

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREAS AGRÍCOLAS LOCALIZADAS NA MESORREGIÃO SERRANA DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Nei Kavaguichi Leite¹; Joni Stolberg²; Ronan Exterkoetter²; Leonardo Jonathan Guisolphi Gomes de Oliveira²; Helder Ricardo Marchini²; Gilmaro Vilela Santos²; Alexandre de Oliveira Tavela²; José Lucas Safanelli²; Alexandra Aires Montebello³ & Alex Vladimir Krusche³

Resumo – A bacia do rio Marombas foi selecionada para avaliar a qualidade da água subterrânea em áreas agrícolas, onde este recurso hídrico é utilizado para abastecimento e irrigação. Parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, oxigênio dissolvido [OD], condutividade elétrica [CE], turbidez e demanda bioquímica de oxigênio) e químicos (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , carbono orgânico dissolvido) foram avaliados durante 10 meses, entre 2013 e 2014. As relações químicas expressas no diagrama de Piper permitem classificar as águas como Cloretadas Cálcico-Magnésiana ou Bicarbonatadas Cálcica-Magnésiana. As águas subterrâneas são ácidas (pH entre 4,0 e 6,7), com baixo conteúdo de sais dissolvidos (EC entre 13,7 e 136,0), altos teores de OD e baixa turbidez (entre 0,0 e 150,6). Os resultados indicam possível influência de fossas sépticas associadas com aporte de resíduos agrícolas, dada às condições de instalação e conservação dos poços. Comparando os parâmetros analisados com os padrões de potabilidade propostos pelo Ministério da Saúde observa-se precariedade que inviabilizam a utilização em 25% dos poços avaliados. A ausência de tratamento – como é prática comum pelos usuários, evidenciam fragilidade sanitária, suscetibilidade a doenças de veiculação hídrica e falta de informações quanto a procedimentos para melhoria da qualidade da água.

Abstract – Marombas River basin was selected to evaluate groundwater quality in agricultural areas, where this resource is often used for water supply and irrigation. Physical-chemical (pH,

¹ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Ecologia e Zoologia – ECZ/CCB/UFSC, Campus Universitário, Córrego Grande, Edifício Fritz Müller, Bloco B, Florianópolis/SC. CEP 88.040-970. Fone: 48-3721-6160. e-mail: nei.leite@ufsc.br

² Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário de Curitiba, Caixa Postal 101, Rodovia Ulysses Gaboardi, Km 3, Curitiba/SC. CEP: 89.520-000.

³ Universidade de São Paulo (USP), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Avenida Centenário, 303, Piracicaba/SP. CEP: 13.400-970.

temperature, dissolved oxygen [DO], electrical conductivity [EC], turbidity and biological oxygen demand) and chemical (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , dissolved organic carbon) parameters were analyzed over 10 months, between 2013-2014. Groundwater was acidic (pH between 4.0 and 6.7), with low dissolved salt content (EC between 13.7 and 136.0), high DO concentrations, and low turbidity (between 0.0 and 151). Chemical relationship was shown on a Piper diagram suggesting that this water may be classified as Calcium-Magnesium Chloride or Calcium-Magnesium Bicarbonate. The results indicates that this water might be affected by septic tank leakage associated with wastewater output from agricultural fields, given precarious installation and conservation of the wells. Comparing our results with drinking water standards by Brazilian Health Ministry we found precariousness which disables its use for 25% of the wells. Using this water resource, especially without any treatment – as is current common among the users, confirms its sanitary fragility, susceptibility to spread waterborne diseases, and lack of information regarding procedures to improve water quality.

Palavras-Chave – Hidrogeoquímica, Recursos Hídricos Subterrâneos, Planalto Catarinense

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos subterrâneos constituem importante fonte de abastecimento para comunidades rurais em todo o Brasil (IBGE, 2012). O baixo custo e facilidade de captação em aquíferos livres justificam a utilização de poços rasos ou nascentes, sendo esta prática comumente empregada por pequenos proprietários rurais (Stukel et al., 1990).

Em regiões com terreno acidentado ou próximo de encostas de morros são utilizadas técnicas rudimentares para a captação de água, em geral, aproveitando a ação da gravidade ou através de bombeamento (Freitas et al., 2001). A água subterrânea captada nestes locais é utilizada para consumo humano, higiene pessoal, irrigação e dessedentação de animais.

Pesquisas indicam forte influência do escoamento superficial, em particular nos períodos de chuva, que contribui para a mudança da qualidade da água nesses poços superficiais (Almasri e Kaluarachchi, 2004; Pionke e Glotfelty, 1989). Esse fator eleva o risco de doenças de veiculação hídrica no meio rural, possibilitando também a contaminação de águas que muitas vezes são captadas em poços velhos, sem vedação ou próximos de fontes de contaminação, como fossas sépticas e áreas agrícolas no seu entorno (Amaral, 2003). O problema é agravado pelo fato da maioria dos consumidores utilizarem este recurso hídrico diretamente, sem nenhum tratamento prévio (fervura ou filtração), podendo comprometer sua qualidade de vida.

