

XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ANÁLISE PRELIMINAR DAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA REGIÃO NORDESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Alex Bortolon de Matos¹; Daniel Oliveira de Brito²; Pedro Antonio Roehe Reginato³ & Gustavo
Barbosa Athayde⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização hidrogeoquímica preliminar do Sistema Aquífero Guarani (SAG) na região nordeste do RS. Para tanto, foram utilizadas as informações obtidas de 14 poços, através do SIAGAS, de relatórios de perfuração e de análises químicas. Após a retirada de 2 poços, por estes estarem captando águas provenientes tanto do SAG, quanto do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), as águas foram classificadas como sendo sulfatadas sódicas (75% dos poços), bicarbonatada sódica, mista sódica e sulfatada mista (8% cada). Os poços localizados nos municípios de Monte Alegre dos Campos e Bom Jesus apresentaram elevados valores de condutividade elétrica (2009 e 1916 μ S/cm), indicando um possível estado de maior confinamento. Com relação às cotas do topo do SAG, foram encontrados valores positivos no compartimento Leste e negativos no Norte – Alto Uruguai, com uma tendência de aumento das concentrações de sódios das cotas mais altas para as mais baixas. Foram encontradas também boas correlações da condutividade elétrica com os sulfatos, e também com o sódio. Foram encontrados valores elevados de fluoretos (67% dos poços) e sulfatos (33% dos poços) na maioria dos poços, indicando que a mesma necessita de tratamento para o consumo.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade Federal de Roraima: Doutorando no PPGRHS/APH/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91501-970. Porto Alegre - RS. (51) 3308-6416, Ramal 6416. alex.bortolon@ufr.br

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Mestrando no PPGRHS/APH/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91501-970. Porto Alegre - RS. (51) 3308-6416, Ramal 6416. danieloliveiradebrito@gmail.com.

³Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Professor no Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91501-970. Porto Alegre - RS. (51) 3308-6416, Ramal 6416. pedro.reginato@ufrgs.br.

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Professor no Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91501-970. Porto Alegre - RS. (51) 3308-6416, Ramal 6416. gustavo.athayde@ufrgs.br.

Abstract – The purpose of this study was to preliminary characterize the hydrogeochemical of Guarani Aquifer System (SAG) on the northeast region of Rio Grande do Sul (Brazil). Data of 14 wells provided by SIAGAS, chemical analysis and drilling reports were analyzed. After 2 wells were removed from the analysis, because they were capturing water from both SAG and Serra Geral Aquifer System (SASG), the water were classified as sodium-sulfate (75% of the wells), sodium-bicarbonate, sodium-mixed and mixed-sulfate type (8% each). The wells located on the cities of Monte Alegre dos Campos e Bom Jesus showed high values of electrical conductivity (2009 and 1916 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indicating a possible condition of greater confinement. Analysis of the top of SAG heights showed positive values on the Leste compartment and negative values on the Norte-Alto Uruguai compartment, with a tendency of increasing the sodium concentrations on the lower heights. Good correlations of electrical conductivity with sulfate sodium were found. High values of fluoride (67% of the wells) and sulfates (33% of the wells) were found on most of the wells, indicating the necessity of treatment for human consumption.

Palavras-Chave – Hidroquímica. Sistema Aquífero Guarani. Aquífero confinado.

INTRODUÇÃO

Na região nordeste do Rio Grande do Sul, encontram-se dois grandes sistemas aquíferos: o Guarani (SAG) e o Serra Geral (SASG). O SAG é caracterizado por aquíferos granulares, livres e confinados, que ocorrem associados a rochas sedimentares pertencentes à diferentes formações geológicas (Formação Botucatu, Pirambóia, etc.). Já o SASG é caracterizado por aquíferos fraturados que ocorrem associados às estruturas tectônicas e de resfriamento das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, com a circulação da água subterrânea ocorrendo ao longo dos diferentes tipos de estruturas.

