

ANÁLISE DAS ÁGUAS DOS POÇOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO PIRAPÓ ATRAVÉS DOS DIAGRAMAS DE PIPER E STIFF

ANALYSIS OF THE WATERS OF WELLS SUPPLY OF THE PIRAPÓ CATCHMENT THROUGH PIPER AND STIFF DIAGRAMS

Glauco Marighella Ferreira da Silva

Graduando em Geografia. Universidade Estadual de Londrina (UEL). Bolsista PET.

André Celligoi

Geólogo. Doutor em Geociências (Recursos Minerais e Hidrogeologia). Professor Associado da Universidade Estadual de Londrina (UEL)

José Paulo Peccinini Pinese

Geólogo. Doutor em Geociências (Geoquímica e Geotectônica). Professor Associado da Universidade Estadual de Londrina (UEL)

RESUMO: O presente trabalho teve por finalidade analisar e caracterizar, através dos diagramas de Piper e Stiff, as águas provenientes dos poços de abastecimento público da bacia hidrográfica do rio Pirapó, localizada na região norte do estado do Paraná, que tem em sua área afloramentos da Formação Serra Geral, Formação Adamantina e Formação Santo Anastácio; além de apresentar pequenos depósitos quaternários em sua foz. Na região da bacia, onde residem cerca de 500 mil pessoas, utilizam-se mais de 577 m³/h de água provenientes do Aqüífero Serra Geral, contida nos fraturamentos e falhamentos da Formação Serra Geral. A partir da análise do diagrama de Piper da bacia e da análise espacial do diagrama de Stiff foi possível confirmar a caracterização química das águas como bicarbonatadas cálcicas, com exceção de uma amostra cujo resultado apontou águas cloretadas cálcicas; o que pode demonstrar a interligação do Aqüífero Serra Geral com o Aqüífero Guarani, cujas características são semelhantes em algumas regiões. A análise da tabela de dados confirma o caráter anisotrópico das águas devido à falta de continuidade dos reservatórios e a variação da composição das rochas.

Palavras-chave: Aqüífero Serra Geral; rio Pirapó; diagrama de Piper; diagrama de Stiff.

ABSTRACT: *The present work aims to make an hydrogeochemical analysis of public supply wells that draw water from the Serra Geral Aquifer in the Pirapó catchment, located in the northern region of Paraná State, which has in your area outcrops of Serra Geral, Adamantina and Santo Anastácio formations, and presenting small quaternary deposits. In this catchment residing about 500 thousand people that use over 577 m³/h water coming from Serra Geral Aquifer what is contained in fracturing and faulting of Serra Geral Formation. From the analysis of Piper and Stiff diagrams, the calcium-bicarbonate type is confirmed, except one sample with calcium-chloride. This demonstrates the interrelationship between Serra Geral and Guarani aquifers, which show characteristics similar in some regions. The analysis of the data table confirms the anisotropic character of the water due to lack of continuity of the reservoirs and the change in composition of the rocks.*

Keywords: *Serra Geral Aquifer, Pirapó River, Piper diagram, Stiff diagram.*

INTRODUÇÃO

O estudo das águas subterrâneas é de suma importância para o abastecimento hídrico da população. O Aqüífero Serra Geral corresponde à Formação Serra Geral, a qual abrange, no Paraná, o Terceiro Planalto Paranaense. Com mais de 5900 poços, é a principal fonte de captação de água subterrânea no Terceiro Planalto.

As águas subterrâneas podem servir para fins de consumo humano e animal, irrigação, industrial, hotéis e fins comerciais. A caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas é essencial para estudar as restrições de seu uso, como quanto ao consumo humano.

Assim, pretende-se caracterizar hidrogeologicamente as águas subterrâneas da bacia do Rio Pirapó, utilizando o cadastro de poços da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) que exploram a potencialidade hídrica do Aquífero Serra Geral na região, produzindo tabelas e gerando o diagrama de Piper e o diagrama de Stiff. Assim, a partir da análise dos dados, espacializar as informações na forma de representações cartográficas da área de estudo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Bacia do rio Pirapó localiza-se no Norte Novo paranaense (**figura 1**), entre as coordenadas UTM 383073 W, 7507646 N e 459553 W, 7388130 N. O clima, segundo Koppen, é Cfa: clima subtropical, com verão quente. As temperaturas são superiores a 22° C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (EMBRAPA, 2011).

A bacia Pirapó é composta por dois rios principais, o rio Pirapó, que dá o nome a bacia, e o Ribeirão Bandeirante do Norte, com área de 5.152 km². Tal bacia hidrográfica é formada a partir de processos exógenos e endógenos de esculturação do relevo. Assim, as águas passam a convergir do ponto mais alto para o mais baixo, em direção ao fundo de vale, onde podem se configurar rios perenes, como o rio da bacia em estudo e o seu afluente principal, o ribeirão Bandeirante do Norte, que são abastecidos por rios menores e configuram assim a área da bacia. O rio Pirapó deságua no rio Paranapanema, o qual faz a parte da divisa do Norte do Paraná com o Estado de São Paulo.

No que tange suas características históricas, nota-se que a colonização efetiva da área se deu a partir da década de 1940, por iniciativa da Companhia de Terras Norte do Paraná, que expandiu a rede ferroviária pela região.

A região produz soja, trigo, milho e cana de açúcar, com a maioria da produção voltada para o comércio exterior. As propriedades com cerca de 1000 hectares são as predominantes. A vocação agrária do estado é muito bem representada na área da bacia, com grande volume de safras.

