

XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII
ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS DO AQUIFERO GUARANI – ESTUDO DE CASO: SERRA
GAÚCHA

Carolina Lucena Rezende¹, Márjore Antunes², Ivete Anna Schmitz Booth³, Anna Celia Silva Arruda⁴, Janaina da Silva Crespo⁵, Andreia Neves Fernandes⁶ & Marcelo Giovanela⁷

Resumo – O Aquífero Guarani é um dos maiores mananciais de água subterrânea do mundo. Localiza-se em parte na Argentina, Paraguai, Uruguai, sendo que dois terços de sua área total estão localizados no Brasil, ocupando cerca de 1,2 milhões de km². Levando em consideração as poucas pesquisas sobre esse manancial, a avaliação de possíveis fontes de contaminação em águas subterrâneas é extremamente importante do ponto de vista da gestão ambiental, principalmente nas áreas de afloramento e recarga do sistema. Dentro deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea do Aquífero Guarani, na região da Serra Gaúcha (nordeste do Estado do Rio Grande do Sul), mediante o monitoramento de análises físicas, químicas e microbiológicas de amostras de água coletadas em quatro poços tubulares. De acordo com os resultados encontrados, os poços monitorados neste estudo provavelmente não apresentam nenhum tipo de contaminação, pois, de todos os parâmetros analisados, apenas os elementos ferro e alumínio apresentaram concentrações maiores do que as reportadas na Resolução CONAMA 396/2008. Estes indícios podem estar associados à constituição geológica da região, na qual predomina rochas ricas em óxidos de ferro e alumínio.

Abstract – The Guarani Aquifer is one of the greatest sources of groundwater in the world. It lies partly in Argentina, Paraguay, Uruguay, and two thirds of its total area is located in Brazil, occupying about 1.2 million km². Considering the limited research on this system, the evaluation of possible sources of contamination in groundwater is extremely important from the standpoint of environmental management, especially in the areas of outcrop and recharges the system. Within this context, this study aimed to evaluate the quality of groundwater of Guarani Aquifer, in the Serra Gaúcha (northeast of Rio Grande do Sul State), by monitoring physical, chemical and microbiological analysis of water samples collected from four wells. According to the results, the wells monitored in this study probably do not have any kind of contamination, because of all the parameters analyzed, only the elements iron and aluminum concentrations were higher than those reported in CONAMA Resolution 396/2008. These signs may be associated with geological formation in the region, which is predominant rocks rich in iron oxides and aluminum.

Palavras-Chave – Aquífero Guarani, águas subterrâneas, monitoramento.

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Secretaria do Bloco V, 95070-560, Caxias do Sul-RS. E-mail: clrezen1@ucs.br

² Acadêmica do curso de Licenciatura em Química. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS. E-mail: mantunes@ucs.br

³ Professora Mestre do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS. E-mail: jasbooth@ucs.br

⁴ Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS. E-mail: acsarrud@ucs.br

⁵ Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS. E-mail: jscrespo@ucs.br

⁶ Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS. E-mail: anfernandes@ucs.br

⁷ Professor Doutor do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS. E-mail: mgiovan1@ucs.br

INTRODUÇÃO

A maior parte da água do mundo pode ser encontrada nos oceanos. No entanto, sua utilização para consumo humano exige tecnologias onerosas para torná-la potável. Segundo a CORSAN (2010), as águas doces de rios, lagos e aquíferos representam apenas 1% da água total do planeta, tornando-se uma parcela muito pequena em relação ao todo. No entanto, em escala mundial, o volume de água subterrânea é estimado em 23 milhões de km³ (UNESCO/PHI *apud* Rebouças, 2002) e, sendo assim, a preservação de seus mananciais é extremamente importante.

A água subterrânea é uma fonte renovável que necessita de cuidados, principalmente no que diz respeito às suas áreas de afloramento ou de recarga. Essas áreas devem ser preservadas a fim de prevenir a sua contaminação, o que pode influenciar diretamente a qualidade da água. Segundo Silva e Araújo (2003), as águas subterrâneas podem ser contaminadas mediante um manejo incorreto ao destinar os efluentes domésticos e industriais em fossas e tanques sépticos, pela distribuição inadequada dos resíduos urbanos, industriais, de postos de combustíveis, e outros tipos de poluições pontuais causadas pelo homem.