Enquanto o SASG é uma das principais fontes para o abastecimento público de água dos municípios da região, o SAG tem sido cada vez mais utilizado na indústria local, que demanda, muitas vezes, volumes elevados que não conseguem ser supridos por poços do SASG. A utilização de poços mais profundos e conseqüentemente mais onerosos parte também da necessidade da captação nas proximidades dos empreendimentos.

A presença de águas hipertermais (Giardini e Faccini, 2010) provenientes do SAG em grandes profundidades tem aumentado o interesse na sua exploração em grandes empreendimentos destinados à recreação principalmente. Essa atividade já ocorre em alguns municípios do nordeste do Rio Grande do Sul, como Vila Flores, Farroupilha, Gramado e Nova Prata.

O objetivo deste trabalho é a realização de uma caracterização hidrogeoquímica preliminar do Sistema Aquífero Guarani na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, de modo a melhorar o entendimento da dinâmica química das águas e fornecer subsídio para uma exploração mais eficiente deste recurso na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região nordeste do Rio Grande do Sul, compreendendo os municípios de Bento Gonçalves, Monte Alegre dos Campos, Bom Jesus, Farroupilha, Gramado, Nova Petrópolis, Nova Prata, Veranópolis, Vila Flores e Cotiporã (Figura 1).

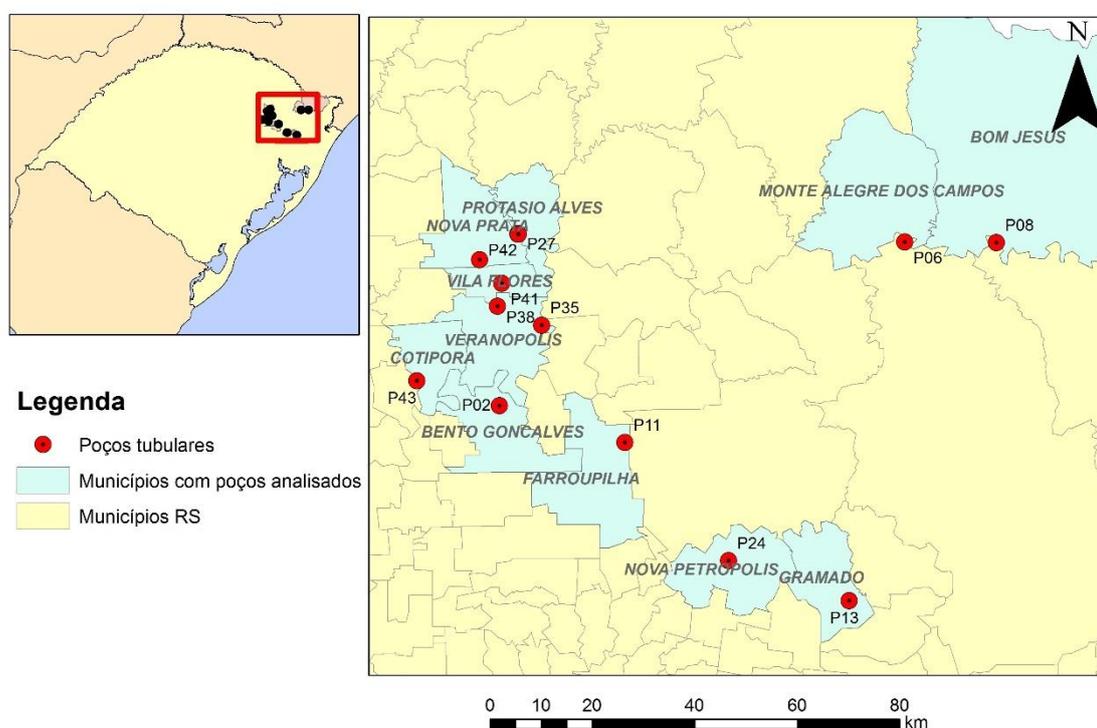


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

Devido ao elevado custo das perfurações profundas que cheguem até o SAG, há uma quantidade limitada de poços na região, sendo que a grande maioria carece de informações hidroquímicas. Após levantamento de dados cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), além de relatórios de perfuração e de análises químicas obtidos com empresas de perfuração, foi possível obter informações hidroquímicas de 14 poços na área de estudo. Essas informações consistiram de análise dos principais cátions e ânions presentes na água subterrânea, bem como de parâmetros como pH, CE, temperatura, fluoretos, entre outros.