Dentro da bacia está localizada uma cidade de importância regional, Maringá, que está classificada como Capital Regional A (IBGE, 2007) com cerca de 350 mil

habitantes. No município também se localiza dois poço de abastecimento público, que geram 112,43 m³/h voltados para o abastecimento da população.

No total, cerca de 500 mil pessoas vivem nas cidades que a bacia abarca, e juntas, possuem a sua disposição uma produção de 577,41 m³/h de água para consumo advindas do Aquifero Serra Geral.

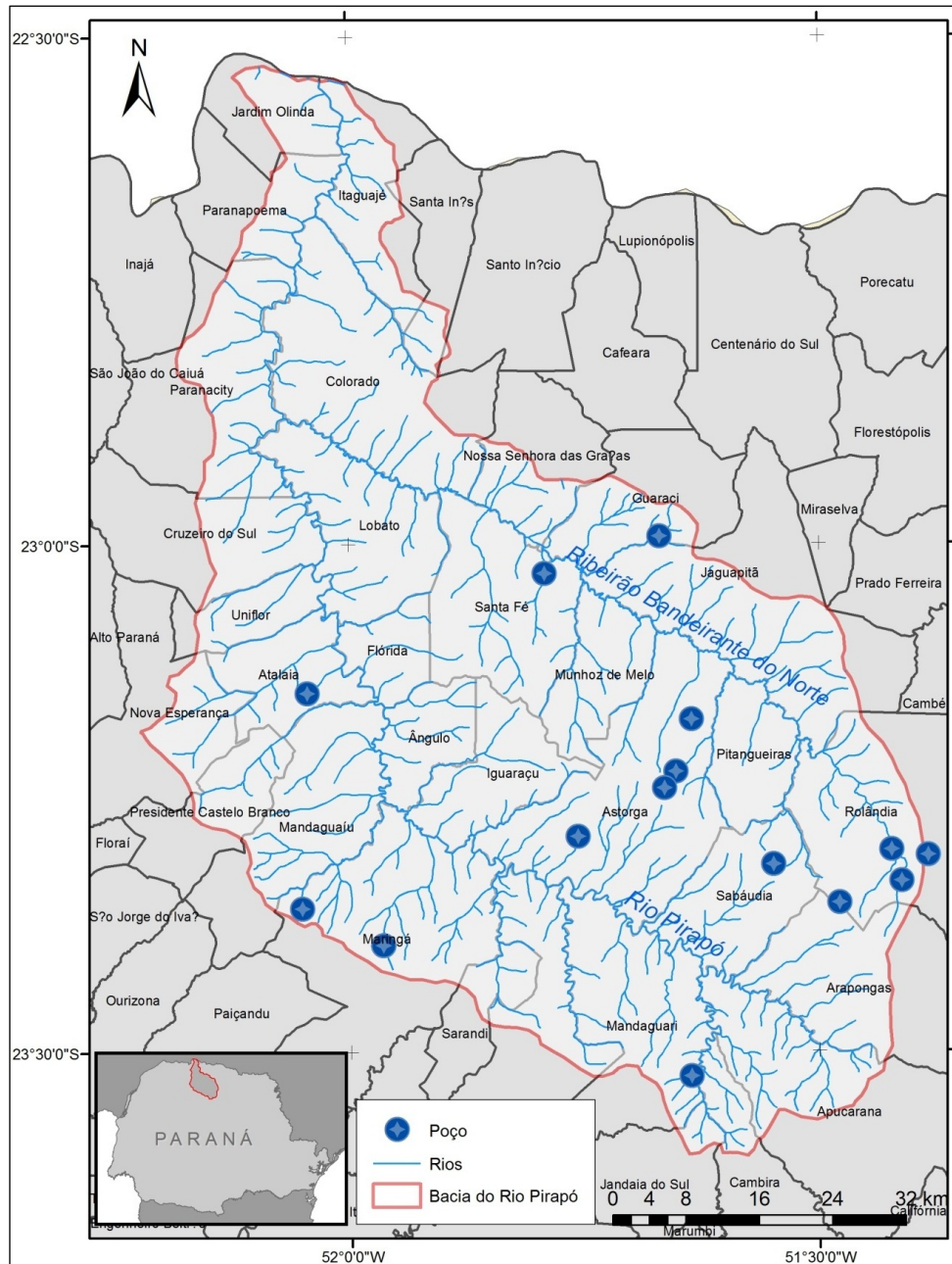


Figura 1 - Localização dos poços da SANEPAR na bacia hidrográfica do rio Pirapó.

Os poços estão distribuídos por nove municípios: Arapongas (1), Astorga (4), Atalaia (1), Guaraci (1), Mandaguari (1), Maringá (2), Rolândia (3), Sabáudia (1) e Santa Fé

(1). Todos localizam-se no alto e médio curso, tanto do ribeirão Bandeirante, quanto do rio Pirapó (**figura 1**).

O volume de vazão dos poços varia de 10 m³/h (Arapongas, poço P-1201), até 68,45 m³/h (Maringá, poço P-1209). A média de vazão encontrada na bacia é de 38,49 m³/h. O grande volume de vazão são indícios de estudos geológicos e morfológicos na área, que possibilitam o melhor aproveitamento das águas subterrâneas, principalmente quando se trata de abastecimento público em que são necessários grandes volumes.

Por assinalar-se como área de contato entre diversas formações diferentes, a bacia é emblemática no estudo de conectividade entre os diversos aquíferos que compõem a área de estudo. A diferenciação de tipos distintos de água é possível a partir da construção do diagrama de Piper, que demonstra os principais componentes da mesma, que são diretamente influenciadas pela composição das rochas em que estão contidas.

