

ASPECTOS DA QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NO ÂMBITO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIQUIRI – PR

**Antonio Carlos Buchmann Filho¹; Ernani Francisco da Rosa Filho²; Eduardo Chemas Hindi²;
André Virmond Lima Bittencourt²; Carlos Aurélio Nadal²; &
Francisco José Fonseca Ferreira²**

Resumo - Este trabalho trata-se de uma avaliação de poços tubulares profundos, perfurados nas rochas basálticas da Formação Serra Geral, Estado do Paraná. Utilizou-se os registros constantes no Banco de Dados Hidrogeológico da SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná. Foram analisados os seguintes dados construtivos e hidrodinâmicos dos poços: profundidade, profundidade das entradas de água, nível estático, nível dinâmico de exploração, vazão de exploração e capacidade específica de exploração bem como os seguintes dados físicos - químicos das águas desses poços: temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos, bicarbonato, cloretos, sulfatos, cálcio, sódio, magnésio, sílica dissolvida. Obteve-se um quadro geral dos elementos acima, utilizando-se para distinção das características hidroquímicas das águas, o diagrama de Piper. Com os resultados obtidos, interpretou-se um zoneamento hidroquímico preliminar que sugere relação **com estruturas geológicas regionais**.

Abstract-This work's aim is to evaluate deep tubular well holes, focused on basaltic rock situated in Formação Serra Geral, Paraná State (Brazil). Reference values were extract from the Banco de Dados Hidrogeológico of SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná. The following itens were analysed of constructing data and hidrodynamics of the wells: deepness, water entrace level, estatic water level, exploration variable water level, water discharge rate and especific exploration capacity. As were avaluated the phisical- chemical data of the water from these waterwells: temperature, pH, total dissolved solids, bicarbonates, clorides, sulfates, calcium, sodium, magnesium , dissolved silica. A chart of made of the described elements, and a Piper diagram for proper hidro-chemical interpretation. With the results obtained, a preliminar hidro-chemical mapping that has a corresponding geological interface with regional structures.

Palavras-chave: aquífero, hidroquímica, basalto

¹ Pós-Graduando em Geologia Ambiental da UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; DEGEOL / LPH; End.: Centro Politécnico – Jardim das Américas; Curitiba – PR – Brasil; Tel. 3613169; Fax. 2677910; E-mail: buchmann@geologia.ufpr.br

² UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; DEGEOL / LPH / LPGA; End.: Centro Politécnico – Jardim das Américas; Curitiba – PR – Brasil ; Tel. 3613169; Fax. 2677910; E-mail: ernani@geologia.ufpr.br

INTRODUÇÃO

A bacia do rio Piquiri localiza-se no Estado do Paraná, representada em uma área de 24.731 km². Suas águas escoam integralmente em terrenos paranaenses, sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral, sendo que numa porção norte da bacia, os rios escoam sobre os arenitos da Formação Caiuá. O rio Piquiri possui sentido geral de escoamento EW no seu terço superior, quando inflete para aproximadamente N50W, assumindo esse sentido geral até sua desembocadura no rio Paraná. Essas direções podem refletir estruturas geológicas que propiciem a intercomunicação entre aquíferos diferentes. Em seu terço inferior possui algumas inflexões de sentido N a N10E.

Inseridos nesta situação geográfica, foram analisados 381 registros de poços tubulares profundos. Esses estão cadastrados no Banco de Dados Hidrogeológico - BDHG da SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná, e foram gentilmente cedidos para o estudo.

O trabalho teve como objetivo identificar, de maneira preliminar, o padrão da composição química da água existente nas rochas basálticas da Formação Serra Geral e uma possível relação com estruturas geológicas regionais que propiciem a comunicação entre aquíferos diferentes, especialmente com o aquífero Guarani, subjacente.

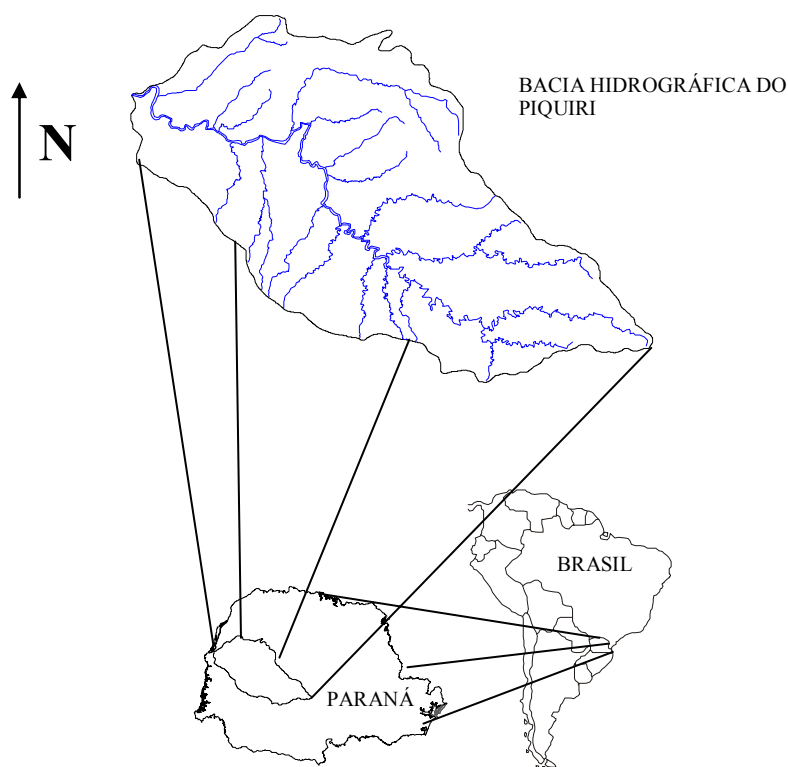


Figura 1. Localização da área de estudo.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A rede de drenagem pertencente à bacia hidrográfica em estudo, escoia integralmente sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral. São rochas que apresentam preponderantemente textura microcristalina e uma estrutura que reflete a gênese através de derrames de lava sucessivos e intermitentes (LEINZ, 1949). Os derrames constituem unidades superpostas de extensão lateral e continuidade vertical limitados (FRAGA, 1986). Conforme o movimento, resfriamento e conteúdo em gases da lava, a estrutura dos derrames pode ser caracterizada por uma zona basal, uma zona intermediária e uma zona de topo de derrame vesicular e / ou amigdaloidal (ROSA FILHO et. al., 1987). A espessura dessa sequência de derrames alcança 1.000 metros nas regiões centrais da Bacia do Paraná (REBOUÇAS, 1994).

De acordo com RUËG (1969), a composição mineralógica essencial dessas rochas constitui-se predominantemente de plagioclásio, seguido de augita e pigeonita. Ainda conforme o autor acima, há uma predominância de óxido de silício, seguido pelos óxidos de alumínio, de ferro, de cálcio, de magnésio, de sódio, de titânio e de potássio.

Grandes lineamentos e falhas foram definidos por vários autores como VIEIRA (1973), FERREIRA (1981, 1982), SOARES (1981), que somados aos diques de diabásio associados ao Arco de Ponta Grossa, originam uma compartimentação estrutural regional.

CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

O Sistema Aquífero Serra Geral, devido a suas características litológicas, não possui porosidade e permeabilidade primárias. Assim sendo, para o armazenamento e condução da água, devem ocorrer descontinuidades físicas na rocha, de forma a constituir um meio aquífero fisicamente heterogêneo e anisotrópico (REBOUÇAS, 1978), que caracteriza-se por uma condutividade hidráulica muito variável, complexa e de difícil avaliação, característica de um sistema aquífero fraturado (FRAGA, 1986 e 1992).