Os valores das análises químicas das águas foram usados para elaboração do diagrama de Piper através do software Qualigraf 1.1 (Mobus, 2002). O diagrama computa as concentrações de Na, K, Ca, Mg, Cl, CO₃, HCO₃ e SO₄, de modo a classificar distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes.

Os tipos de água encontrados e as análises químicas foram analisados espacialmente em função da compartimentação estrutural do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul apresentada por Machado (2005). Os dados foram georreferenciados com o software ArcGIS 10.2.

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram calculados para os poços que não possuíam esse dado a partir do valor de Condutividade Elétrica (CE), utilizando-se o software Qualigraf 1.1 (Mobus, 2002).

Para a avaliação da potencial similaridade no comportamento dos elementos no ambiente estudado, foi analisada a correlação gráfica da dispersão binária dos dados de análise química utilizando-se o software Excel.

Apesar de as águas do SAG confinado não serem a principal fonte de abastecimento público da região, foi realizada uma análise dos principais parâmetros hidroquímicos com relação aos valores de potabilidade determinados pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), para avaliar se as águas do SAG poderiam ser utilizadas no abastecimento.

Além das análises hidroquímicas, foram utilizados os perfis constantes na maioria dos poços da base de dados para estimar o posicionamento do topo do SAG com relação ao nível do mar, e correlacionar os parâmetros hidroquímicos com as diferentes profundidades.

RESULTADOS

Ao avaliar o perfil dos poços, foi verificado que em dois deles (P24 e P42), há captação de águas provenientes dos dois sistemas aquíferos (SAG e SASG). Nos registros de perfuração do poço P24 são indicadas 3 entradas de água do SASG que estão descritas como não isoladas. O poço P42, que carece de informações sobre entradas de água, possui filtro que abrange tanto o SASG quanto o SAG. Por conta das incertezas encontradas, esses poços não foram utilizados para a caracterização hidroquímica da região.

Analisando-se a localização dos poços quanto à compartimentação do Sistema Aquífero Guarani proposta por Machado (2005), 03 poços (P06, P08 e P13) se encontram no Compartimento Leste, aquele limitado pela extensão do Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu (SFDC), e os 09 demais no Compartimento Norte Uruguai, separado pelo Sistema de Falhas Terra de Areia – Posadas (SFTA-P) e Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu (SFDC).

As concentrações dos parâmetros físico-químicos utilizadas para a análise hidrogeológica são apresentadas na Tabela 1. Os poços P25, P26 e P27 tiveram seus valores de STD calculados a partir dos dados de CE. Conforme consta na Figura 2, os poços na área apresentam uma boa correlação entre a quantidade de sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica.

Tabela 1. Resultado das análises químicas

Amostr a	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO3 + HCO3 (mg/L)	SO4 (mg/L)	STD (mg/L)	CE (μ S/cm)	Dureza	pH	Fluoreto (mg/L)
P02	106,60	0,50	3,21	1,65	10,50	95,20	107,00	209,0	390	10,0	8,91	0,97
P06	318,50	5,50	112,70	1,00	41,80	17,50	1767,00	1110,0	2009	285,1	8,62	5,01
P08	292,00	5,50	138,40	1,90	38,90	21,90	1731,00	1050,0	1916	353,4	8,22	3,80
P11	45,00	1,00	18,30	2,40	14,20	105,20	54,40	241,0	330	55,4	7,80	0,71
P13	55,00	2,00	7,90	0,96	35,10	37,20	155,50	286,0	546	23,7	9,40	3,06
P25	154,01	0,61	3,49	0,02	26,93	74,23	218,35	494,0	760	6,0	9,19	2,47
P26	114,00	0,61	3,32	0,02	25,65	32,34	216,50	477,8	735	7,0	9,30	2,30
P27	115,50	0,61	2,71	0,01	25,53	6,35	218,80	481,7	741	5,0	9,34	2,41
P35	47,00	4,87	44,00	2,67	14,40	22,40	200,00	452,0	436	120,0	6,13	1,00
P38	204,73	0,80	8,02	1,94	50,50	46,56	676,00	539,0	1002	16,0	9,25	3,17
P41	80,00	< 0,01	4,80	0,00	45,30	56,10	266,70	463,0	870	14,0	8,90	2,40
P43	111,25	1,08	6,42	1,06	78,53	51,07	118,94	394,0	739	11,0	7,23	0,49