Toda a área da bacia está contida no Terceiro Planalto Paranaense e a litologia superficial do Terceiro Planalto Paranaense é composta principalmente por derrames basálticos (**figura 2**). Tem como característica básica um alto grau de fraturamento devido tanto à ação geológica quanto a própria estruturação mineral das rochas. Sendo assim, as águas do Aquífero Serra Geral são encontradas nos fraturamentos das suítes vulcânicas, sem necessariamente ter continuidade espacial, gerando propriedades anisotrópicas nas águas. Apesar de haver um comportamento misto, pode ser considerado como aquífero livre, por não ser necessariamente encontrado em confinamento.

Segundo Celligoi (1993), as melhores vazões são encontradas nos fraturamentos E-W, sendo, então, mais vantajoso perfurar o mais próximo possível dos mesmos. Entretanto, quando se fala de propriedades particulares, há restrição quanto à implantação, pois a mesma torna-se limitada em virtude das dimensões das propriedades existentes. Entretanto, para o abastecimento público, o estudo é essencial para que se obtenha vazão suficiente para atender o seu objetivo.

Além da Formação Serra Geral também ocorre as formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, presentes na área da bacia (**figura 2**). A Formação Caiuá caracteriza-se por arenitos de granulação média a fina, intercalados por siltitos e lâminas de argilitos, com estruturas sedimentares bem evidentes, tais como: horizontal, maciça, cruzada, micro cruzada e convoluta (ARID *et al.*, 1981).

Por ser arenito superficial sem confinamento, são aquíferos livres, com alta permeabilidade e maior homogeneidade em sua composição química. Tal fato pode gerar problemas de contaminação, já que se encontra exposto à rápida infiltração de líquidos potencialmente prejudiciais, como também pode ser afetado pela infiltração da água de

esgoto e da chuva, que pode carregar tanto adubos quanto agrotóxicos, comprometendo sua integridade.

Tanto a Formação Santo Anastácio quanto a Formação Adamantina, caracterizam-se como arenitos com pequenas áreas de afloramento no Paraná. Apesar de representar menos de 1% da superfície do Estado, ambas estão presentes na bacia em estudo (**figura 2**).

A Formação Santo Anastácio é constituída de arenitos finos a muito finos, quartzosos, caracteristicamente maciços. São pobremente selecionados, com pequena quantidade de matriz silto-argilosa. Apresenta contatos transicionais com as Formações Rio Paraná e Adamantina. Já a Formação Adamantina é formada por arenito fino a muito fino, alternado por bancos de lamitos e siltitos (CELLIGOI & DUARTE, 2002). Assim como a Formação Caiuá, também é fortemente susceptível a contaminação; e por isso, onde é possível, prefere-se a exploração da água do Serra Geral.

A litologia tem importante papel no tocante ao tipo de elemento químico dissolvido na água, pois a água, por ser um solvente muito ativo, dissolve as rochas e faz com que os minerais e íons sejam encontrados em sua composição química. Apesar dos poços em estudo serem todos perfurados na Formação Serra Geral, a proximidade de outras formações e até mesmo a variação da composição da rocha basáltica da Formação Serra Geral podem gerar águas com teores de íons e minerais totalmente diferentes, apesar da relativa proximidade entre os pontos.

Observa-se que dez poços estão perfurados diretamente sobre a Formação Serra Geral (P-1202, P-1204, P-1205, P-1208, P-1209, P-1210, P-1211, P-1212, P-1213 e P-1215). Outros quatro localizam-se sobre a Formação Santo Anastácio (P-1201, P-1203, P-1207 e P-1214); já, na Formação Caiuá é encontrado apenas um poço (P-1206).

Quanto aos íons e minerais liberados, as águas do Aqüífero Serra Geral são identificadas predominantemente como águas bicarbonatadas cálcicas, mas também podem ser constatadas tendências para águas bicarbonatadas cálcio-sódicas a cálcio-magnesianas e bicarbonatadas sódicas (PORTELA-FILHO *et al.*, 2005). Isso demonstra o caráter variável da água nesse aqüífero.

As formações do Grupo Caiuá apresentam águas com teores salinos muito baixos, bicarbonatadas cálcio-magnesianas e potencialmente corrosivas. Isso se deve a relativa densidade de vegetação nas áreas de recarga, por meio da dissociação iônica do ácido carbônico, o qual é formado com a produção de CO₂ atmosférico e do solo, bem como pela hidrólise dos minerais cálcio-silicáticos (CELLIGOI & DUARTE, 2002).

O Aquífero Guarani também está presente na região e encontra-se confinado a mais de 600 metros por basaltos da Formação Serra Geral. As suas águas são sulfatadas ou cloretadas, com teores de sólidos totais dissolvidos (STD) acima de 1.000 mg/L e com predominância do íon sódio sobre o cálcio e o magnésio (BITTENCOURT, 2008).

