35'06"O; 22°42'46.76"S, 43°41'16.44"O, de acordo com o polígono da figura 1.

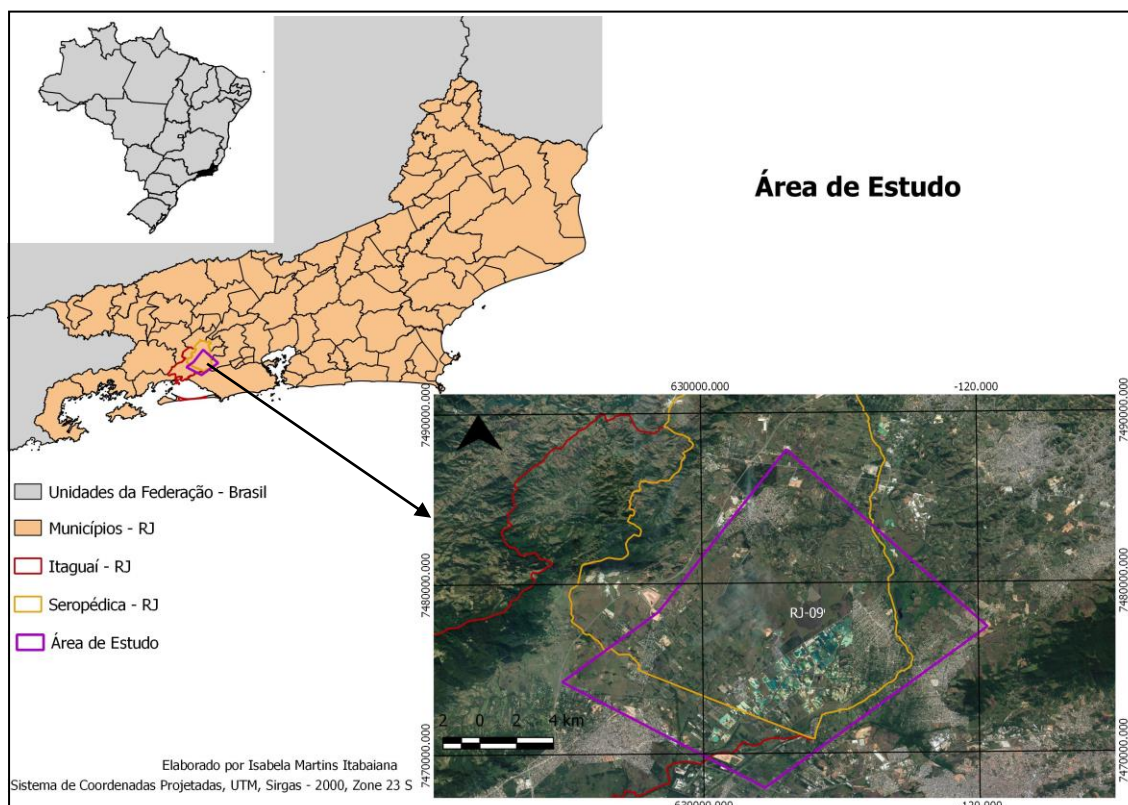


Figura 1. Limites da área de estudo.

2.2. Caracterização geológica/Geotécnica

A região está inserida na bacia de Sepetiba, na qual se destaca uma evolução tectônica segundo a direção preferencial NE-SW (DANTAS, 2000).

De acordo com Silva (2001), no município de Seropédica afloram rochas ígneas, metamórficas, sedimentares e cobertura de solo. O embasamento cristalino é composto, principalmente por hornblenda-biotita gnaisses; migmatitos e microclina-gnaisses que pode aflorar como corpos intrusivos tabulares no hornblenda-biotita gnaisses. Estas unidades estão distribuídas, de uma forma geral, paralelamente à estrutura regional principal ou disseminadas na região da baixada sul – fluminense.

Os solos, do ponto de vista geotécnico, ocorrem como solos residuais de gnaisses, situados nas partes mais elevadas e solos transportados coluvionares, nas áreas dominadas por rampas de colúvio.

2.3. Hidrogeologia

São denominados de “Aquífero Piranema” todos os aquíferos com permeabilidade intergranular formados por coluviões, depósitos fluviais, flúvio-marinhos e flúvio-lacustres (TUBBS, 1999).