Conforme estudos realizados nesse contexto, FRAGA (1986, 1992), ROSA FILHO et. al. (1987), CELLIGOI (1994) determinam que a tipologia característica para a água presente nas rochas basálticas é bicarbonatada cálcica, relacionada com a mineralogia e natureza química dessas rochas. Os dois primeiros autores, admitem que a composição bicarbonatada sódica de algumas águas de poços neste ambiente, sugerem mistura com as águas de aquíferos subjacentes, a exemplo do aquífero Guarani e aquíferos paleozóicos.

SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA

Para o desenvolvimento do estudo avaliou-se, de acordo com o resultado da análise físico-química, o desempenho da temperatura, potencial hidrogeniônico, sólidos totais dissolvidos, bicarbonato, sílica dissolvida, cálcio, magnésio, sódio, cloretos e sulfatos. Além desses, avaliou-se também alguns dados construtivos como profundidade do poço e das entradas de água, e dados hidrodinâmicos como vazão de exploração, nível estático, nível dinâmico de exploração e capacidade específica de exploração.

Com o objetivo de avaliar as variáveis acima de forma mais consistente, procedeu-se uma filtragem, em que utilizou-se como limite máximo uma diferença de 10% para o erro teórico na diferença do balanço iônico. Em seguida, foram excluídos os registros que não possuíam os cátions maiores (cálcio, magnésio, sódio e potássio) e os ânions maiores (cloreto, sulfato e bicarbonato + carbonato) analisados. O passo seguinte foi confirmar a localização dos poços dentro da bacia hidrográfica do Piquiri, trabalhando-se, portanto, de forma georreferenciada.

A partir da seleção dos poços a serem utilizados - 61 num universo de 381 registros - procedeu-se um trabalho estatístico, definindo-se valores médios, máximos e mínimos, a mediana, assim como o desvio padrão. Os resultados obtidos podem ser conferidos nas tabelas 1 e 2.

Utilizou-se o diagrama de Piper para visualizar as classes geoquímicas, de acordo com as concentrações dos íons maiores presentes na água.

RESULTADOS OBTIDOS

Características construtivas e hidrodinâmicas

Os poços possuem profundidades inferiores a 201 metros sendo esse o valor máximo constatado. A média é de 96,56 metros e a menor profundidade constatada é de 36 metros. 57,4 % dos poços situam-se entre 50 e 100 metros com 32,8 % entre 100 e 150 metros, totalizando 90,2 % dos poços com profundidades inferiores a 150 metros.

Ocorrem de 1 a 2 entradas de água por poço, entre um mínimo de 4 e um máximo de 126 metros de profundidade. Somente seis registros mostram uma terceira entrada de água e dois registros uma quarta entrada de água.

O nível estático varia de um mínimo de 1 metro até um máximo de 57 metros, sendo o valor médio de 21,46 metros. 76% encontram-se em profundidades inferiores a 30 metros.

Para o nível dinâmico de exploração, observa-se um valor mínimo de 2,30 metros e um máximo de 106 metros, ficando a profundidade média em 39,59 metros. 64,2 % dos níveis dinâmicos de exploração são inferiores a 40 metros.

A vazão de exploração varia entre um mínimo de 1,30 até um máximo de 82 m³ / h, sendo o valor médio de 17,94 m³ / h. 71,2 % são inferiores a 20 m³ / h. Somente 5,8 % são superiores a 70 m³ / h.

A capacidade específica varia de 0,05 até um máximo de 23,08 m³ / h x m sendo que o valor médio é de 2,36 m³ / h x m. 86,3 % são inferiores a 5 m³ / h x m. O alto valor para o desvio padrão confirma a condição de anisotropia do aquífero.

Os resultados comentados acima são apresentados, em termos estatísticos, na tabela 1.

Tabela 1. Resumo estatístico dos dados construtivos e hidrodinâmicos utilizados no estudo. Prof. = profundidade; EA = entrada de água; NE = nível estático; ND exp. = nível dinâmico de exploração; Q exp = vazão de exploração; q exp = capacidade específica de exploração.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	VARIÁVEIS							
	Prof (m)	1ª EA (m)	2ª EA (m)	3ª EA (m)	q exp (m ³ / h x m)	NE (m)	ND exp (m)	Q exp (m ³ / h)
Média	96,56	40,20	61,71	60,17	2,36	21,46	39,59	17,94
Mediana	90,00	37,00	61,00	56,00	1,17	18,36	34,00	8,50
Desvio Padrão (%)	36,76	49,23	46,73		157,40	74,10	59,73	111,72
Máximo	201,00	98,00	126,00	27,00	23,08	57,00	106,00	82,00
Mínimo	36,00	4,00	18,00	119,00	0,05	1,00	2,30	1,30
n.º de amostras	61	52	28	6	51	61	53	52

Características das variáveis físico - químicas

A temperatura da água dos poços, varia de um mínimo de 18 até o máximo de 22,5 °C, com a média situando-se em 21,01 °C. O intervalo de classe de maior frequência situa-se entre 21 e 22°C.

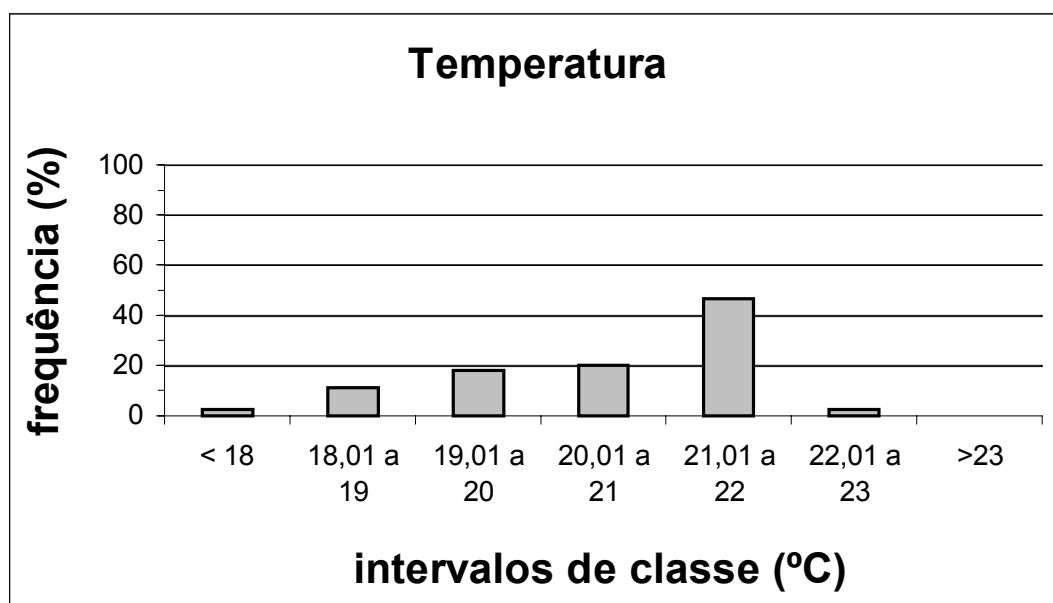


Gráfico 1. Frequência de ocorrência da temperatura conforme intervalos de classe.