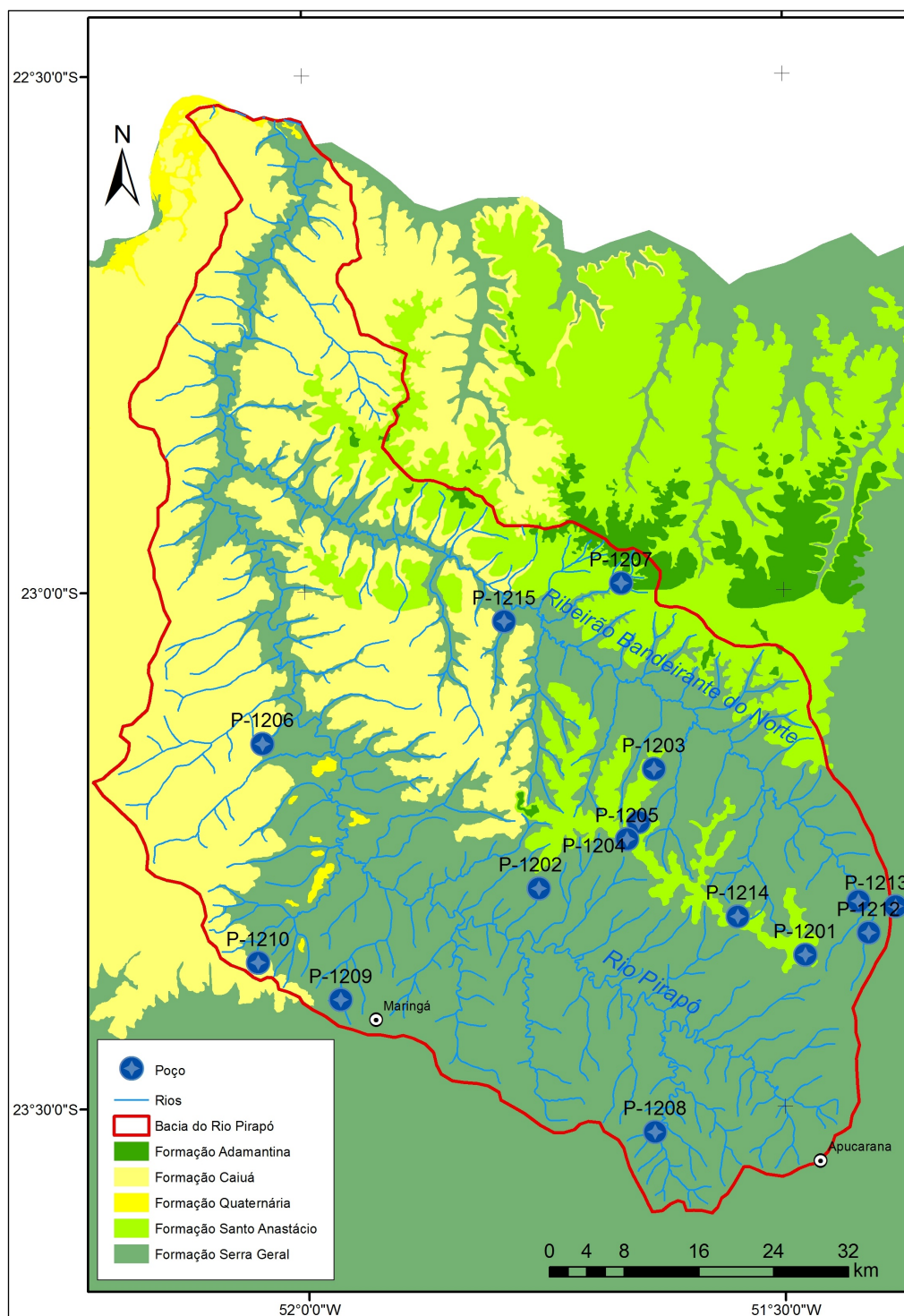


Figura 2 - Mapa geológico simplificado com os poços plotados na bacia do rio Pirapó.

METODOLOGIA

A partir dos dados cedidos pela SANEPAR, foram confeccionados mapas relativos à área de estudo. Para a confecção foi utilizado o programa *ArcGIS 10* que a partir de uma série de bases cartográficas sobrepostas foram montados os mapas que integram o trabalho.

Com os dados fornecidos, confeccionaram-se os diagramas de Piper, a partir das concentrações de HCO_3^- , CO_3^- , Cl^- , SO_4^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ para interpretação dos dados, fornecendo o caráter geral da água (**figura 3**). Desta forma, é possível caracterizá-la a partir da observação do diagrama, como o exemplo abaixo a partir da localização do poço no mesmo. O programa utilizado para a construção do diagrama foi o *RockWorks 14*.