STD: Sólidos Totais Dissolvidos; CE: Condutividade Elétrica

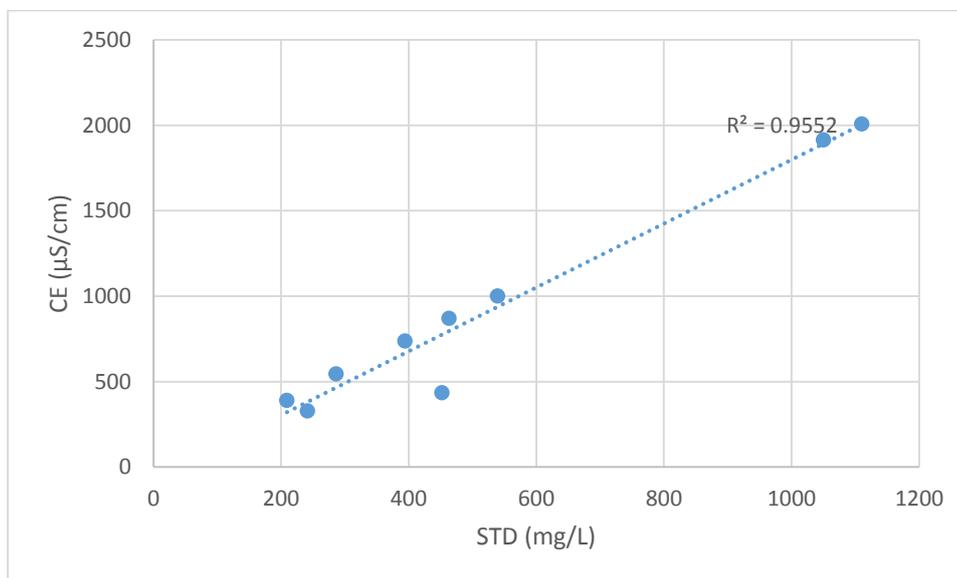


Figura 2. Correlação entre STD e CE

A análise pelo Diagrama de Piper dos poços utilizados (Figura 3), aponta um predomínio de águas sulfatada sódica (P02, P06, P08, P13, P38, P41, P25, P26 e P27), verificando-se também a ocorrência das espécies bicarbonatada sódica (P11), cloro-sulfatada sódica (mista sódica - P43) e sulfatada mista (P35).