O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade da água subterrânea, utilizada em áreas agrícolas localizadas na bacia do Rio Marombas, mesorregião Serrana do Estado de Santa Catarina, empregando monitoramento contínuo, com frequência amostral mensal.

Os resultados contribuem para a criação de um banco de dados que permitirá avaliar o estado das águas subterrâneas nesta região, permitindo implementar ações que possam orientar os consumidores e tomadores de decisões quanto a possíveis causas de contaminação e busca de alternativas para a remediação e tratamento deste recurso hídrico.

METODOLOGIA

Área de estudo

A bacia do rio Marombas está situada na Mesorregião Serrana do Estado de Santa Catarina e representa um importante tributário da bacia do rio Canoas, a maior do Estado, com 22.808 km² de área de drenagem. A bacia do rio Canoas constitui a Região Hidrográfica 4 (RH4) do Estado, cuja água é demandada principalmente pelos setores de abastecimento público (33%), abastecimento industrial (33%) e a criação de animais (23%). As principais atividades econômicas são a agricultura (alho, cebola, milho, feijão, soja, trigo e maçã), a pecuária (gado de corte), a produção florestal e a produção de papel e celulose (Epagri, 2003).

O clima na região, classificado como subtropical do tipo úmido (Cfb) é caracterizado por uma temperatura anual média de 16,5°C e precipitação anual média de aproximadamente 1.600 mm, baseado em medidas climatológicas realizadas na estação meteorológica de Curitiba (Pandolfo et al., 2002).

12 pontos amostrais foram selecionados na área rural da bacia, abrangendo 3 distintas regiões (4 pontos por região), localizados nos municípios de São Cristóvão do Sul, Ponte Alta do Norte, Brunópolis e Curitiba (Figura 1).

Todos os poços avaliados são utilizados para abastecimento residencial de famílias ou comunidades residentes nestes municípios. Informações adicionais sobre os poços como idade, instalação, proteção e eventual manutenção foram obtidas em observações no campo e diretamente junto aos responsáveis pelos poços. Os poços selecionados apresentam duas características distintas, alguns foram escavados e revestidos com manilha de concreto (tipo cisterna), enquanto a maioria corresponde a nascentes, localmente denominadas vertentes (Figura 2).

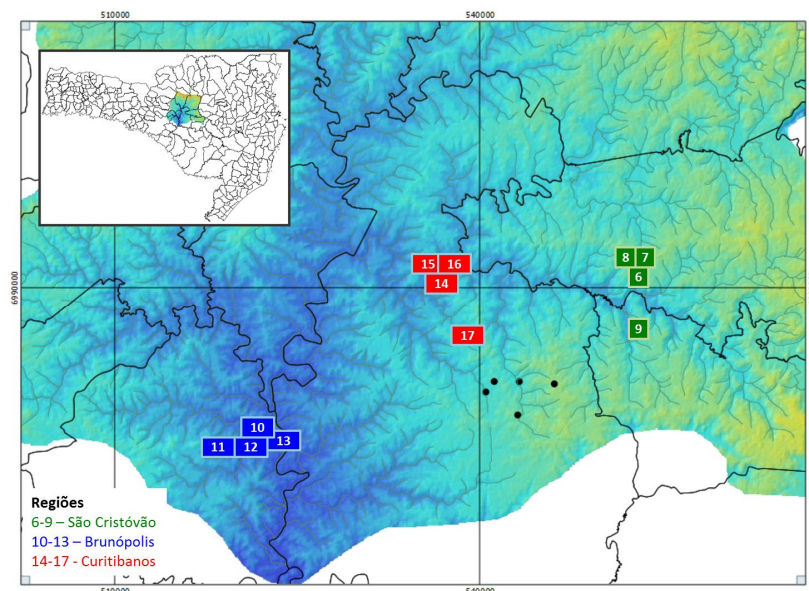


Figura 1. Mapa da bacia do rio Marombas com a localização dos 12 pontos de coleta.



Figura 2. Representação dos diferentes poços de água subterrânea presentes na área de estudo. À esquerda poço de manilha (tipo cisterna) e à direita poço de vertente.

Procedimentos de campo

As amostras de água subterrânea foram coletadas utilizando amostradores descartáveis (*bailer*) ou bombeamento direto do corpo d'água, sendo mantidas em provetas de plástico para a análise dos parâmetros físico-químicos empregando uma sonda multiparâmetros (YSI, modelo 6920 v2), ou separadas para filtragem utilizando sistema portátil de filtragem.