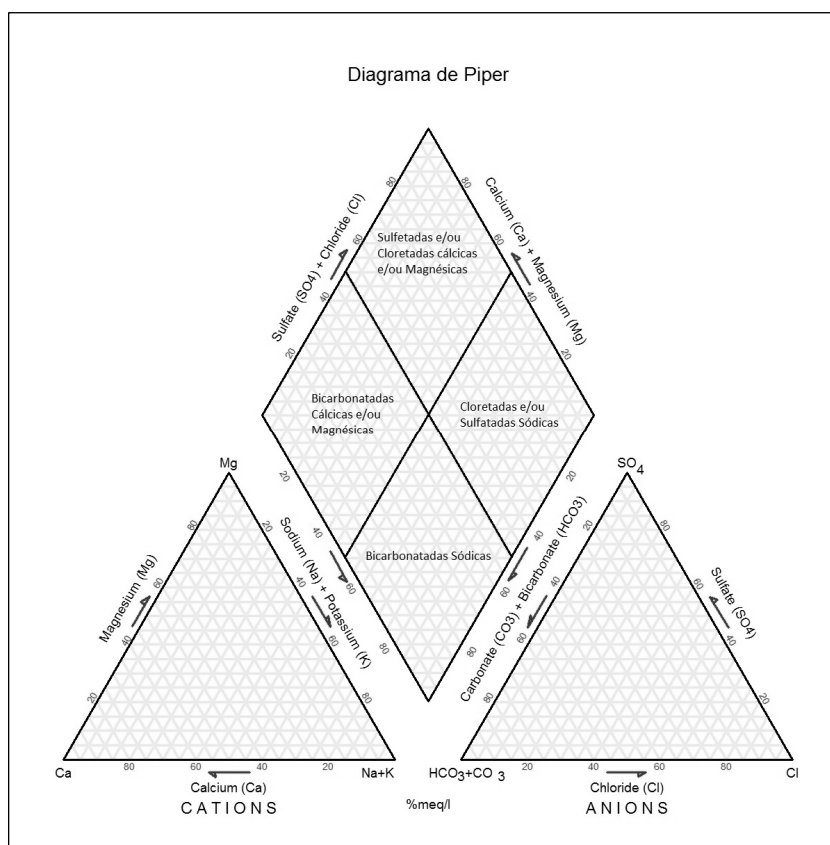


Figura 3 - Esquema de um diagrama de Piper.

Com o mesmo programa, se produziu o diagrama de Stiff. Este diagrama representa graficamente o resultado da análise química da água, gerando na imagem no lado direito a concentração de ânions Cl^- , HCO_3^- e SO_4^{2-} e do lado esquerdo a concentração de cátions $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} e Mg^{2+} , gerando uma interpretação visual dos dados. Esses dados

são apresentados em três retas paralelas cortadas por uma normal, onde se encontra o valor zero. A partir dali é construído um polígono representando as características iônicas da água (**figura 4**).

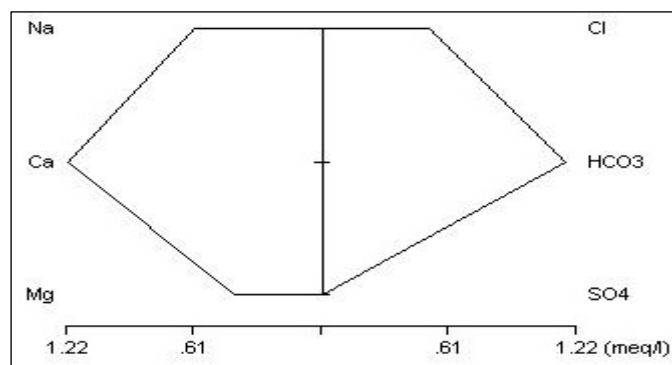


Figura 4 - Esquema de diagrama de Stiff.

Após as confecções e a partir de uma revisão bibliográfica sobre as formações geológicas da área de estudo, junto às características do aquífero e trabalhos complementares sobre águas subterrâneas, foi possível analisar os resultados obtidos nos mapas e diagramas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise do diagrama de Piper, podemos notar que as águas de 13 poços dos 15 em estudo são consideradas como bicarbonatadas cálcicas e uma bicarbonatada sódica (**figura 5**), conforme a característica geral do Aquífero Serra Geral, devido à composição basáltica da formação do mesmo nome em que está contida. O poço P-1206, localizado próximo à maior extensão da Formação Caiuá, foi quem mais destoou da classificação, sendo considerada água cloretada cálcica. Isso pode ser indício de conectividade entre o Aquífero Serra Geral e o Aquífero Guarani, pois, apesar do poço explorar as águas do Serra Geral, a característica encontrada nos remete às águas do outro aquífero Guarani (BITTENCOURT, 2008). O alto teor de cloro também pode nos remeter a outra questão. O Cloro normalmente é encontrado devido à presença de águas marinhas ou depósitos de sal, mas como isso é improvável na região, pode-se caracterizar despejo de material químico por indústrias (CELLIGOI, 2009).