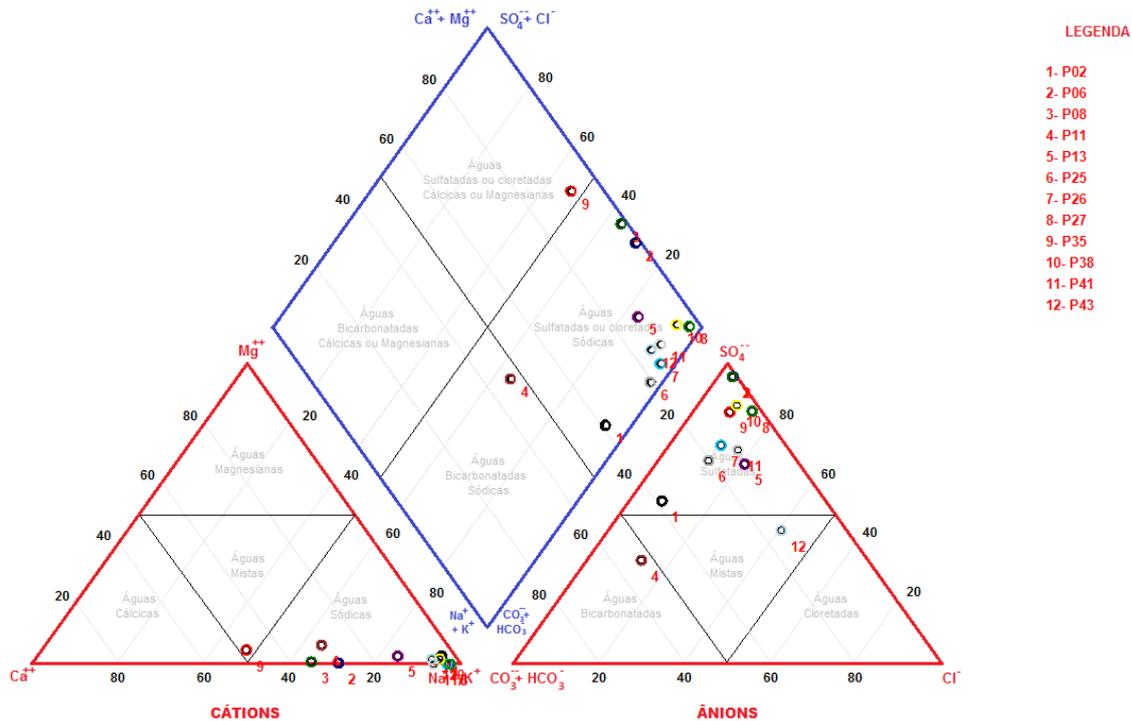


Figura 3. Diagrama de Piper com os poços analisados

Os tipos de água identificados se assemelham aos apontados por Silva (1983). A autora identificou que, na porção confinada do Sistema Aquífero Guarani em São Paulo, as águas tornam-se bicarbonatadas sódicas evoluindo no extremo sudoeste do estado para cloro-sulfatadas sódicas. Para a porção ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná, Gastmans (2007) apresenta que termos bicarbonatados sódicos que evoluem para bicarbonatados/sulfatados sódicos estão relacionados a zonas de maior confinamento do SAG.

A distribuição espacial das espécies geoquímicas identificadas nas compartimentações do SAG consta na Figura 4. Observa-se uma heterogeneidade nas águas do Compartimento Norte-Alto Uruguai, onde ocorrem as classes sulfatadas sódica (6 poços), bicarbonatada sódica, cloro-sulfatada sódica e sulfatada sódio-cálcica (1 poço cada). O Compartimento Leste, por sua vez, apresenta águas sulfatadas sódicas em seus 03 poços.

Os poços P06 e P08 apresentam os maiores valores de Na, K, SO₄, STD, CE e dureza. Além destes, o poço P38 também contém elevados teores de sulfato. O poço P35 é o único que possui pH ácido (6,13). Quando comparado com as demais amostras, o mesmo apresenta valores relativamente maiores de dureza e cálcio, além do maior valor de magnésio. Gastmans (2007) correlaciona as áreas mais confinadas do SAG com uma maior mineralização, além de valores maiores de condutividade elétrica e pH.