O pH tem teor médio de 7,32 variando entre 6 e 9,50. O intervalo de classe de maior frequência está representado entre pH de 7 e 7,5, sendo que valores acima de 8 ocorrem em 13,1% dos poços. No caso das águas com pH acima de 8, haveria uma mistura com as águas de aquíferos subjacentes, principalmente o aquífero Guarani (ROSA FILHO et. al., 1987).

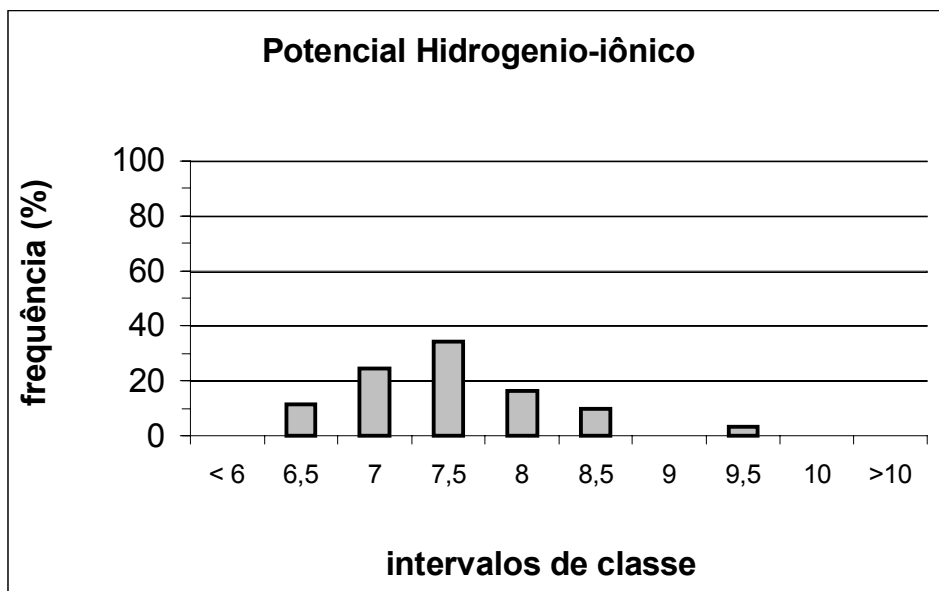


Gráfico 2. Frequência de ocorrência do pH conforme intervalos de classe.

Para os sólidos totais dissolvidos – STD, os valores variam desde 23 até 210 mg / L, com um teor médio de 103,27 mg / L. 10,2 % das amostras possuem STD superior a 150 mg / L enquanto que 47,4 % das amostras situam-se no intervalo entre 100 e 150 mg / L.

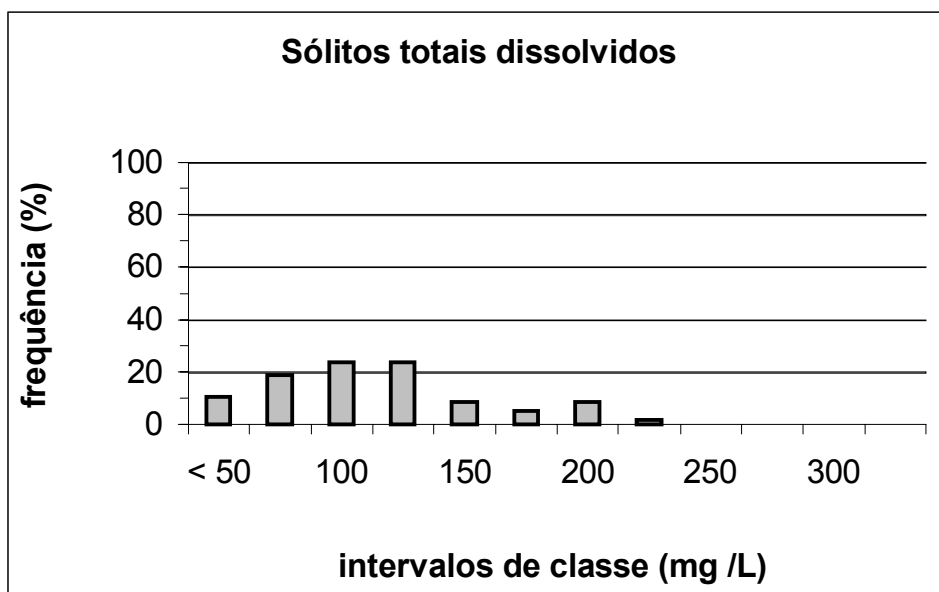


Gráfico 3. Frequência de ocorrência de STD conforme intervalos de classe.

Os teores de sílica dissolvida variam entre o mínimo de 8 e o máximo de 63 mg / L, sendo o teor médio de 25,97 mg / L. Entre os intervalos de 10 e 25 mg / L, encontram-se 62,7 % do total das amostras.

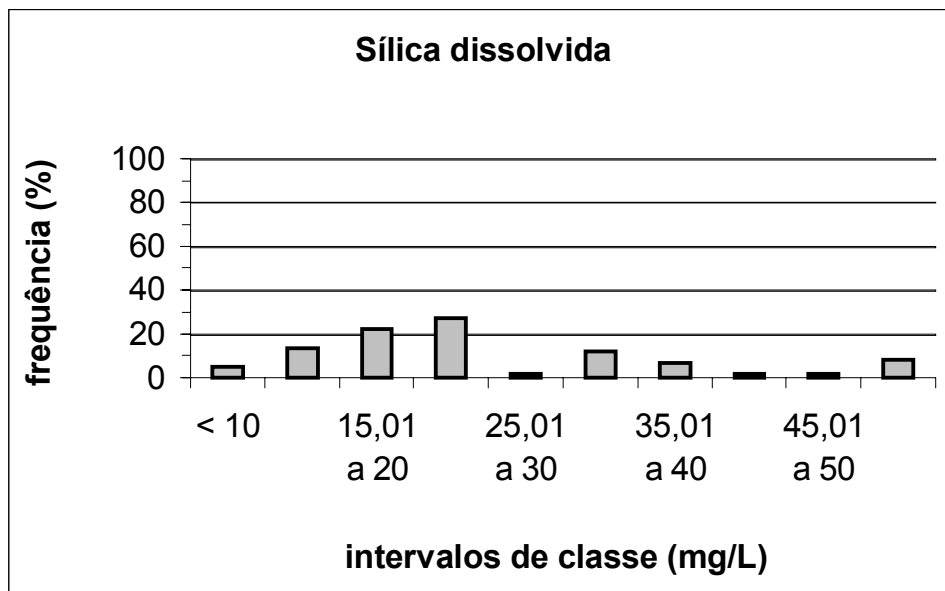


Gráfico 4. Frequência de ocorrência de sílica dissolvida conforme intervalos de classe.

O bicarbonato é o ânion mais abundante nessas águas. A concentração média é de 48,95 mg / L variando entre um mínimo de 6 e máximo de 127 mg / L. 82 % das amostras possuem concentração inferior a 75 mg / L.