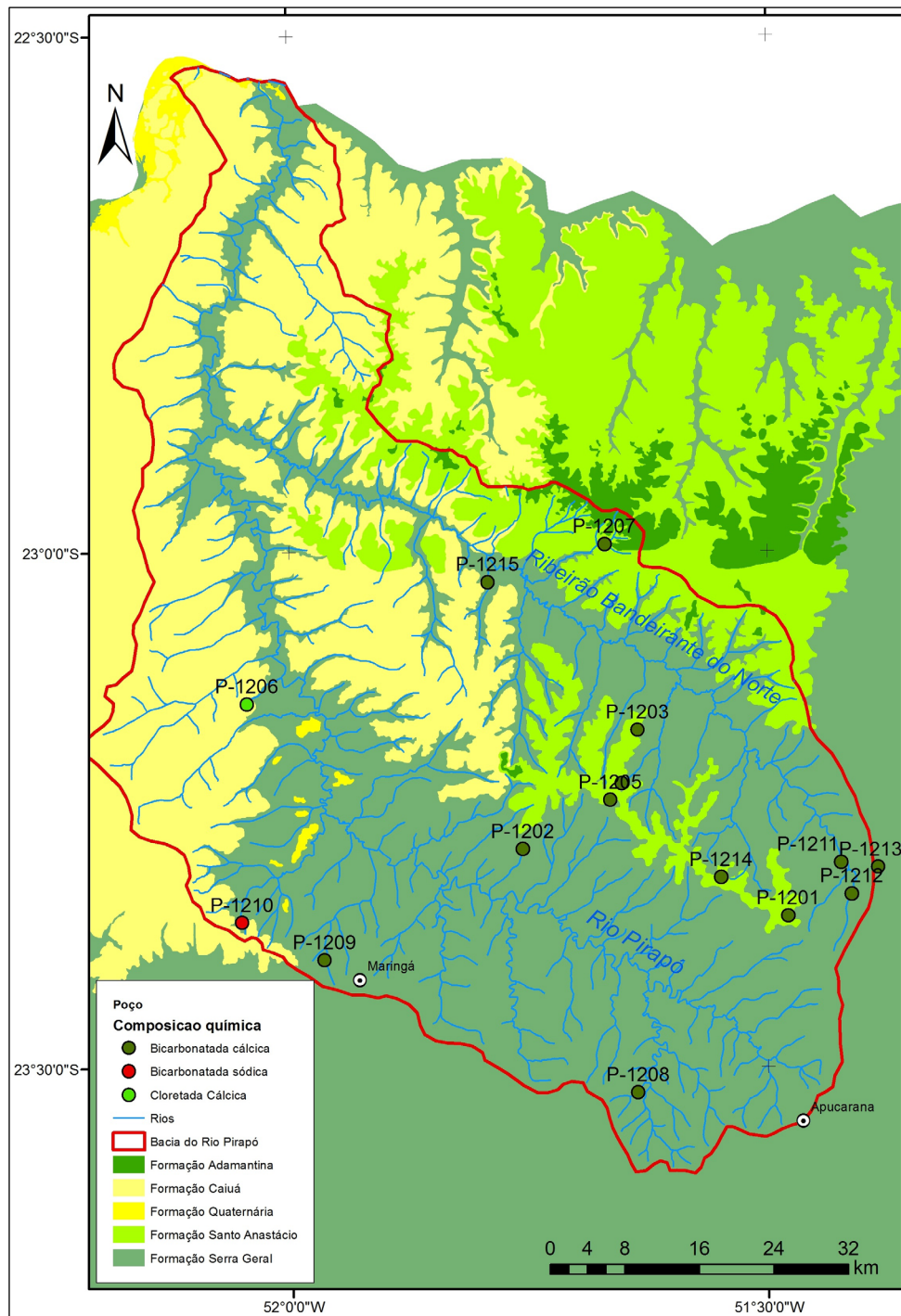


Figura 5 - Composição química da água dos poços da bacia do rio Pirapó.

Interpreta-se que, apesar de se ter 5 poços perfurados nos afloramentos da Formação Santo Anastácio, Adamantina e Caiuá, os mesmos não recebem recargas diretas destas litologias, pois mantêm a característica bicarbonatada cálcica do Serra Geral (com exceção do P-1206).

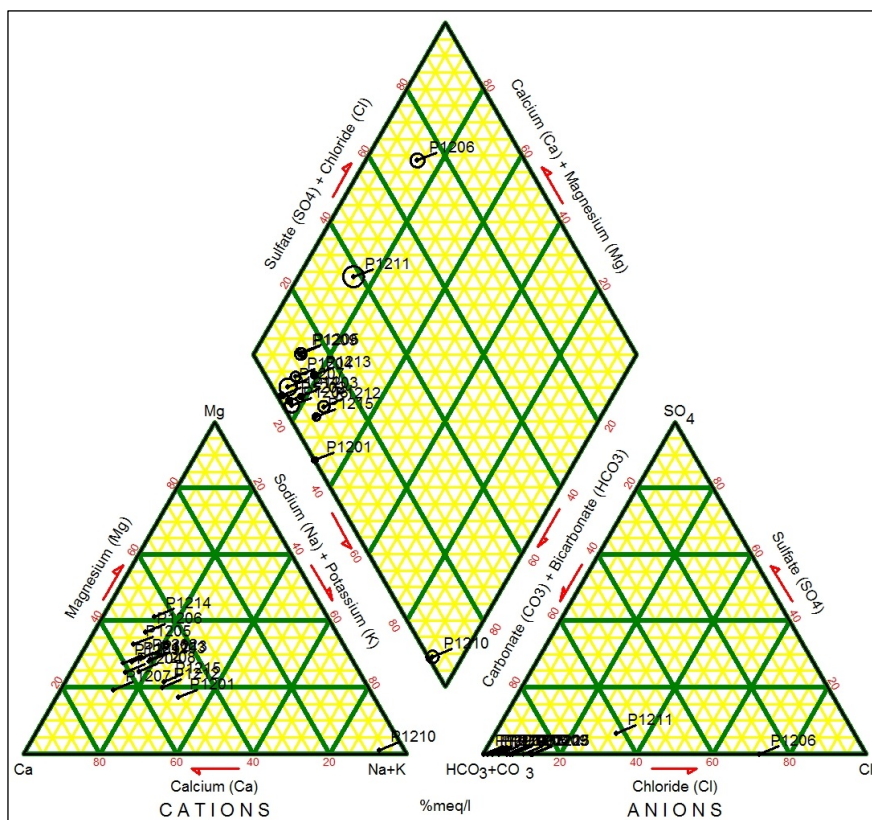


Figura 6 - Diagrama de Piper dos poços de abastecimento público da bacia do rio Pirapó.

Para o consumo humano, as águas não apresentam restrições quanto aos elementos em análise. Quanto ao consumo industrial podem apresentar restrições devido, principalmente, à composição cálcica e magnesiânica, que podem criar crostas ou entupir tubulações, se a dureza for relativamente alta.

Na análise do Diagrama de Stiff (**figura 7**), podemos verificar que existe a predominância do ânion bicarbonato nas amostras. Com exceção da amostra P-1206, o elemento em maior quantidade é o HCO_3^- , que dá o caráter bicarbonatado às águas do Aquífero Serra Geral.

A maior quantidade de bicarbonato é encontrada no poço perfurado no afloramento da Formação Adamantina, mas como já discutido anteriormente, essa característica é própria da Formação Serra Geral, o que nos leva a concluir que não existe conexão direta nesse ponto da formação arenítica com os fraturamentos da formação basáltica.