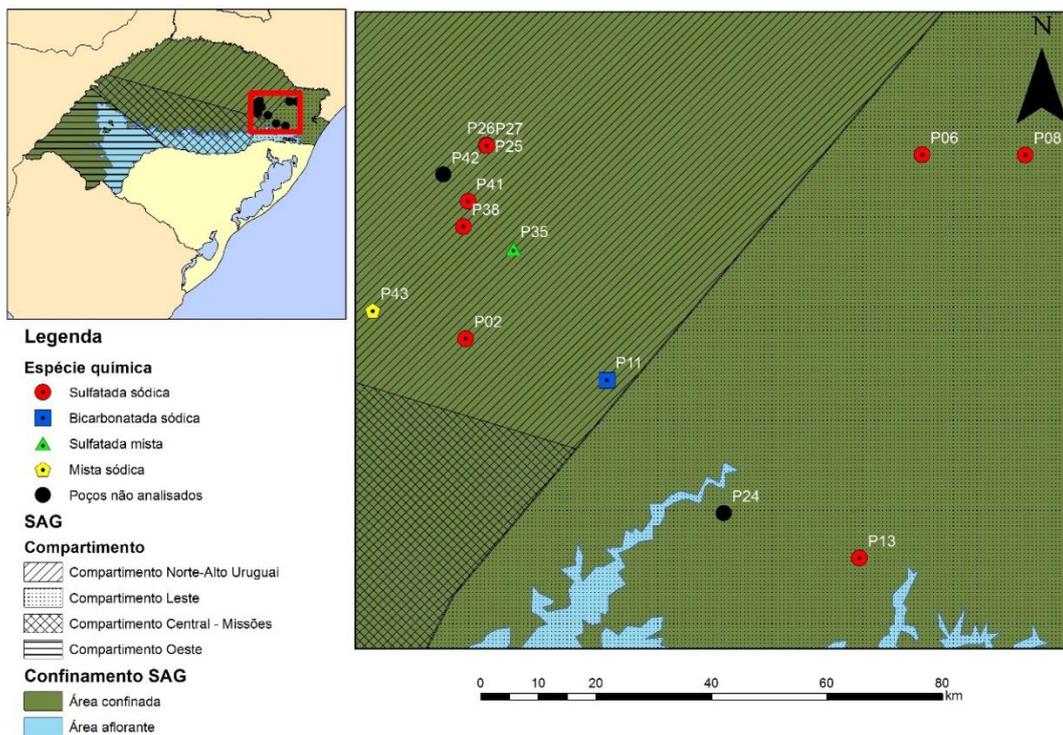


Figura 4. Distribuição das espécies hidrogeoquímicas

Dos poços localizados no Compartimento Leste, apenas o P13 apresenta teores de STD dentro da faixa de 200-300 mg/L descrita por Machado (2005). O P06 e P08 apresentam valores muito superiores (1110 e 1050 mg/L, respectivamente). Os poços do Compartimento Norte - Alto Uruguai revelam concentrações de STD abaixo das apontadas pelo mesmo autor na porção confinada desse compartimento (800-3500 mg/L).

Verifica-se uma direta correlação linear entre os valores de condutividade elétrica e as concentrações de sódio nos poços analisados (Figura 5). Também foi identificada uma direta correlação entre as concentrações de sulfatos e condutividade elétrica (Figura 6). Os elevados valores de R^2 evidenciam que esses são os principais cátions e ânions da área de estudo.