Podem ser diferenciados pelo menos dois aquíferos distintos, os fraturados, relacionados às áreas de ocorrência das rochas cristalinas e o sistema intergranular, correspondente às áreas aonde ocorrem os sedimentos arenosos e areno-argilosos terciários / quaternários, representados pela Formação Piranema, que é composta por duas unidades:

i) Unidade inferior: trata-se de uma fácies arenosa de idade pleistocênica, composta basicamente por areias de média a muito grossa com cascalhos, constituído principalmente por quartzo e feldspato.

ii) Unidade superior: sobreposta à fácies arenosa, ocorre a fácies síltico argilosa holocênica, denominada de Unidade Aluvionar de cobertura. As espessuras deste pacote variam entre 10 e 25 metros e sondagens geofísicas indicam profundidades de 35 a 40 metros.

As coberturas de solo, proveniente das alterações das rochas cristalinas, podem gerar um sistema com características superficiais de aquífero poroso e gradualmente, à medida que a profundidade aumenta, revertendo para características de sistemas fraturados. Estes aquíferos rasos e livres não são individualizados, tendo sido considerados como parte do sistema aquífero fraturado, entretanto é provável que tenham continuidade lateral, mostrando que de uma maneira genérica os sistemas aquíferos estão todos intercomunicados (MONSORES *et al.*, 2003).

O nível da água subterrânea varia entre 3 e 7,5 metros, conforme a estação climática. A água subterrânea é pouco mineralizada, apresentando baixos valores de condutividade elétrica e de pH, ressaltados nas figuras 2 e 3, respectivamente.

As amostras apresentam pH entre 4.3 e 7, com média 5,6. A acidificação da água pode ser explicada pela presença de argila e silte; pelo revolvimento desses sedimentos (MONSORES, 2003), e ainda pela oxidação de sulfetos, liberando radicais de sulfatos (TUBBS *et al.* 2011).

Quanto à oxidação de sulfetos, Barbosa (2005) reconhece que a presença do sulfato é condicionada ao ambiente geológico, formado por camadas, essencialmente, arenosas relacionadas aos depósitos originados sob condições redutoras, associadas a um ambiente de linhas de costa e mangues.

Tubbs *et al.* (2011) associa o aumento do teor de SO_4 na água à atividade de extração de areia na região. Em decorrência da lavra e, conseqüentemente, a exposição dos sedimentos ricos em sulfetos, ocorre a oxidação destes para sulfato, elevando o conteúdo deste na água.

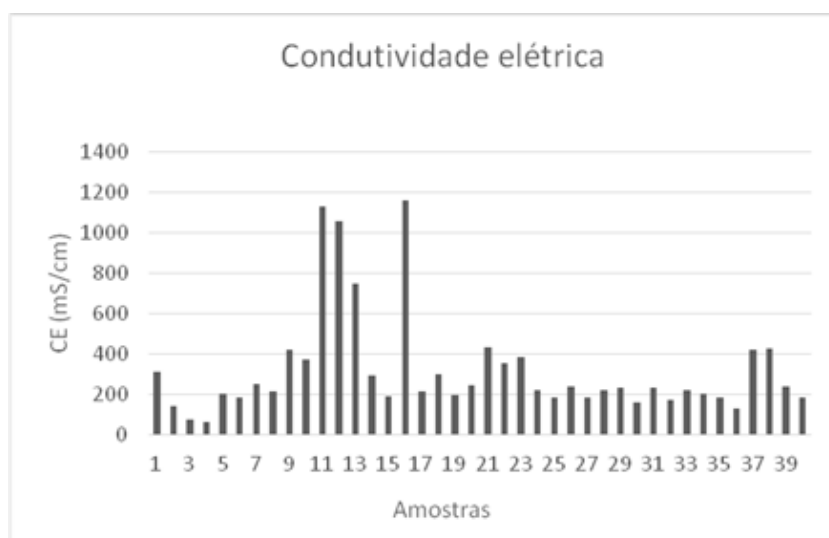


Figura 2. Variação da Condutividade Elétrica (CE). As variações podem ser explicadas pelas flutuações do nível na superfície freática, e do regime sazonal de chuvas da região. Os baixos valores obtidos indicam poucos sais dissolvidos na água.