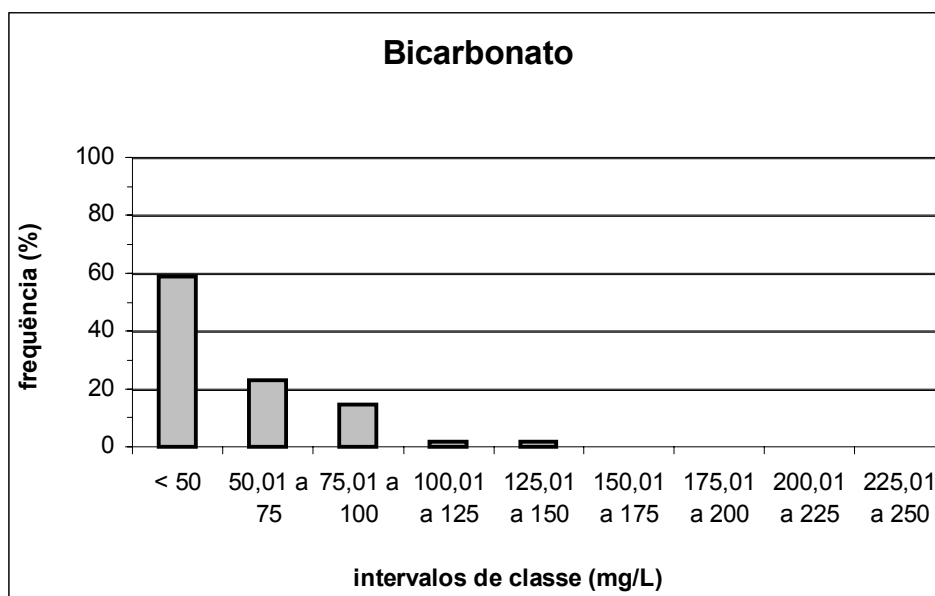


Gráfico 5. Frequência de ocorrência do bicarbonato conforme intervalos de classe.

A concentração de cloretos apresenta como teor médio 1,39 mg / L, variando de 0,01 até um máximo de 6 mg / L. 73,3 % das amostras possuem teor inferior a 1 mg / L.

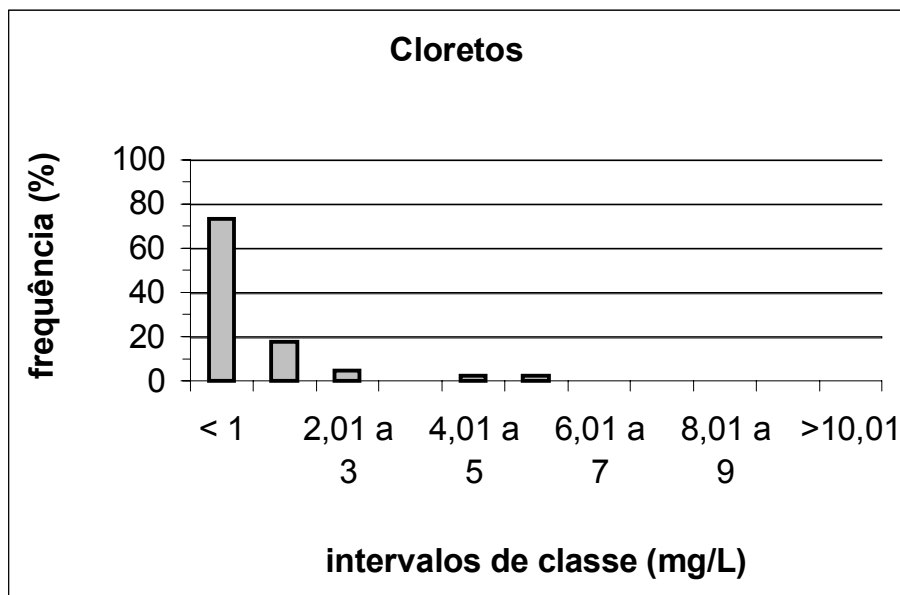


Gráfico 6. Frequência de ocorrência de cloretos conforme intervalos de classe.

O teor médio para sulfatos é de 2,47 mg / L, variando de um mínimo de 1 até um máximo de 6 mg / L. Dentre as variáveis analisadas, é representante que possui menos ocorrência. Situa-se com predomínio abaixo de 3 mg / L totalizando neste intervalo 84,1 % das amostras.

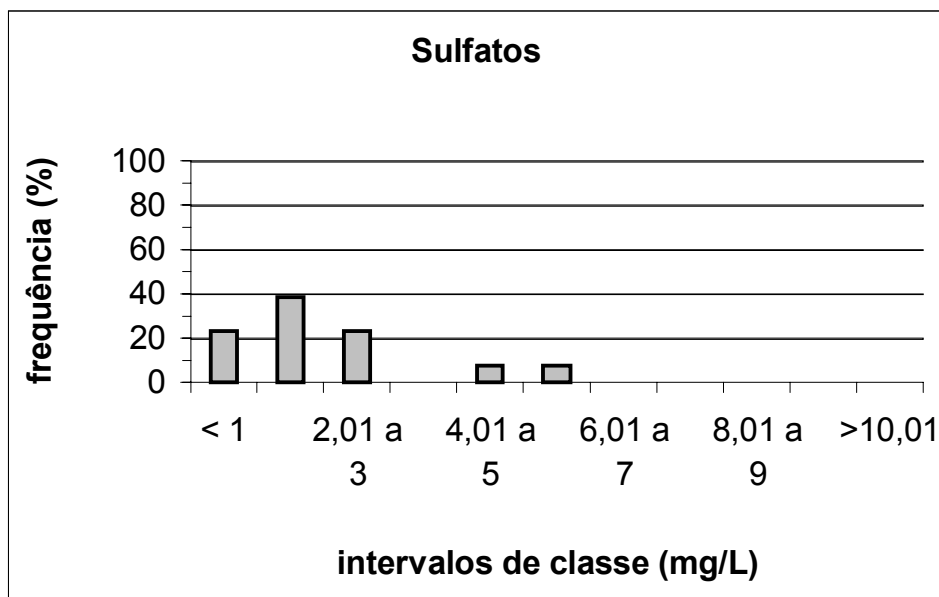


Gráfico 7. Frequência de ocorrência de sulfatos conforme intervalos de classe.

O teor médio de cálcio é 9,78 mg / L com máximo e mínimo respectivamente de 28,82 e 0,65 mg / L, sendo que 96,7% das amostras possui valores inferiores a 20 mg / L. Os intervalos de maior concentração ocorrem entre 5 e 15 mg / L totalizando 42 % das amostras.

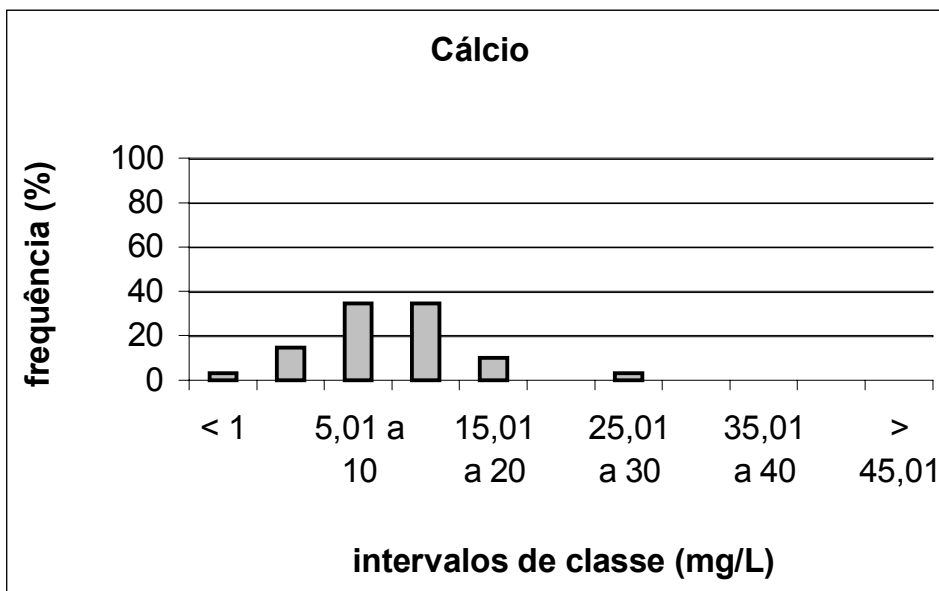


Gráfico 8. Frequência de ocorrência de cálcio conforme intervalos de classe.