De acordo com Freitas *et al.* (2001), além de promoverem a mobilização de espécies metálicas naturalmente contidas no solo, como alumínio, ferro e manganês, os contaminantes também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente. Os constituintes químicos das águas subterrâneas podem ser influenciados por vários fatores, dentre os quais podem ser citados a deposição atmosférica, os processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero e a mistura com efluentes e/ou águas salinas por intrusão, fatores esses que modificam as características qualitativas e quantitativas dos mananciais subterrâneos (Freitas *et al.*, 2001).

É também importante que se faça um uso racional desse recurso hídrico. Tood (1967) afirma que a escassez de águas subterrâneas em áreas de consumo excessivo dá ênfase à importância de estimativas corretas e de adequado aproveitamento, regulação e proteção do abastecimento, a fim de garantir a disponibilidade contínua deste recurso natural. De acordo com Rebouças (2002), a extração desordenada da água subterrânea de uma bacia hidrográfica poderá afetar o escoamento dos rios, a descarga de suas fontes ou nascentes, os níveis de lagoas e pantanais, além de causar o deslocamento da interface marinha nos aquíferos costeiros e reduzir a umidade dos seus solos. Por isso, torna-se necessário o gerenciamento do uso da água subterrânea, bem como o monitoramento de sua qualidade.

O Aquífero Guarani (Figura 1) é um dos maiores mananciais de água subterrânea do mundo. Localiza-se em parte no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Dois terços de sua área total estão localizados em território brasileiro, ocupando cerca de 1,2 milhões de km², abrangendo os Estados

do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (Araújo *et al.*, 1995). Segundo Campos (2000), o Aquífero Guarani possui característica de confinamento em 90% da superfície e nos 10% restantes tem característica de aquífero livre, na qual ocorre a principal área de recarga do sistema.