Os parâmetros físico-químicos medidos foram pH, temperatura da água (temp), condutividade elétrica (CE), turbidez (turb) e oxigênio dissolvido (OD). Adicionalmente foram realizados ensaios no laboratório para determinação da demanda bioquímica de oxigênio, utilizando

a técnica de incubação durante 5 dias (DBO_5). O parâmetro microbiológico (coliformes fecais) foi avaliado utilizando a técnica dos tubos múltiplos, sendo calculado o número mais provável de coliformes (NMP) em 100 mL de amostra de água.

Alíquotas foram filtradas utilizando filtro de fibra de vidro (Whatman GF/F – 0,7 mm porosidade nominal), sendo armazenadas em frascos de polietileno de alta densidade (PEAD, 60 ml) e preservadas com thymol para posterior análise de íons dissolvidos empregando a técnica de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Os parâmetros químicos analisados foram os cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), ferro (Fe^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) e os ânions bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-) e fluoreto (F^-). Adicionalmente foram analisadas as concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) nas amostras de água subterrânea, utilizando um analisador de carbono orgânico total (TOC).

As metodologias empregadas no presente estudo seguiram as normas recomendadas pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2012) e pelo Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras da ANA/CETESB (ANA, 2011).

RESULTADOS

A altitude da região avaliada varia entre 900 e 1.100 m. Os poços monitorados são superficiais, rasos, perfurados manualmente e localizados no aquífero livre, portanto, sujeitos a eventuais contaminações.

Os resultados das análises físico-químicas e químicas das amostras de água subterrânea são resumidos na Tabela 1. O pH apresentou valores baixos em todas as amostras analisadas (águas predominantemente ácidas), sendo em geral mais ácidos nos pontos localizados na região central da bacia, próximo ao município de Curitiba.

Estes resultados estão associados à acidez natural dos solos da região (Nitossolos Brunos), ricos em matéria orgânica, característica esta relacionada a grande altitude e baixa temperatura (EMBRAPA, 2004). Os valores observados estão abaixo da faixa de valores estabelecida pela legislação (pH entre 6,0 e 9,5), indicando possível uso para fins de higiene, mas em condições extremas, exige cuidados para consumo humano.

A maioria dos poços apresentou valores de condutividade elétrica inferior a $100 \mu S cm^{-1}$, refletindo o ambiente altamente intemperizado, característico da baixa profundidade dos poços amostrados (0,2 a 8 metros). Estes resultados são contrastantes com outros estudos realizados em

áreas rurais, que observaram altos valores de condutividade elétrica, onde os autores associaram este padrão com a presença de atividades agrícolas (Vidal et al., 2000; Lee et al., 2005).

Tabela 1. Concentração mediana dos parâmetros físico-químicos e químicos na água subterrânea de poços rasos localizados na bacia do rio Marombas. Valores expressos em mg L⁻¹, exceto condutividade elétrica (EC = $\mu\text{S cm}^{-1}$), temperatura (°C), pH e turbidez (NTU).

Sítio	CE	Temp	pH	OD	Turb	DBO	COD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
AS-6	18,0	20,6	5,7	7,4	12,7	1,4	0,8	1,5	1,1	0,9	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2
AS-7	46,0	18,9	5,4	5,9	3,0	0,8	0,5	5,1	2,9	1,6	0,8	0,6	2,5	0,2	1,8
AS-8	61,0	17,9	5,7	5,7	2,4	1,0	0,4	7,5	3,6	2,0	1,1	1,4	1,4	0,1	4,6
AS-9	42,0	17,0	5,4	6,3	2,5	1,0	0,3	5,2	2,2	1,4	0,8	0,5	0,4	0,2	1,6
AS-10	43,0	20,4	5,5	4,0	2,7	1,7	0,5	8,0	1,8	0,9	0,9	1,1	1,2	0,5	2,2
AS-11	27,0	19,5	5,4	6,6	1,9	1,2	0,5	3,0	1,3	0,6	0,2	0,2	2,7	0,2	2,1
AS-12	27,0	19,0	5,0	6,1	1,1	1,3	0,3	2,6	1,2	0,6	0,5	0,1	0,7	0,2	5,8
AS-13	58,0	20,0	5,7	6,5	1,2	1,1	0,2	8,1	3,3	1,5	1,0	1,5	0,2	0,2	1,8
AS-14	34,0	20,2	4,8	6,6	0,6	0,6	0,3	2,2	1,2	1,4	0,9	0,0	2,6	0,3	6,9
AS-15	25,7	19,3	4,9	5,6	1,3	1,0	0,6	2,5	1,1	1,0	0,4	0,1	1,5	0,1	3,2
AS-16	25,0	19,5	5,2	6,8	1,2	1,0	0,5	2,8	1,1	1,0	0,5	0,2	1,6	0,2	2,6
AS-17	25,0	20,3	4,6	3,8	10,2	1,4	0,4	2,3	1,2	0,7	0,3	0,1	1,6	0,3	5,9

Foi observada uma forte variabilidade espacial nestes resultados, mesmo para poços localizados na mesma região, distando poucos quilômetros uns dos outros. As águas são classificadas como de baixa salinidade, de acordo com a classificação de Santos (2000), apresentando concentração mediana de sólidos totais dissolvidos de 19,0 mg L⁻¹.