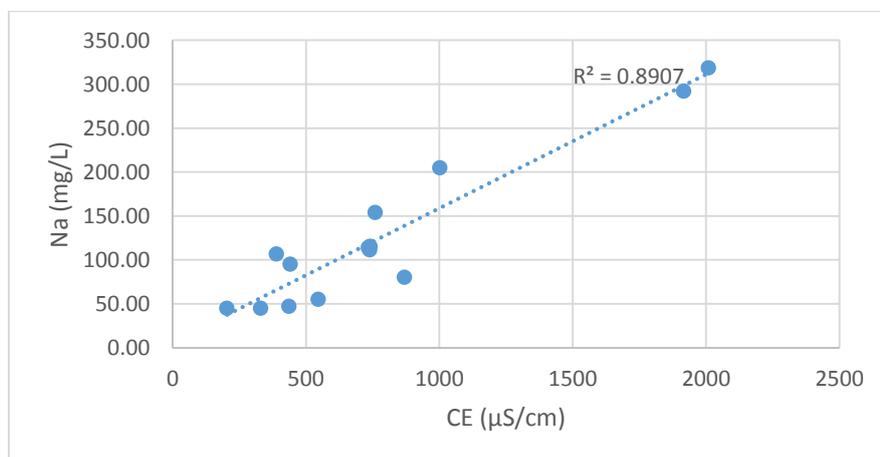


Figura 5. Correlação entre sódio e condutividade elétrica

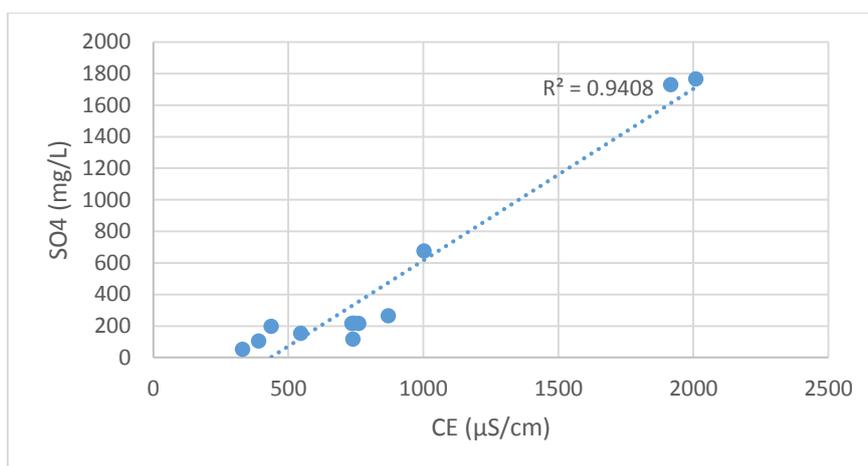


Figura 6. Correlação entre sulfatos e condutividade elétrica

Quando comparados aos valores da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), verifica-se a presença de fluoretos com concentrações maiores que as permitidas (1,5mg/L) em 67% dos poços. Também foram encontrados valores acima dos permitidos de sulfato (250mg/L) em 4 poços, P06 (1.767mg/L), P08 (1.731mg/L), P38 (676mg/L) e P41 (266,7mg/L).

A partir dos perfis dos poços foi verificado que, na região, o topo do SAG varia entre as cotas 71m e -173m, com a cota decrescendo do poço P24 (71m), com sentido noroeste, até a o poço P26 (-173m), e com sentido sudeste, até o poço P13 (1m). Essa diferença de cota está distribuída ao longo de 76,3km, no sentido noroeste, e 24,8km, no sentido sudeste, proporcionando um desnível pouco acentuado para o topo do SAG na região.

No mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul (CPRM,2005), podemos observar que essa região se situa entre duas isolinhas de 100m no Compartimento Leste, conectado às isolinhas negativas no Compartimento Norte – Alto Uruguai. O decréscimo de cota na direção sudeste até valores de 1m, pode indicar a possibilidade da presença de cotas negativas também no compartimento Leste.

Ao correlacionar as concentrações de sódio com a profundidade do topo do SAG, foi verificada uma tendência de as mesmas aumentarem no sentido das cotas mais altas para as mais baixas, conforme apresentado na Figura 7. A exceção se dá no poço P38, que apresentou valores elevados de sódio para cotas intermediárias.