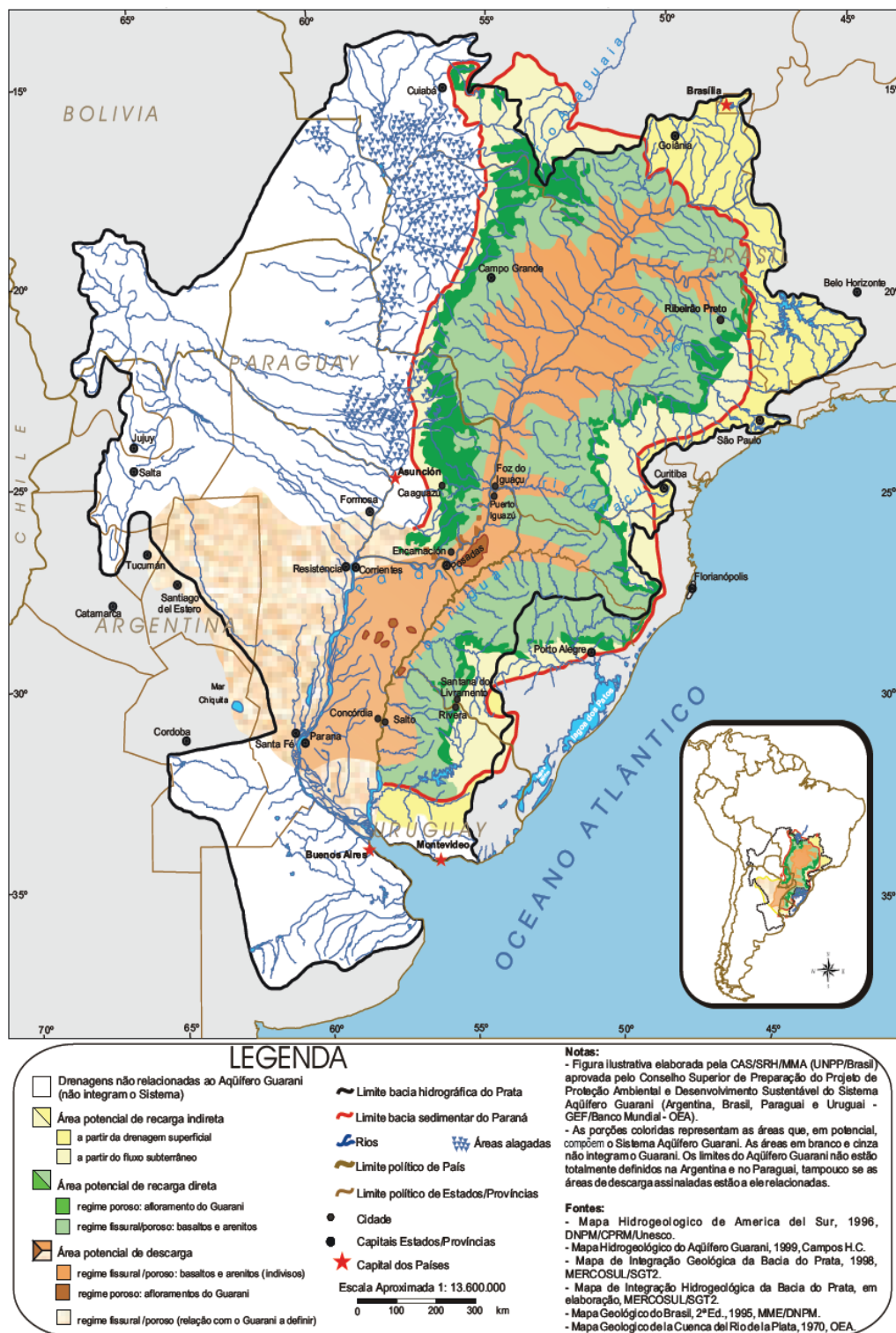


Figura 1. Área de abrangência do Aquífero Guarani.

Segundo Rocha (1997), o manancial dispõe de um volume aproveitável de água 30 vezes maior do que a demanda por água da população na área de ocorrência do aquífero. Como os recursos são geralmente de ótima qualidade, sua potencialidade tem sido explorada de forma irregular, o que pode causar uma perda irreversível em questões de abastecimento do sistema. Desta maneira, o autor evidencia que se políticas governamentais não forem elaboradas de forma consciente, a superexploração do Aquífero Guarani ou a sua contaminação poderão comprometê-lo.

Levando em consideração as poucas pesquisas disponíveis sobre o Aquífero Guarani, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul, é de suma importância avaliar possíveis contaminações da água subterrânea devido às atividades antrópicas na região, principalmente nas áreas de afloramento e recarga do sistema. Dentro deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea do Aquífero Guarani, na região da Serra Gaúcha, mediante o monitoramento de análises físicas, químicas e microbiológicas, em quatro poços tubulares.

PARTE EXPERIMENTAL

A região do Aquífero Guarani monitorada nesse estudo está localizada na Serra Gaúcha (nordeste do Estado do Rio Grande do Sul) e ocupa uma área estimada de 157.600 km², sendo que mais da metade de sua área encontra-se encoberta por rochas vulcânicas, formadoras do Aquífero Fraturado Serra Geral (Araújo *et al.*, 1995).

Foram coletadas amostras de água subterrânea de quatro poços tubulares em três municípios da região (Caxias do Sul, Bento Gonçalves e Nova Prata). As coordenadas geográficas dos pontos de amostragem, bem como a profundidade dos mesmos encontram-se sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1. Localização e descrição dos poços tubulares.

Ponto de amostragem	Município	Localização	Altitude (m)	Profundidade do poço (m)
1	Caxias do Sul	Vila Cristina (S 29°18'30" / W 51°09'57,3")	106	120
2	Bento Gonçalves	Vinícola Salton (S 29°04'45,5" / W 51°33'14,3")	506	812
3	Nova Prata	Parque Caldas de Prata, Poço Aventura (S 28°46'29" / W 51°30'56,8")	521	631
4	Nova Prata	Parque Caldas de Prata, Santa Bárbara (S 28°46'30,4" / W 51°30'53,7")	499	713

A Figura 2a-d ilustra os pontos de coleta das amostras de água subterrânea estudados. As coletas foram realizadas nos dias 25 e 26 de janeiro de 2010. No primeiro dia, foi feita a coleta em Caxias do Sul (Vila Cristina) e, no segundo dia, em Nova Prata e em Bento Gonçalves. Os poços

foram ligados e a água ficou corrente por cerca de cinco minutos. Em seguida, foi feita a coleta da água subterrânea em frascos específicos para cada tipo de análise.



Figura 2a. Poço tubular Vila Cristina.



Figura 2b. Poço tubular Salton.



Figura 2c. Poço tubular Aventura.



Figura 2d. Poço tubular Santa Bárbara.

As amostras utilizadas para a quantificação de espécies metálicas foram acondicionadas em frascos, previamente lavados com Extran alcalino 15% v/v e HNO_3 50% v/v, e com adição de ácido nítrico concentrado (5 mL de ácido para 500 mL de amostra) como preservante. Para a quantificação de nitrito, nitrato e fluoreto, as amostras foram acondicionadas em frascos previamente limpos com Extran alcalino 15% v/v e sem adição de preservantes.