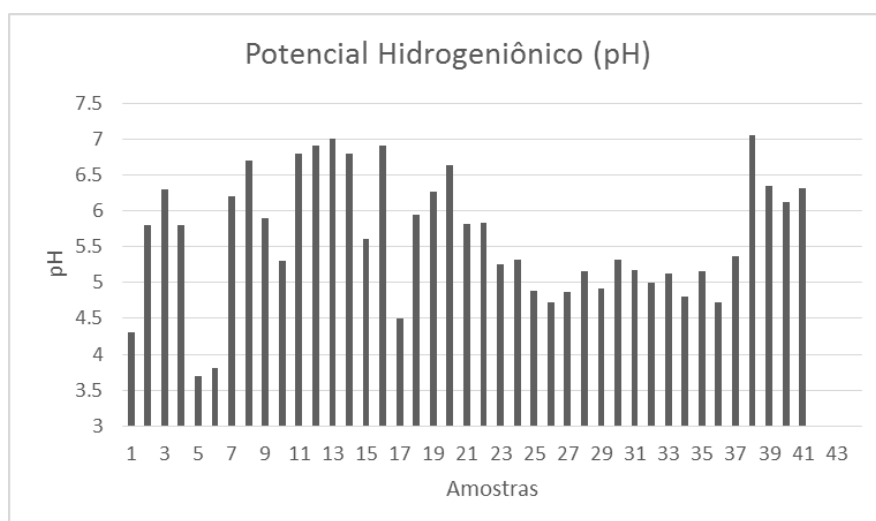


Figura 3. Valores de pH obtidos na área estudada.

3. METODOLOGIA

As pesquisas bibliográficas e o levantamento de dados serviram como base para a realização deste trabalho. Pesquisas anteriores forneceram dados de 46 amostras, entretanto, algumas não possuem resultados para os íons estudados neste trabalho. Deve-se ressaltar que as amostragens foram feitas entre os anos de 2003 e 2016.

Analisou-se os íons: sódio (Na^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), cloreto (Cl^-), Brometo (Br^-), sulfato (SO_4^{-2}), bicarbonato (HCO_3^-) e nitrato (NO_3^-), empregados no estudo das relações iônicas.

4. RESULTADOS

A tabela 1 foi utilizada como base de estudo para as razões iônicas rMg/rCa, rNa/rCl. Neste tópico ainda serão abordadas as relações rCl/rNO₃ e rCl/rBr. As razões são dadas em meq/L.

Tabela 1. Variações teóricas para as razões iônicas e valores aferidos para as águas subterrâneas à Oeste do Rio Guandu. Modificado de Tubbs (1994).

Razão iônica	Variações teóricas	Variações na região	Significado
Mg/Ca	0,25-0,33	0,12-0,14	- Água de circulação em rocha com composição granítica - Contato com água do mar ou fluxo através de rocha básica
	>>0,9		
Na/Cl	<0,876 <0,07 <0,07 >0,07	0,73-2,98	- Água do mar - Substituição de Na por Ca e Mg - Precipitação de sais de Na - Fluxo através de rochas cristalinas ou vulcânicas
Cl/HCO₃	0,5 >1,3 >6,0	0,11-8,73	- Fluxo normal para rochas cristalinas - Águas com salinização inicial - Águas com salinização adiantada

4.1. Razão rMg/rCa

A razão rMg/rCa auxilia na identificação dos processos sofridos na água subterrânea e sua evolução e detecta fenômenos de troca de bases (LILLO, 2002). Nas águas continentais, esta razão varia, frequentemente, entre 0,3 e 1,5.

De acordo com os dados observados na tabela 2, a razão apresenta valores característicos de águas continentais. Deve-se salientar, que o íon de cálcio sobrevém de forma livre na água (BARBOSA, 2005). Neste caso, os baixos teores verificados são explicados em função da mobilidade do cátion, o mesmo para o magnésio.

Além disso, Vicente (2008) interpreta que comportamento do cálcio é devido à influência de rochas alcalinas (seja pela Serra do Mendanha ou por diques ou sedimentos oriundos destas) que são ricas em Na e que tem a capacidade de promover a substituição do Ca, lixiviando-o para fora do sistema químico dos aquíferos.

Tabela 2. Valores da razão rMg/rCa para as águas subterrâneas à Oeste do Rio Guandu.