Para o magnésio, a média observada é de 2,42 mg / L. Os teores variam de 0,12 a 9,65 mg / L, sendo que 93,4% dos teores das águas dos poços situam-se abaixo de 5 mg / L.

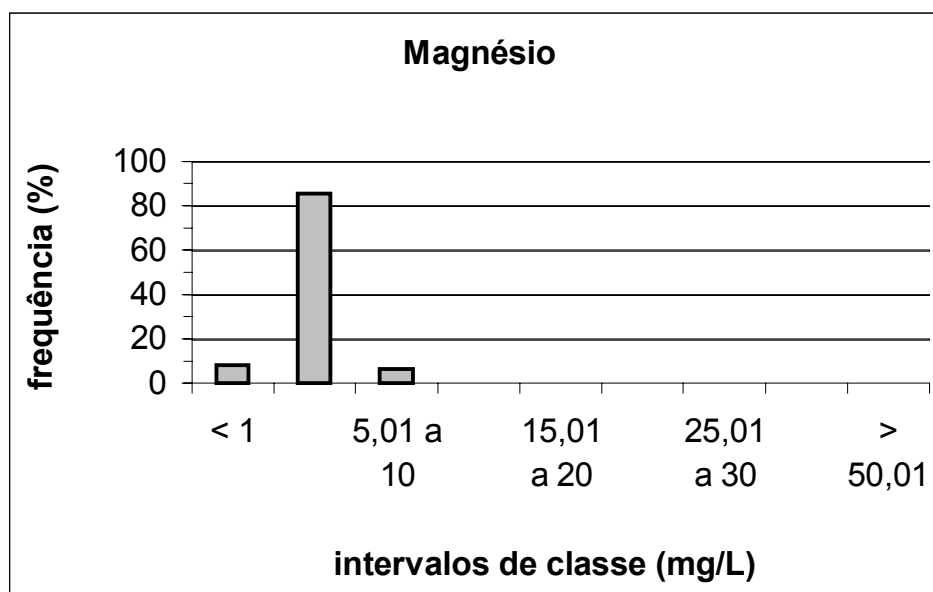


Gráfico 9. Frequência de ocorrência de magnésio conforme intervalos de classe.

Para o sódio foi identificado um teor médio de 8,49 mg / L, com 85,3% das amostras localizadas abaixo de 15 mg / L. Entre 15 e 45 mg / L ocorrem 11,5 % das amostras. Os dois teores mais elevados ocorrem no município de Jesuítas - Formosa D 'Oeste, com valores de 55,85 e 56,91 mg / L. As profundidades das entradas de água são 36 e 126 metros para o primeiro e 84 metros para o segundo poço.

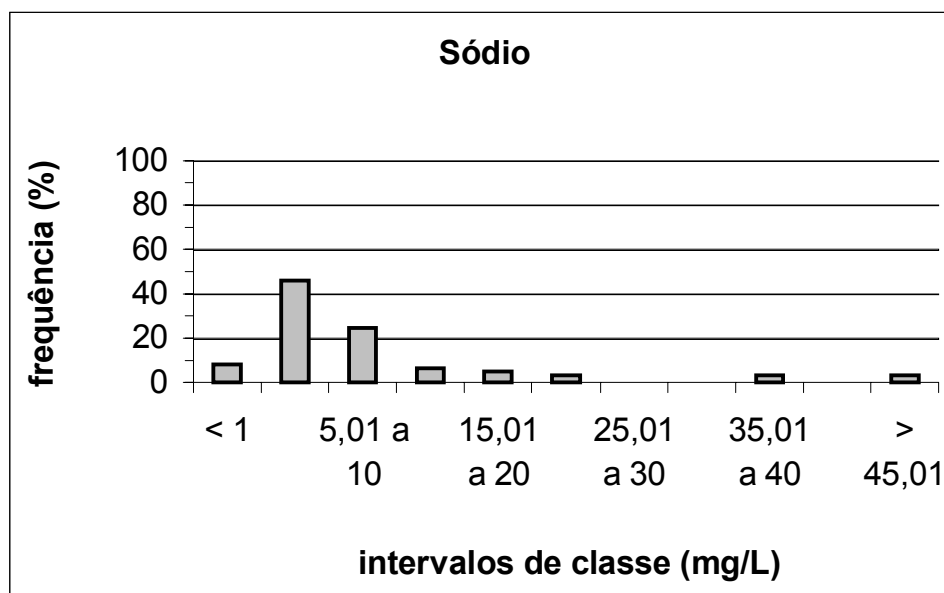


Gráfico 10. Frequência de ocorrência do sódio conforme intervalos de classe.

Os resultados obtidos por meio das análises físico – químicas, em termos estatísticos, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resumo estatístico dos dados físico químicos utilizados no estudo.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	VARIÁVEIS										
	pH	STD (mg / L)	temp (°C)	HCO ₃ ⁻ (mg / L)	Cl ⁻ (mg / L)	SO ₄ ⁻ (mg / L)	Ca ++ (mg / L)	Na + (mg / L)	K + (mg / L)	Mg ++ (mg / L)	SiO ₂ (mg / L)
Média	7,32	103,27	21,01	48,95	1,39	2,47	9,78	8,49	0,81	2,42	25,97
Mediana	7,30	99,00	21,00	45,00	1,00	2,00	9,74	4,68	0,71	2,04	23,00
Desvio Padrão	9,56	43,49	5,64	51,82	77,85	61,05	57,84	137,76	62,62	66,59	48,97
Máximo	9,50	210,00	22,50	127,00	6,00	6,00	28,82	56,91	2,95	9,65	63,00
Mínimo	6,00	23,00	18,00	6,00	0,01	1,00	0,65	0,60	0,10	0,12	8,00
n.º de amostras	61	59	45	61	45	13	61	61	61	61	59

Diagrama de Piper

Para distinção da característica hidroquímica das águas utilizou-se o diagrama de Piper (Figura 2) por permitir uma visualização geral das águas de características diferentes. Todas as amostras de água situam-se no campo das águas bicarbonatadas. A maior concentração dos pontos ocorre no campo das águas cálcicas e/ou cálcio magnesianas, algumas com tendência mista cálcio sódicas. Sete amostras situam-se no campo das águas sódicas.