Para a caracterização microbiológica, as amostras de água subterrânea foram acondicionadas em frascos âmbar, que foram higienizados primeiramente em autoclave, lavados com água corrente e deixados imersos por duas horas em detergente com uma solução sanitizante à base de hipoclorito de sódio e rinçados com água destilada. Para a realização das análises de cor, turbidez, sulfatos, sólidos totais e cloretos, as amostras foram acondicionadas em frascos plásticos lavados com Extran neutro 5% v/v, igualmente sem adição de preservantes.

Após a coleta, todas as amostras foram preservadas em caixas de isopor refrigeradas até serem encaminhadas ao laboratório. As análises realizadas para a avaliação da qualidade das amostras de água subterrânea estudadas, bem como as suas metodologias estão sumarizadas na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros analisados nas amostras de água subterrânea do Aquífero Guarani – Serra Gaúcha.

Parâmetro	Metodologia
Bactérias heterotróficas	Contagem de placas ⁽¹⁾
Cloreto	Titulometria com AgNO ₃ ⁽³⁾
Coliformes totais	Tubos múltiplos ⁽²⁾
Condutividade elétrica	<i>in situ</i> , em um condutivímetro DIGIMED DM-3P
Cor aparente	Comparação visual ⁽³⁾
<i>Escherichia coli</i>	Tubos múltiplos ⁽²⁾
Espécies metálicas	Espectrometria de absorção atômica com chama ⁽³⁾
Fluoreto	Método 4500 D ⁽³⁾
Nitrato	Fenoldissulfônico ⁽⁴⁾
Nitrito	Colorimétrico ⁽³⁾
Oxigênio dissolvido	<i>in situ</i> , em um medidor de oxigênio dissolvido LUTRON DO-5519
pH	<i>in situ</i> , em um pHmetro DIGIMED DM-2P
Sólidos totais	Gravimetria a 103-105°C ⁽³⁾
Sulfato	Turbidimetria ⁽³⁾
Temperatura	<i>in situ</i>
Turbidez	Nefelometria ⁽³⁾

¹ Ensaio reconhecido pela Rede Metrológica –RS, de acordo com o Certificado de Reconhecimento N. 3403.

² A metodologia utilizada para o número mais provável de coliformes totais e *Escherichia coli* está de acordo com o procedimento interno LAPA-PE 020, revisão 02, de outubro de 2008.

³ As metodologias utilizadas estão descritas em Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Clesceri *et al.*, 2005).

⁴ NBR 12620.

A quantificação de espécies metálicas foi realizada na Central Analítica, as espécies microbiológicas no Laboratório de Análises e Pesquisas em Alimentos, e as demais análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento, todos presentes na Universidade de Caxias do Sul (UCS). A análise de fluoreto, por outro lado, foi feita no Laboratório ALAC situado no município de Garibaldi (RS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises físicas, químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea estudadas estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados obtidos para as amostras de água subterrânea.

Parâmetro	Unidade de medida	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4
Alumínio	mg L ⁻¹	0,12	0,54	0,12	0,24
Bactérias heterotróficas	UFC mL ⁻¹	<1,0	3,5	1,0	1,0
Bário	mg L ⁻¹	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Cobre	mg L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Coliformes totais	NMP	ausente	ausente	ausente	ausente
Condutividade	µS cm ⁻¹	224	402	758	747
Cor aparente	uH	5	5	5	2
Cloreto	mg L ⁻¹	2,0	27,2	27,9	27,4
<i>Escherichia coli</i>	NMP	ausente	ausente	ausente	ausente
Ferro	mg L ⁻¹	0,08	0,50	0,03	0,09
Fluoreto	mg L ⁻¹	0,44	0,61	0,61	1,23
Manganês	mg L ⁻¹	0,01	0,02	0,01	0,01
Nitrato	mg L ⁻¹	<0,01	0,69	0,14	0,36
Nitrito	mg L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	9,3	7,0	5,2	5,4
pH	-	6,91	9,35	9,17	9,26
Prata	mg L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sódio	mg L ⁻¹	22,57	95,83	154,17	155,56
Sólidos totais	mg L ⁻¹	196	281	487	478
Sulfato	mg L ⁻¹	<1	82	195	191
Temperatura da água	°C	21	32	41	40
Temperatura do ar	°C	31	29	34	33
Turbidez	NTU	2,1	4,8	2,0	2,9
Zinco	mg L ⁻¹	0,04	0,01	0,05	0,10

UFC = unidade formadora de colônias.