Mg	Ca	rMg/rCa	Mg	Ca	rMg/rCa
23.10	26.10	0.89	4.30	2.40	1.79
4.10	8.80	0.47	5.40	9.30	0.58
0.83	0.84	0.99	8.60	17.00	0.51
0.76	0.87	0.87	1.70	4.40	0.39
7.40	12.40	0.60	3.38	7.96	0.42
8.10	12.40	0.65	1.39	2.02	0.69
1.76	1.04	1.69	3.59	3.11	1.15
3.50	5.40	0.65	3.53	2.64	1.34
3.84	5.60	0.69	2.32	2.36	0.98
3.50	6.40	0.55	2.56	2.44	1.05
27.96	28.60	0.98	2.36	2.32	1.02
23.04	28.60	0.81	4.79	3.33	1.44
20.88	19.60	1.17	3.38	1.19	2.84
9.00	15.60	0.58	3.48	5.34	0.65
1.32	2.60	0.51	3.42	4.86	0.70
24.48	28.60	0.86	1.90	2.50	0.76
3.00	1.20	2.50	1.69	1.78	0.95
5.40	7.50	0.72	11.55	7.47	1.55
2.40	4.50	0.53	20.00	43.30	0.46
2.40	4.10	0.59	13.60	40.90	0.33
6.60	12.50	0.53			

4.2. Razão rCl/rHCO₃

Barbosa (2005) comenta que os sais dissolvidos na água chuva continental são, principalmente, sulfato de cálcio ou bicarbonato de cálcio, devido a interação da pedosfera com os gases atmosféricos. No que diz respeito ao íon HCO₃, as baixas concentrações estariam relacionadas ao pH ácido e teriam contribuído na diminuição dos valores encontrados para esta razão.

De acordo com a interpretação desta relação, a partir dos valores apresentados na tabela 3, pode-se concluir que as águas na área estudada têm caráter continental e sofrem influência de outros sais através da recarga do aquífero pela água da chuva, e conseqüentemente, a interação das águas atmosféricas com o solo. Além disso, os valores mais elevados, em função do cloreto, indicam salinização destas águas através de intrusão marinha pretérita neste aquífero.

Tabela 3. Valores da razão rCl/rHCO₃ para as águas subterrâneas à Oeste do Rio Guandu.

Cl	HCO ₃	rCl/rHCO ₃	Cl	HCO ₃	rCl/rHCO ₃
24.00	7.70	3.12	7.90	20.00	0.40
23.10	10.70	2.16	39.86	40.00	1.00
8.61	77.00	0.11	52.30	8.46	6.18
291.10	15.25	19.09	32.20	12.23	2.63
269.80	21.96	12.29	53.06	6.26	8.48
156.20	208.62	0.75	59.76	10.16	5.88
49.70	183.00	0.27	30.72	8.36	3.67
14.20	151.28	0.94	39.60	14.33	2.76
305.30	18.91	16.14	31.90	11.66	2.74
21.30	203.13	0.10	40.76	8.03	5.08
31.60	5.49	5.76	34.20	14.00	2.44
27.40	28.30	0.97	35.73	10.10	3.54
32.60	29.50	1.11	28.20	14.66	1.92
64.00	20.00	3.20	74.50	7.06	10.55

4.3. Razão rNa/rCl

A interação Na-Cl indica dissolução de halita ou mistura com água do mar (SANTOS, 2008). A fonte principal de Cl⁻ é o NaCl, onde o Na⁺ está associado aos silicatos ou à troca iônica.

A tabela 3 apresenta valores que admitem a entrada do sódio através da dissolução dos minerais feldspáticos, que constituem as rochas de caráter granítico do substrato rochoso regional.

Tubbs (2011) reforça em seu trabalho que a atividade de extração de areia, desencadeia mudanças na química das águas da região, visto que, a atividade modifica o nível do lençol freático e do mesmo modo os valores de carga hidráulica na região, modificando a forma como os íons se movimentam no aquífero.

Tabela 4. Valores da razão rNa/rCl para as águas subterrâneas à Oeste do Rio Guandu.