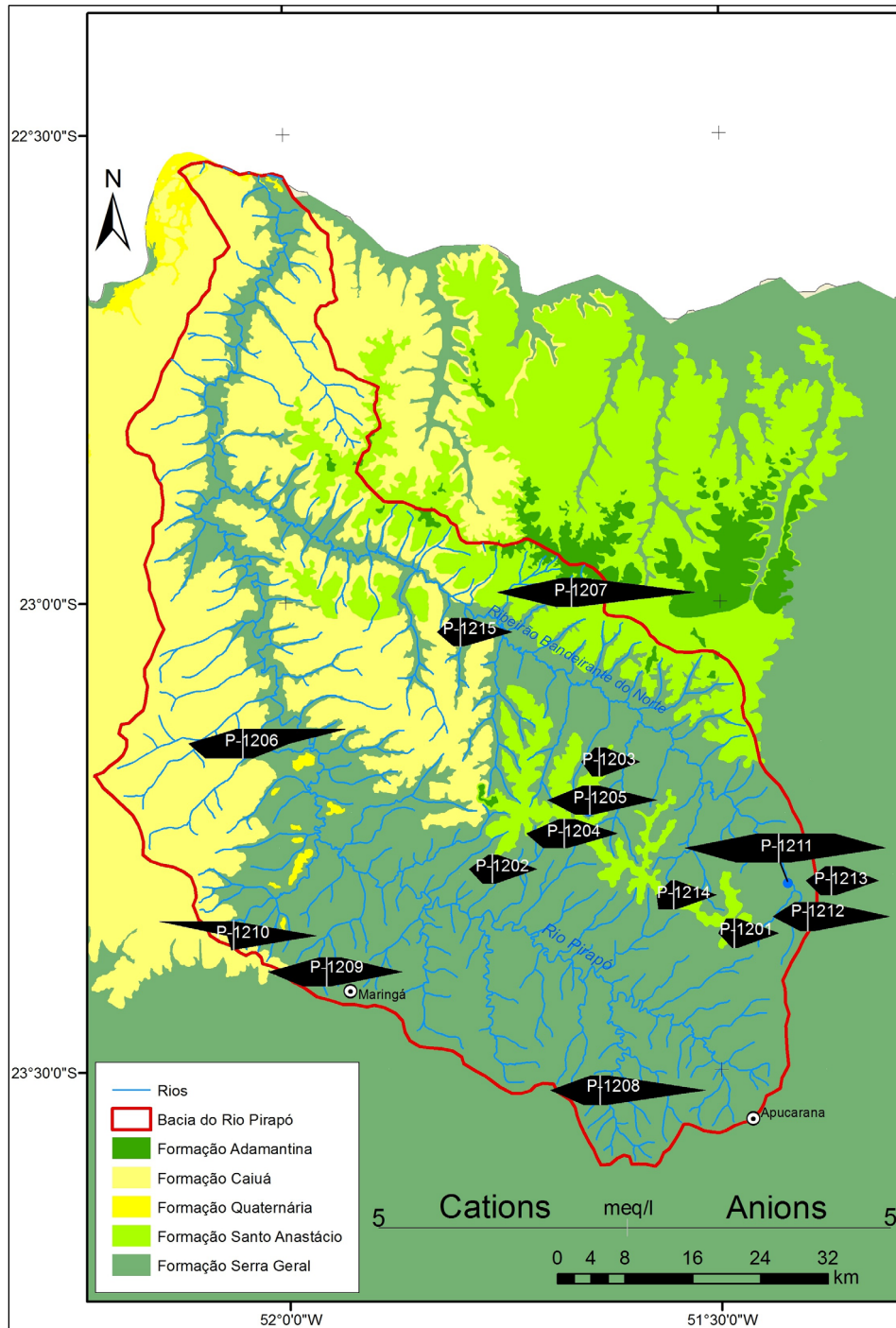


Figura 7 - Diagramas de Stiff dos poços da bacia do rio Pirapó.

A descontinuidade do aquífero pode ser notada na relação entre os poços P-1211, P-1212 e P-1213. Apesar da proximidade geográfica, os mesmos não apresentam as mesmas características, o que é um indício de que são alimentados por diferentes fraturamentos e que as rochas constituintes possuem variação química. Enquanto poço P-1213 apresenta apenas 58,56 mg/L de HCO_3 , o P-1211 contém 144,94 mg/L e o P-1212

103,99 mg/L. Essa variação ocorre em menos 4 km, entre os poços de maior e de menor quantidade de HCO₃ citados.

A baixa concentração de cloretos em 13 poços (com exceção do P-1206 já citado anteriormente e o P-1211, locado em Rolândia) demonstra a integridade do aquífero, pois o mesmo não apresenta em grandes quantidades desse elemento. Os teores de fosfato também é indicador essencial no que diz respeito à infiltração de fertilizantes no solo. Os mesmos são encontrados em baixos valores nas amostras (**quadro 1**).

Não é possível encontrar um padrão espacial na composição química da bacia em análise, comprovando assim, sua característica anisotrópica, entretanto podemos notar que existe uma base para os elementos químicos contidos em todas as amostras. Existe a predominância de bicarbonato, seguido de cálcio e magnésio.