NMP = Número mais provável de coliformes totais ou *Escherichia coli* por substrato enzimático.

Os resultados obtidos foram comparados com a Resolução CONAMA 396/2008 (Tabela 4), com exceção dos parâmetros bactérias heterotróficas, cor aparente e turbidez, que foram comparados com a Portaria 518 do Ministério da Saúde (Tabela 5).

De todos os parâmetros analisados, apenas as espécies metálicas ferro, para a água subterrânea coletada no poço 2 (0,5 mg L⁻¹), e alumínio, nas amostras de água dos poços 2 e 4 (0,54 e 0,24 mg L⁻¹ respectivamente), apresentaram concentrações acima do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA 396/2008 (0,3 mg L⁻¹ para ferro, e 0,2 mg L⁻¹ para alumínio). Os valores observados provavelmente têm correlação direta com a constituição geológica do local onde as amostras foram coletadas, uma vez que não foram detectadas, até o presente momento, fontes de contaminação nestes locais.

Segundo Rocha (1997), os poços mais profundos possuem temperaturas mais elevadas e pH mais alcalino; esse foi o comportamento evidenciado para os poços 2 e 4, que são os que apresentam uma maior profundidade (812 e 713 m, respectivamente). Essas características de pH e

temperatura tornam as águas subterrâneas favoráveis para a balneabilidade, que é um dos usos da água do aquífero na cidade de Nova Prata, em que se encontra um parque hidromineral.

Tabela 4. Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008.

Parâmetro	Unidade de medida	Valor máximo permitido
Alumínio	mg L ⁻¹	0,2
Bário	mg L ⁻¹	0,7
Cobre	mg L ⁻¹	2
Coliformes totais	NMP	ausentes em 100 mL
Cloreto	mg L ⁻¹	250
<i>Escherichia coli</i>	NMP	ausentes em 100 mL
Ferro	mg L ⁻¹	0,3
Fluoreto	mg L ⁻¹	1,5
Manganês	mg L ⁻¹	0,1
Nitrato	mg L ⁻¹	10
Nitrito	mg L ⁻¹	1
Prata	mg L ⁻¹	0,1
Sódio	mg L ⁻¹	200
Sólidos totais	mg L ⁻¹	1000
Sulfato	mg L ⁻¹	250
Zinco	mg L ⁻¹	5

NMP = Número mais provável de coliformes totais ou *Escherichia coli* por substrato enzimático.

Tabela 5. Padrões estabelecidos pela Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Parâmetro	Unidade de medida	Valor Máximo Permitido
Bactérias heterotróficas	UFC mL ⁻¹	500
Cor aparente	uH	15
Turbidez	NTU	5

UFC = unidade formadora de colônias.

De acordo com Rebouças (2002), não é possível comparar os dados referentes à qualidade de água de poços rasos com dados de poços profundos, uma vez que a recarga desses dois sistemas se dá de uma forma diferente. No caso de poços rasos, a água é proveniente de um sistema de fluxo local. Já no caso de poços profundos, estes captam sistemas de fluxos intermediários ou regionais, cujas características químicas refletem os diferentes níveis de solubilidade de alguns ânions, principalmente sulfato e cloreto.

Essas características podem ser observadas nas amostras de água subterrânea do Aquífero Guarani monitoradas nesse estudo. Observou-se que o poço 1, localizado em Caxias do Sul, por apresentar uma profundidade de 120 m, muito menor em comparação com os outros poços, possui características químicas diferenciadas dos demais.

A condutividade da água subterrânea no poço 1, por exemplo, é de apenas $224 \mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto que nos demais poços esse parâmetro variou de 402 a $758 \mu\text{S cm}^{-1}$. Também observaram-se características diferenciadas com relação à concentração de oxigênio dissolvido e ao pH. No poço 1, a concentração de oxigênio dissolvido foi de $9,3 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto que nos outros poços a concentração variou de 5,2 a 7 mg L^{-1} . Já com relação ao pH, a água subterrânea do poço 1 é praticamente neutra (pH igual a 6,91), enquanto que nos outros poços ela é bastante alcalina (pH variando de 9,17 a 9,35).

Os teores de cloreto e de sulfato no poço 1 são muito menores do que nos demais. Para o ânion cloreto, a concentração no poço 1 é de 2 mg L^{-1} , enquanto que nos outros poços essa concentração é maior do que 27 mg L^{-1} . Já para o ânion sulfato, a concentração no poço 1 é menor do que 1 mg L^{-1} , enquanto que nos demais poços monitorados essa concentração variou de 82 a 195 mg L^{-1} . Dessa forma observa-se que, em poços rasos, a solubilidade dos ânions cloreto e sulfato tende a diminuir.