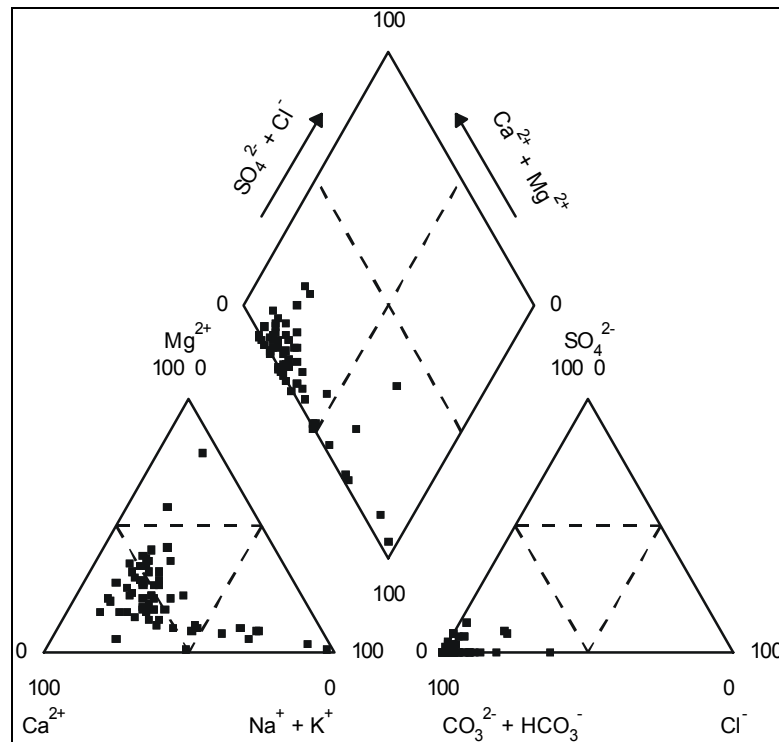


Figura 2. Diagrama Triangular de Piper para as águas de poços do Sistema Aquífero Serra Geral na bacia do rio Piquiri.

Águas bicarbonatadas cálcicas

As águas dos poços da bacia do Piquiri, têm 62,2 % (38 registros) das amostras representadas por constituição bicarbonatada cálcica.

As correlações entre as variáveis, são de maneira geral muito baixas. As melhores correlações obtidas são comentadas a seguir.

Entre STD e HCO_3^- a correlação é baixa, apresentando para STD maiores que 150 mg / L, uma dispersão maior entre os pontos, podendo ser conferida no Gráfico 11.

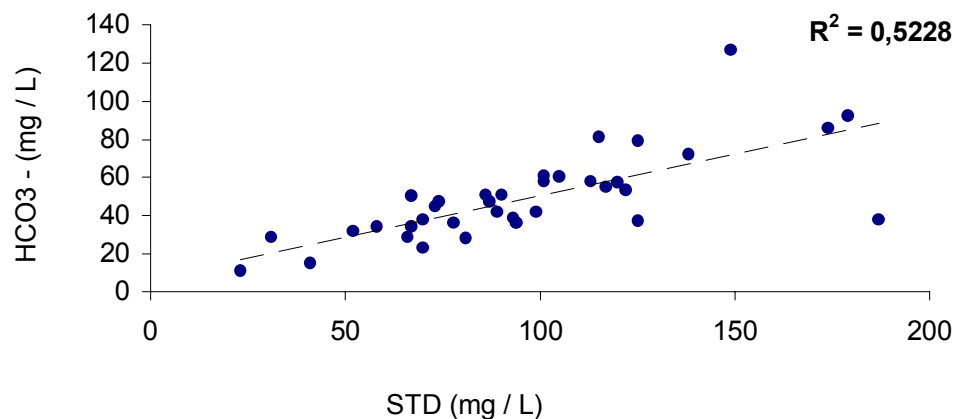


Gráfico 11. Relação entre HCO_3^- e STD para as águas bicarbonatadas cálcicas dos poços da bacia do Piquiri.

A correlação entre Ca^{++} e STD também é baixa, podendo ser conferida no Gráfico 12. Para teores de STD maiores que 150 mg / L, os pontos apresentam uma dispersão maior, o que diminui o valor da correlação. O comportamento é muito parecido com o comentado anteriormente, sinalizando que teores de STD acima de 150 mg / L podem ser manifestações algo acima do normal para as águas bicarbonatadas sódicas.

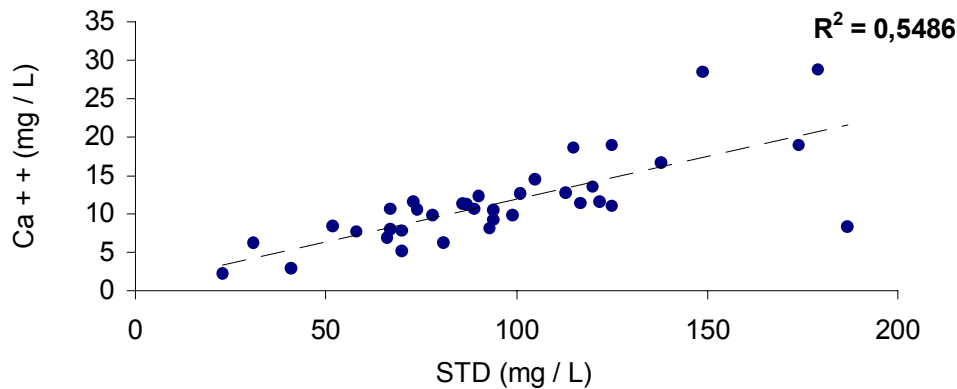


Gráfico 12. Relação entre Ca^{2+} e STD para as águas bicarbonatadas cálcicas dos poços da bacia do Piquiri.

Os teores de cloreto são sempre menores que 3 mg / L.

O Na^+ ocorre com teores maiores que 10 mg / L em 3 amostras, sendo o teor máximo de 11,8 mg / L. A correlação com o Ca^{++} , pode ser observada no Gráfico 13.

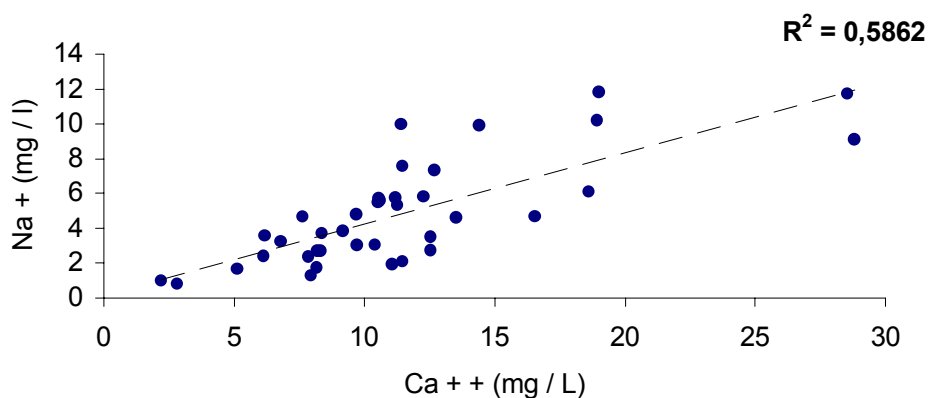


Gráfico 13. Relação entre Ca^{2+} e Na^+ para as águas bicarbonatadas cálcicas dos poços da bacia do Piquiri.

Águas bicarbonatadas cálcio sódicas e bicarbonatadas cálcio magnesianas

As águas de constituição mista, englobam sete amostras de água bicarbonatada cálcio sódica e sete amostras de água bicarbonatada cálcio magnesiana, perfazendo 22,9 % do total dos registros utilizados do BDHG.

Dez dessas amostras possuem $r \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} > r \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$.

O teor de Ca^{2+} é sempre maior que Mg^{2+} . Com respeito ao Na^{+} , o mesmo prepondera sobre o Ca^{2+} em três poços.

O teor mais alto de Sólidos Totais Dissolvidos é 158 mg / l. As correlações com o Ca^{2+} e com o Na^{+} pode ser vista no Gráfico 14. Os valores de correlação são maiores que os valores obtidos para as águas de composição bicarbonatada cálcica.