Com a análise do **quadro 1**, podemos observar alguns valores que se destacam. A maior concentração de bicarbonato (163,33 mg/L) ocorre em Guaraci (P-1207), com quase o dobro da média (88,22 mg/L). O poço de Atalaia (P-1206) contém 74,65 mg/L de Cl, sete vezes maior que a média dos outros poços (10,77 mg/L). O cálcio tem o teor de 44,55 mg/L em P-1211, o dobro da média (19,86 mg/L). Em relação ao magnésio, que tem a média de 5,28 mg/L, o poço P-1206 contém 13,39 mg/L. Quanto ao sódio a maior concentração está presente em P-1210, com 38,30 mg/L, quatro vezes maior que a média (8,48 mg/L). O potássio é mais presente em P-1206, com 4,5 mg/L, quatro vezes maior que a média (1,27 mg/L).

ID-Poço	Município	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K
P-1201	Arapongas	55,79	0,00	0,06	< 1,00	9,15	1,85	6,13	0,71
P-1202	Astorga	57,20	0,00	0,83	< 1,00	12,72	4,03	3,85	0,80
P-1203	Astorga	51,87	0,00	1,98	< 1,00	9,76	3,09	3,42	0,85
P-1204	Astorga	88,67	0,00	4,30	< 1,00	21,38	5,25	4,78	1,64
P-1205	Astorga	70,04	0,00	6,06	< 1,00	19,12	7,00	4,01	1,57
P-1206	Atalaia	49,75	0,00	74,65	< 1,00	29,89	13,39	6,70	4,50
P-1207	Guaraci	163,33	0,00	4,14	< 1,00	37,75	6,64	7,38	2,76
P-1208	Mandaguari	136,75	0,00	1,98	< 1,00	26,32	6,93	8,94	0,61
P-1209	Maringá	99,24	0,00	8,26	< 1,00	28,96	7,97	6,09	1,11
P-1210	Maringá	117,64	0,00	0,88	< 1,00	2,39	0,27	38,30	0,46
P-1211	Rolândia	144,94	0,00	42,89	11,50	44,55	12,98	12,32	0,66
P-1212	Rolândia	103,99	0,00	7,12	< 1,00	19,85	4,50	10,90	0,32
P-1213	Rolândia	58,56	0,00	5,02	< 1,00	14,30	4,69	5,59	0,56
P-1214	Sabáudia	57,33	0,00	0,44	< 1,00	8,87	4,94	2,34	1,22
P-1215	Santa Fé	68,14	0,00	3,00	< 1,00	12,84	3,23	6,50	1,24

Quadro 1 - Resultados analíticos das amostras de água.

CONCLUSÕES

Os elementos químicos analisados nas amostras demonstram que a integridade da maioria dos poços não está comprometida em relação a esses elementos, apesar do poço P-1206 encontrar fortes alterações, que podem ser devido à interação dos aquíferos Serra Geral e Guarani, estando o cloreto, principal íon alterado, dentro dos padrões estabelecidos pela portaria do MS nº 518/2004 (BRASIL, 2005), a qual estabelece como máximo aceitável 250 mg/L.

O poço P-1206 também pode ser considerado evidência da inter-relação dos aquíferos na região, necessitando um estudo específico para que se comprove a interpretação.

Apesar da perfuração em litologias aflorantes distintas, as águas dos poços não apresentam, aparentemente, conectividade com os mesmos, mantendo as características do Aquífero Serra Geral, bicarbonatadas cálcicas a mistas.

A distribuição do diagrama de Stiff no mapa demonstra a característica anisotrópica do aquífero onde, em pequenas distâncias, as variações químicas podem ser relativamente significativas.

REFERÊNCIAS

- ARID, F. M.; BARCHA, S. F.; MEZZALIRA, S. Contribuição ao estudo da Formação Caiuá. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 2 (1), p. 5-20, 1981.
- BITTENCOURT, A. **Estudo sobre a tipologia das águas e distribuição espacial do Sistema Aquífero Guarani no extremo oeste do estado do Paraná**. 80 p. Dissertação (mestrado) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008.
- BRASIL. Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, Brasília: Ministério da Saúde, 2005.
- CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 91-97, jan./jun. 1999.
- CELLIGOI, A. **Recursos hídricos subterrâneos da Formação Serra Geral em Londrina (PR)**. 83 p. Dissertação (mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993.
- CELLIGOI, A; DUARTE, U. Hidrogeoquímica do Aquífero Caiuá do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 51, p. 19-32, 2002.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). Cadastro de poços profundos. Acervo interno.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRONÔMICA (EMBRAPA). Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>> Acesso em: 08 set. 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Região de influências das cidades. Brasília: IBGE, 2007.

MINERAIS DO PARANÁ (MINEROPAR). Disponível em:
<<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=106>> Acesso em: 18 mar. 2011.

PORTELA-FILHO, C. V.; FERREIRA F. J. F.; ROSA FILHO E. F.; ROSTIROLLA, S. P. Compartimentação magnética-estrutural do Sistema Aquífero Serra Geral e sua conectividade com o Sistema Aquífero Guarani na região central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná). **Revista Brasileira de Geociências**, 35 (3), p. 369-381, set. 2005.

AGRADECIMENTOS:

Ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e à Fundação Araucária do estado do Paraná pelo apoio financeiro através dos projetos do Convênio CNPq/Fundação Araucária: 61.0088/06-8 e Convênio Fundação Araucária/Uel: 063/08.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

SILVA, Glauco Marighella Ferreira da; CELLIGOI, André; PINESE, José Paulo Peccinini. Análise das águas dos poços de abastecimento público na bacia do rio Pirapó através dos diagramas de Piper e Stiff. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 115-128, jan./abr. 2011. URL: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia>>

EDITOR DE SEÇÃO:

Edison Archela

TRAMITAÇÃO DO ARTIGO:

✓ Recebido em 10/11/2010

✓ Aceito para publicação em 23/11/2011