Na	Cl	rNa/rCl	Na	Cl	rNa/rCl
23.10	26.10	1.08	20.70	41.10	0.50
39.60	115.00	0.38	106.00	64.00	1.66
17.60	24.00	0.73	19.00	7.90	2.41
17.40	23.10	0.75	29.40	52.96	0.56
37.10	35.60	1.04	31.06	39.86	0.80
37.70	34.60	1.09	35.13	52.30	0.67
16.58	8.61	1.93	24.66	32.20	0.77
4.78	52.89	77.05	43.33	53.06	0.82
124.20	291.10	0.43	36.06	59.76	0.60
124.20	269.80	0.46	22.36	30.72	0.72
87.40	156.20	0.56	28.40	39.60	0.72
22.77	49.70	0.46	23.00	31.90	0.72
21.26	14.20	1.50	26.00	40.76	0.64
125.58	305.30	0.41	27.83	34.20	0.81
17.71	21.30	0.83	30.00	35.73	0.08
18.20	31.60	0.58	18.00	28.20	0.64
15.60	27.40	0.57	55.50	74.50	0.74
17.30	32.60	0.53	74.40	39.80	1.87
23.60	37.90	0.62	63.10	51.00	1.24
25.00	43.20	0.59			

4.4. Razão rCl/rNO₃

Apesar de Barbosa (2005) apontar correlações negativas entre o Nitrato e o cloreto, indicando que estes não possuem a mesma fonte, o cloreto também pode estar relacionado à dejetos humanos, neste caso, proveniente da urina.

De acordo com Argoss (2011), a relação entre o nitrato e cloreto pode ajudar a indicar a origem do nitrato e a porcentagem de esgoto orgânico, derivado do local de saneamento, que é oxidado e lixiviado para o lençol freático. Onde a relação envolve valores entre 1:1 e 8:1 (Figura 4), o nitrato é oriundo de efluentes domésticos, mais especificamente, por fontes fecais. Os valores são apresentados na tabela 5.

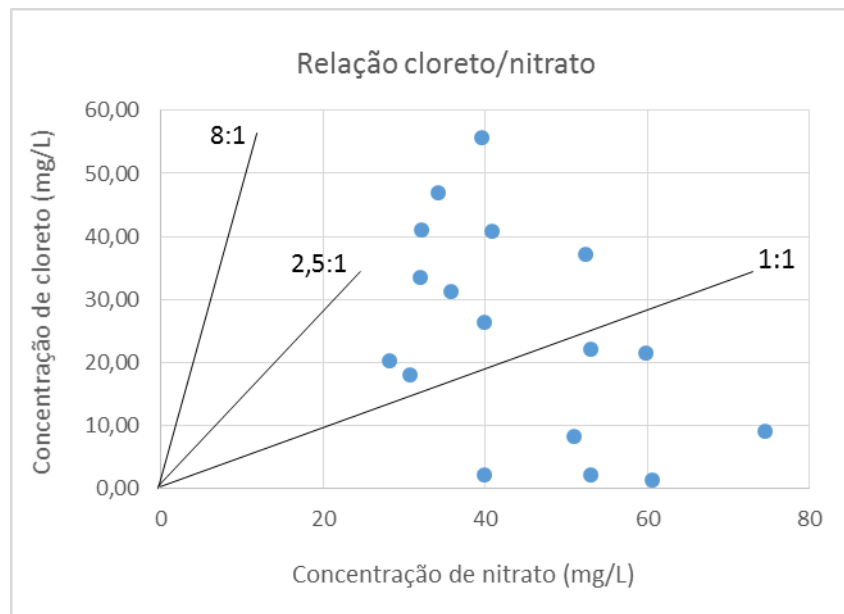


Figura 4. Relação cloreto/nitrato para as águas subterrâneas à oeste do rio Guandu. Nesta razão, a origem do nitrato tem relação com a presença de coliformes fecais (razão variando principalmente no intervalo entre 2:1, dentro do intervalo característico para fontes fecais).

Tabela 5. Valores da razão rCl/rNO_3 para as águas subterrâneas à Oeste do Rio Guandu. Os valores em vermelho representam as razões que estão contidas no intervalo descrito para a origem fecal do nitrato.

Cl	NO ₃	rCl/rNO_3	Cl	NO ₃	rCl/rNO_3
52.96	2.06	25.71	40.76	40.73	1.00
39.86	26.26	1.52	34.20	46.86	0.73
52.30	37.23	1.40	35.73	31.26	1.14
32.20	41.06	0.78	28.20	20.26	1.39
53.06	22.03	2.41	74.50	9.00	8.28
59.76	21.53	2.78	39.80	2.00	19.90
30.72	17.90	1.72	51.00	8.10	6.29
39.60	55.66	0.71	60.61	1.30	46.62
31.90	33.43	0.95			

4.5. Razão rCl/rBr

A origem desses íons nas águas subterrâneas, principalmente doces, é comum e corresponde, majoritariamente, aos aerossóis marinhos incorporados e pela precipitação atmosférica. Nas águas marinhas, a razão de rCl/rBr é de aproximadamente 655 ($r=meq/L$).