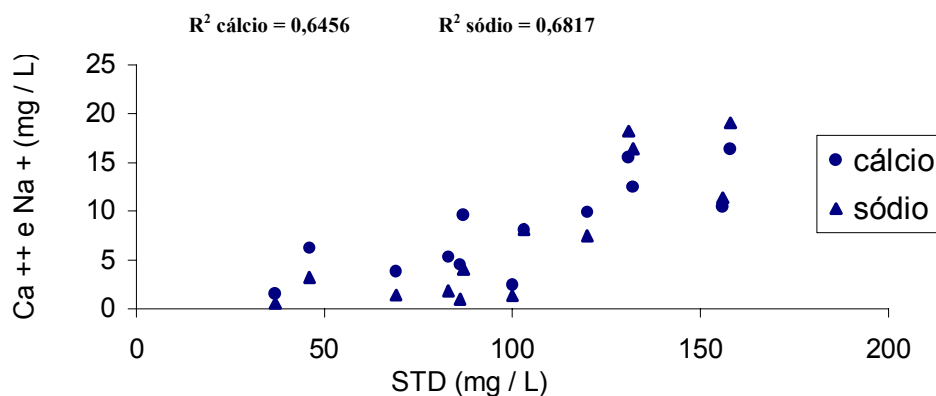


Gráfico 14. Relação entre STD com Ca^{2+} e Na^{+} .

O teor mais elevado de cloreto é 6 mg / L.

A relação entre bicarbonato com sódio e com cálcio mostra uma distinção entre a nuvem de pontos das amostras que possuem relação $r \text{Na}^{+} / \text{Ca}^{2+}$ maior que 1, pois o bicarbonato nesses casos situa-se ao redor de 80 mg / L (Gráfico 15). No restante das amostras o bicarbonato não ultrapassa os 51 mg / L.

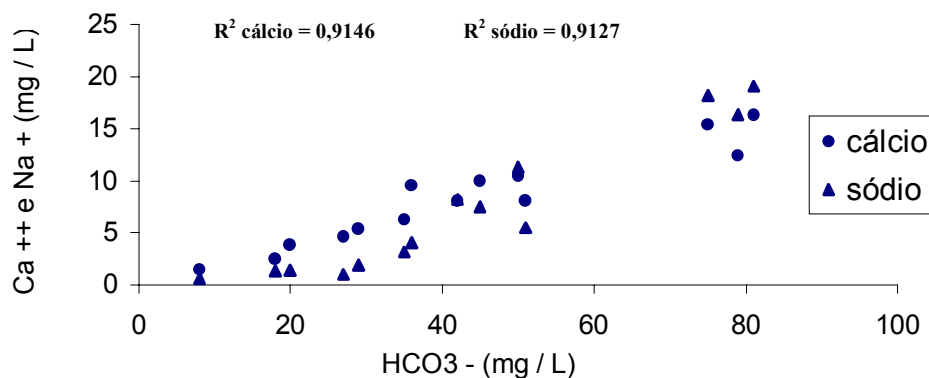


Gráfico 15. Relação entre HCO_3^- com Ca^{2+} e Na^{+} .

O sódio possui teores maiores que 10 em 4 amostras, com teor máximo atingindo 19,1 mg / L. A correlação entre Ca^{2+} e Na^{+} pode ser observada no Gráfico 16. Os valores da correlação são superiores à correlação entre Ca^{2+} e Na^{+} para as águas de composição bicarbonatada cálcica.

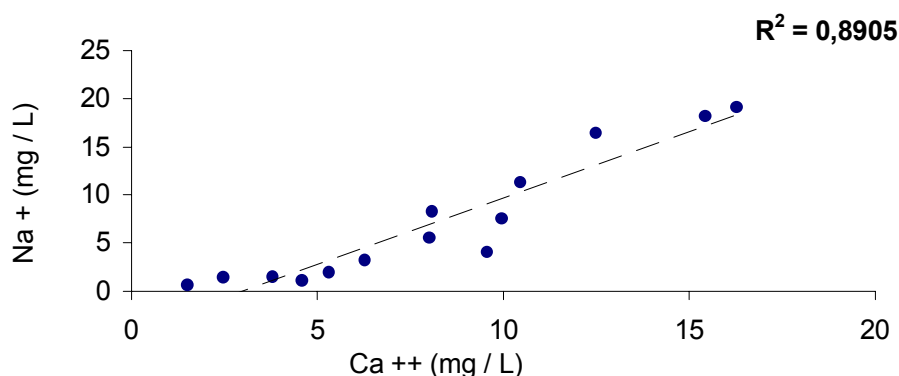


Gráfico 16. Relação entre Ca^{2+} e Na^{+} para as águas bicarbonatadas mistas dos poços da bacia do Piquiri.

Águas bicarbonatadas sódicas

As águas bicarbonatadas sódicas da bacia do Piquiri ocorrem em 7 poços, representando 11,4 % do total de amostras utilizadas.

O pH é maior que 8 em cinco dessas amostras, caracterizando águas alcalinas. Um dos poços que possui pH = 7, tem a relação $r \text{Na}^{+} / \text{Ca}^{2+}$ maior que 1, mas os teores são muito baixos, possuindo teor de 2,4 mg / L para Na^{+} e 1,04 mg / L para o Ca^{2+} . Nesse caso, STD é muito baixo, com teor de 26 mg / L. Trata-se de um poço perfurado no município de Iporã, que atingiu a profundidade de 84 metros. As entradas de água não possuem registro no BDHG.

Para o restante das amostras, a relação $r \text{Na}^{+} / \text{Ca}^{2+}$ é sempre maior que 1, com os teores de Na^{+} maiores que 20 mg / L, atingindo um máximo de 56,9 mg / L.

O teor de STD é maior que 150 mg / L em três poços, atingindo um máximo de 210 mg / L, em poço no município de Jesuítas.

Não apresenta correlação razoável entre nenhuma das variáveis analisadas.

Águas bicarbonatadas magnesianas

As águas bicarbonatadas magnesianas ocorrem em duas amostras, que representam 3,2 % do total dos registros analisados.

Um dos poços, perfurado no município de Tupãssi, possui teor 6 para pH, com as entradas de água registradas em 23 e 27 metros de profundidade. STD possui o teor de 53 mg / L, com o cátion Mg^{2+} preponderando, mas cuja concentração é somente 2,21 mg / L.

O outro poço, perfurado no município de Cafelândia, tem profundidade de 105 metros e entradas de água a 65 e 90 metros. STD possui teor de 145 mg / L, e o cátion Mg^{2+} preponderando, apresentando concentração de 4,96 mg / L.

Zoneamento hidroquímico

A distribuição das amostras utilizadas na bacia do Piquiri é razoavelmente uniforme, conforme pode ser verificado na Figura 3.