Tonetto e Bonotto (2005) realizaram um estudo hidroquímico em águas subterrâneas na região central do Estado de São Paulo, incluindo amostras de 10 poços rasos (profundidades variando de 50 a 191 m) do Aquífero Guarani. Comparando-se os dados obtidos nesse estudo com os obtidos por estes dois pesquisadores, pode-se observar que os resultados dos parâmetros físicos e químicos da amostra de água subterrânea do poço 1 são bastante semelhantes aos dos poços localizados na região central de São Paulo e que apresentam profundidades por volta de 120 m.

O único parâmetro que apresentou resultados diferentes nos estudos realizados foi o do ânion nitrato. No poço 1, monitorado na Serra Gaúcha, esse parâmetro não foi quantificado por apresentar uma concentração menor do que o limite de detecção do método. Já na região central de São Paulo, as amostras de água subterrânea apresentaram teores de nitrato de 0,9 e 2 mg L^{-1} nos poços rasos analisados (Tonetto e Bonotto, 2005). No caso dos poços 2, 3 e 4, mais profundos, a concentração de nitrato variou de 0,14 a $0,69 \text{ mg L}^{-1}$. De acordo com a literatura, os quatro poços monitorados nesse estudo parecem não estar recebendo influência de atividade antrópica que poderiam alterar a composição da água subterrânea, uma vez que o limite estabelecido para se considerar que o poço está sendo contaminado é de 5 mg L^{-1} (Bertolo *et al.*, 2007).

CONCLUSÕES

As amostras de água subterrânea do Aquífero Guarani coletadas na Serra Gaúcha apresentaram características físicas, químicas e microbiológicas que indicam que os poços monitorados neste estudo provavelmente não apresentam nenhum tipo de contaminação, pois, de todos os parâmetros analisados, apenas os elementos ferro e alumínio apresentaram concentrações

maiores do que as reportadas na Resolução CONAMA 396/2008. Essas altas concentrações, porém, parecem ter correlação direta com a constituição geológica da região, em que predominam rochas ricas em óxidos de ferro e alumínio.

O monitoramento da qualidade das águas desses poços torna-se ainda necessário para que uma caracterização mais consistente possa ser realizada. Os dados obtidos até o presente momento fornecem subsídios parciais para o enquadramento das mesmas na legislação, sendo resultados de uma avaliação preliminar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. *Acuífero gigante del Mercosur en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay: mapas hidrogeológicos de las formaciones Botucatu, Piramboia, Rosario Del Sur, Buena Vista, Misiones y Tacuarembó*. Curitiba: UFPR e Petrobrás, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT/NBR 12620. *Águas: Determinação de nitrato – método do ácido cromotrópico e do ácido fenol dissulfônico*. Disponível em: <<http://www.troiaseg.com/abnt%20-%20nbr/>> Acesso em: 31 mar. 2010.

BERTOLO, R.; HIRATA, R.; FERNANDES, A. Hidrogeoquímica das águas minerais envasadas do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 3, set. 2007, p. 515-529.

CAMPOS, H. C. N. S. Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guarani, Cono Sur. *Acta Geológica Leopoldensia*, v. 23, n. 4, 2000, p. 3-50.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. (Ed.). *Standard methods for examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/AMBIENTAIS/DISTRIBUICAO.HTM>> Acesso em: 10 mar. 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução n. 396, de 3 de abril de 2008*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/arquivos/res39608.pdf> Acesso em: 10 mar. 2010.

FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cadernos de Saúde Pública*, v.17, n. 3, 2001, p. 651-660.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria 518 de 24 de março de 2004*. Disponível em: <http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf> Acesso em: 10 mar. 2010.

REBOUÇAS, A. da C. A inserção da água subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 4, out./dez. 2002, p. 39-50.

ROCHA, A. G. O Grande Manancial do Cone Sul. *Estudos Avançados*, v. 11, n. 30, 1997, p. 191-212.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 8, n. 4, 2003, p. 1019-1028.

TONETTO, É. M.; BONOTTO, D. M. Hydrochemical relationships in groundwater from central São Paulo State, Brazil. *Environmental Geology*, v. 47, 2005, p. 942-955.

TOOD, D. K. *Hidrologia de águas subterrâneas*. São Paulo: Edgard Blucher, 1967.