Segundo Barbosa (2005), o valor encontrado na região do aquífero Piranema estaria relacionado à aerossóis marinhos, uma vez que o brometo é encontrado em pequenas concentrações na água da chuva oceânica e desta forma, a razão Cl/Br seria menor, pois a dissolução da halita presente nos aerossóis produz soluções ricas em cloreto, mas relativamente mais empobrecidas em brometo. Comparadas com a água do mar, as razões nesta região teriam esta característica. Os valores são apresentados na tabela 6.

Apesar da contribuição do conteúdo atmosférico (aerossóis marinhos), é possível admitir a contribuição marinha, uma vez que no contexto geológico da área, não existe mineral que possa contribuir para a concentração de brometo e cloreto, restando somente minerais como a halita para fornecer as concentrações destes íons.

Tabela 6. Valores da razão rCl/rBr para as águas subterrâneas à Oeste do Rio Guandu.

Cl	Br	rCl/rBr	Cl	Br	rCl/rBr
29.60	0.23	128.69	53.06	0.14	379.00
115.00	0.11	1045.45	59.76	0.12	497.66
24.00	0.08	296.30	30.72	0.10	307.20
23.10	0.08	303.94	39.60	0.08	495.00
35.60	0.18	197.77	31.90	0.06	531.66
34.60	0.18	192.22	40.76	0.09	452.88
52.96	0.10	545.97	34.20	0.09	380.00
39.86	0.11	369.07	35.73	0.11	324.81
52.30	0.12	435.83	28.20	0.07	402.85
32.20	0.11	292.72	74.50	0.16	465.62

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O caráter livre somado à pouca profundidade do aquífero, são características facilitadoras da entrada dos íons pelos fatores mencionados acima, e desta forma, promovem a mudança na química das águas.

As análises realizadas neste trabalho convieram para a compreensão da origem dos íons presentes na água subterrânea da área envolvida. Além disso, a sistematização dos presentes dados poderá contribuir em estudos futuros na região.

REFERÊNCIAS

- ARGOSS (2001) - Guidelines for assessing the risk to groundwater from on-site sanitation. British Geological Survey Commissioned Report. v 142, 66p.
- CUSTODIO, E.; HERRERA, C. (2000) - Utilización de la relación Cl/Br como trazador hidrogeológico en hidrología subterránea. Bol. Geol. Min. Madrid, v111, p: 49-67.
- BARBOSA, C.F. (2005) - Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica - RJ. Dissertação de Mestrado. IG/ UNICAMP. 93 p.
- DANTAS, M. E. (2000) - Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. CPRM, DRM/RJ. 60p.
- LILLO, J (2002) – Técnicas Hidroquímicas. Universidad Rey Ruan Carlos. 140p.
- MONSORES, A. L. M.; NUMMER, A. R.; TUBBS FILHO, D. (2003) - Estudos Hidrogeológicos dos Aquíferos Intergranulares a Oeste do Rio Guandu, Município de Seropédica/RJ. São Paulo:ELETROBOLT. 177p.
- SANTOS, A.C. (2008) - Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Editora CPRM, 3º Edição revisada e ampliada. 812p.
- SILVA, L.C.; DEHLER, N.M.; SANTOS, R.A. (2001) - Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. Brasília. Executado pela CPRM, 2ª Edição. 77p.
- TUBBS, D (1999) – Ocorrência das águas subterrâneas – “Aquífero Piranema” – Município de Seropédica, área da Universidade Rural e arredores, Estado do Rio de Janeiro. FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro). Relatório Final de Pesquisa. 123p.

TUBBS, D.; MARQUES, E. D.; GOMES O.V.; SILVA-FILHO, E. V. (2011) - Impacto da mineração de areia sobre a química das águas subterrâneas, Distrito Areeiro da Piranema, municípios de Itaguaí e Seropédica, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geociências v. 41, n.3, p: 472-485.

VICENTE, J. F. (2008) – Caracterização Hidrogeológica de uma área experimental no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/ RJ. Dissertação de Mestrado. DE/PUC-RJ. 101p.