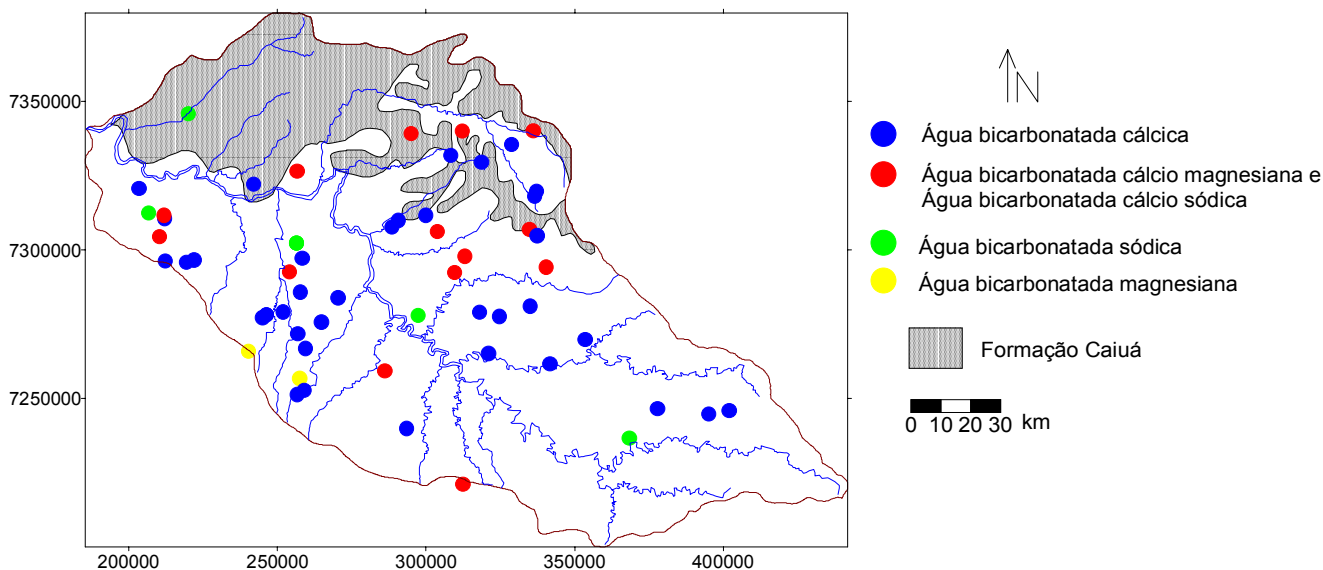


Figura 3. Distribuição das amostras na bacia do Piquiri, mostrando um zoneamento hidroquímico provavelmente refletido por estruturas de caráter regional.

Reflete uma concentração das águas bicarbonatadas magnesianas próximo ao limite com a bacia do rio Iguaçu a sul, em regiões de cotas altas, afastadas dos principais traços de elementos estruturais.

As águas bicarbonatadas sódicas assumem um posicionamento próximo à calha do rio Piquiri, possivelmente sob influência dos principais condicionamentos estruturais da área, além dos poços estarem posicionados em cotas topográficas mais baixas. Estes fatores indicam a possibilidade de interconexão hidráulica com os aquíferos inferiores.

As águas de composição mista, que englobam as bicarbonatadas cálcio sódicas e bicarbonatadas cálcio magnesianas, distribuem-se sem constituir um posicionamento definido na bacia hidrográfica, assim como os poços com águas bicarbonatadas cálcicas, esses aparentemente posicionados em localizações de cotas mais altas.

CONCLUSÕES

As águas subterrâneas captadas através de poços tubulares profundos nas rochas basálticas da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica do Piquiri – Estado do Paraná, possuem como íon predominante o bicarbonato cujo teor médio é de 48,95 mg / L. O pH médio é de 7,32 sendo a média para STD o valor de 103,27 mg / L. A média de cloretos é de 1,39 mg / L atingindo um valor máximo de 6 mg / L. O sulfato possui teor médio de 2,47 mg / L não ultrapassando o teor de 6 mg / L. O cálcio possui teor médio de 9,78 mg / L com 52,5 % das amostras abaixo de 10 mg / L e 96,7 % abaixo de 20 mg / L. O sódio possui média de 8,49 mg / L com 85,3 % das amostras abaixo de 15 mg / L. Valores incomuns de sódio foram detectados acima de 55 mg / L em dois poços no extremo oeste da bacia hidrográfica.

Foram definidos quatro classificações para as águas dos poços: 1) águas bicarbonatadas cálcicas, que ocorrem em 62,2 % das amostras, onde percebe-se que teores de STD maiores que 150 mg / L diminuem as correlações entre STD com bicarbonato e cálcio, podendo constituir-se em teores acima do normal; 2) águas bicarbonatadas cálcio sódicas e bicarbonatadas cálcio magnesianas, que contribuem com 22,9 % das amostras; 3) águas bicarbonatadas sódicas, que representam 11,4 % do total e provavelmente refletem influência de estruturas regionais por encontrarem-se próximas à calha do rio Piquiri, o que pode propiciar a mistura com águas de aquíferos inferiores; 4) águas bicarbonatadas magnesianas que representam 3,2 % do total, ocupando posição de cotas altas provavelmente sem relação com estruturas geológicas de caráter regional.

BIBLIOGRAFIA

- CELLIGOI, A. Aspectos hidrogeoquímicos da Formação Serra Geral em Londrina – PR. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBT., 8, Recife, 1994. *Anais...Recife*: ABAS. p. 425-433
- FERREIRA, F.J.F. Alinhamentos estruturais – magnéticos da região centro oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. Geologia da Bacia do Paraná. Reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. Paulipetro – Consórcio CESP/IPT, São Paulo, 1982, p. 143-166
- FERREIRA, F.J.F.; MORAES, R.A.V.; FERRARI, M.P.; VIANNA, R.B. Contribuição ao estudo do lineamento estrutural de Guapiara. In: Simpósio Regional de Geologia, 3, Curitiba, 1981. *Anais...v. 1*, Curitiba: SBG . p. 226-240
- FRAGA, C. G. Introdução ao zoneamento do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná, São Paulo, 1986. Dissertação (Mestrado), USP
- FRAGA, C. G. Origem de Fluoreto em Águas Subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná, São Paulo, 1992. Tese (Doutoramento), USP

- LEINZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, São Paulo, Geol. 5, 1949. 103p.
- REBOUÇAS, A.C. Sistema Aquífero Botucatu no Brasil. In: CONG. BRAS. AGUAS SUBT., 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife: ABAS. p. 500 - 509
- REBOUÇAS, A. C. Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da Bacia do Paraná no Brasil. In: CONG. BRAS. GEOL., 30, Recife, 1978. *Anais...*, v. 6, Recife: SBG. p. 2963-1976
- ROSA FILHO, E. F.; SALAMUNI, R.; BITTENCOURT, A. V. L. Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos no Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, n 37, 1987. p. 22-52
- RÜEGG, N. A. Aspectos geoquímicos, mineralógicos e petrográficos de rochas basálticas da Bacia do Paraná, São Paulo, 1969. Tese (Doutorado), USP
- SOARES, P.C., BARRETO, M.L.K., REDAELLI, R. Aplicação da Análise morfoestrutural em Semi-detalhe com fotos aéreas na Bacia do Paraná. In: SIMP. SUL REGIONAL GEOLOGIA,3, Curitiba, 1981. *Anais...* Curitiba: SBG.-NSP. p. 217-225
- SOARES, P.C., MATTOS, J.T., BALIEIRO, M.G., BARCELLOS, P.R., MENEZES, P.R., GUERRA, S.M.S., CSORDAS, S.M. Imagens de Radar e Landsat na Bacia do Paraná. In: SIMP. SUL REGIONAL GEOLOGIA,3, Curitiba, 1981. *Anais...* Curitiba: SBG.-NSP. p. 201-216
- VIEIRA, A.J. Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro - sul de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXVII, São Paulo, 1973. *Anais...*, v. 3, São Paulo: SBG. p. 259 - 277