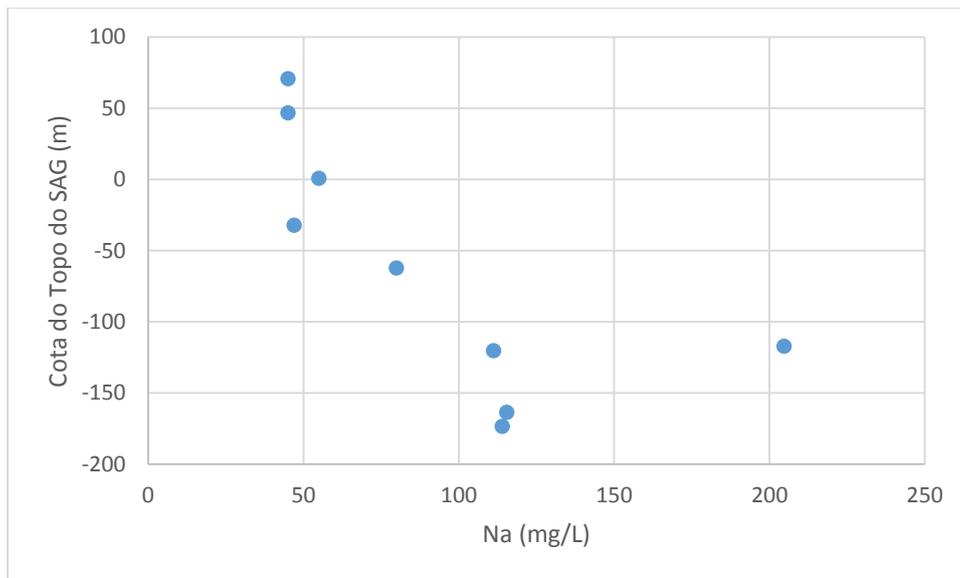


Figura 7. Correlação entre sódio e a cota do topo do Sistema Aquífero Guarani

CONCLUSÕES

Na área de estudos as águas foram classificadas como sendo sulfatadas sódicas (75% dos poços), bicarbonatada sódica, mista sódica e sulfatada mista (8% cada), apresentando características condizentes às observadas na literatura para SAG confinado. A boa correlação entre os valores de condutividade elétrica e as concentrações de sódio e sulfato evidenciam o predomínio desses íons na área de estudo.

Observou-se uma maior heterogeneidade nas espécies hidrogeoquímicas localizadas no Compartimento Norte-Alto Uruguai. Além disso, de modo geral, os valores de STD diferem dos apresentados por Machado (2005) para o Compartimento Leste e o Compartimento Norte-Alto Uruguai do Sistema Aquífero Guarani.

Os poços P06 e P08 apresentam elevados valores de CE, indicando um possível estado de maior confinamento e conseqüente maior mineralização.

Foram encontrados valores elevados de fluoretos (67% dos poços) e sulfatos (33% dos poços) na maioria dos poços, com valores acima dos máximos permitidos para potabilidade, o que indica que essas águas não possuem grande aptidão para o consumo humano, caso as mesmas não sejam tratadas.

Com relação às cotas do topo do SAG, foram encontrados valores positivos no compartimento Leste e negativos no Norte – Alto Uruguai, com um dos decréscimos se dando no sentido noroeste, partindo do compartimento Leste.

A presença de águas de mesma classificação e com características similares em diferentes compartimentos sugeridos por Machado (2005), além do decréscimo suave de declividades do topo

do SAG no sentido do Compartimento Leste para o Compartimento Norte - Alto Uruguai, pode indicar que, mesmo em compartimentos diferentes, na região próxima ao encontro destes, as águas podem ter características comuns, sofrendo, possivelmente, uma maior influência das litologias locais de cada poço. Sugere-se uma avaliação mais ampla, que englobem a avaliação estrutural e compartimentação dos sistemas aquíferos, bem como as características hidrodinâmica dos poços.

Por essa razão, que apesar de existir uma tendência de que alguns parâmetros, como o sódio, variem em função da profundidade em que se encontra o SAG, as características específicas de cada local podem influenciar, com maior ou menor intensidade, na formação das águas.

Com isso, este trabalho vem para acrescentar nos estudos das características deste que é um dos principais aquíferos do mundo, de modo a proporcionar uma maior eficiência na sua exploração na região nordeste do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos: CAPES e CNPq, pelo apoio financeiro e concessão de bolsas, e as empresas de perfuração pela liberação dos dados.

BIBLIOGRAFIAS

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

CPRM. Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_hidrogeologico_RS.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

GASTMANS, D. 2007 Hidrogeologia e Hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani na Porção Ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná. Tese (Doutorado em Geociências e Ciências Exatas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 194p.

GIARDIN, A; FACCINI, U. F. 2010. Termalismo e Hidroquímica como Evidências de Limite de Fluxo Regional no Sistema Aquífero Guarani no Sul do Brasil. *Águas Subterrâneas*, Revista *Águas Subterrâneas*, vol.24, n.01, p.1-12.

MACHADO, J. L. F. 2005. Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia. UNISINOS. São Leopoldo-RS, 237p.

MOBUS, G. 2002. Qualigraf: programa para análise da qualidade da água. Fortaleza: FUNCENE.

SILVA, R. B. G. 1983. Estudo Hidroquímico e Isotópico das Águas Subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 156p.