Os poços estudados apresentaram baixas concentrações de carbono orgânico dissolvido, variando entre 0,1 a 2,7 mg L⁻¹. Os valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), obtidas para as amostras de água destes poços, foram sempre menores do que 3 mg L⁻¹, indicando baixo consumo de oxigênio por microrganismos decompositores de matéria orgânica, e, portanto, baixa poluição por compostos orgânicos biodegradáveis, corroborando os baixos valores de COD.

A potabilidade das águas subterrâneas, descrita a partir de aspectos químicos pode ser avaliada através do diagrama logarítmico de Schöeller-Berkaloff (Celligoi, 1999), podendo ser classificadas como boa, medíocre, má, momentânea e não-potáveis em função dos cátions e ânions maiores, expressos em mg L⁻¹ (Lopes et al., 2001). Nos poços monitorados predominam águas com bons índices de potabilidade, embora alguns parâmetros como Fe²⁺, Al³⁺ e F⁻ apresentaram, em algumas coletas, concentrações que podem comprometer a sua potabilidade (Figura 3).

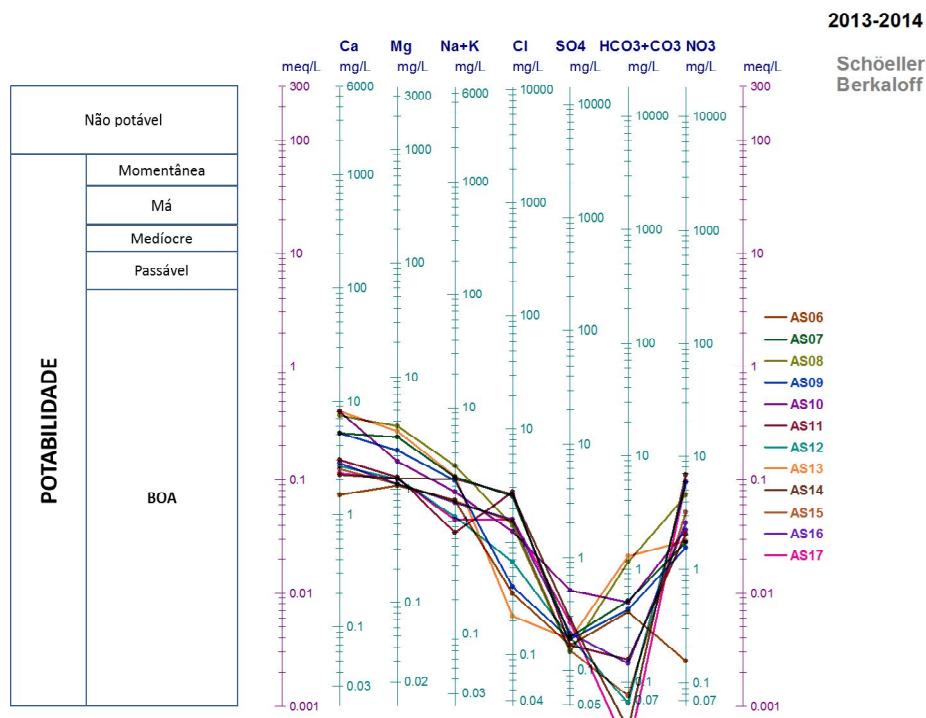


Figura 3. Diagrama de Schöeller-Berkaloff utilizado para avaliar a potabilidade das águas subterrâneas dos poços monitorados. Os valores de cada ponto amostral são referentes à mediana das 10 coletas realizadas (período abril/2013 a fevereiro/2014).

A ordem de predominância dos cátions na água subterrânea avaliada foi $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Al}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$ e para ânions foi $\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{F}^-$.

Cálcio e magnésio foram os cátions predominantes, mas a dureza total calculada a partir destes dois metais apresentou valores (entre 0,0 e 52,4 mg L^{-1}) bem abaixo dos padrões da legislação, que recomenda valores inferiores à 300 mg L^{-1} (BRASIL, 2011). Ainda baseado na dureza (teor de CaCO_3 em mg L^{-1}), todos os poços podem ser classificados como água branda ($< 50 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3) segundo a classificação de Custodio e Llamas (1983).

Com relação ao sódio, sua concentração variou entre 0,4 e 4,0 mg L^{-1} , com valor mediano de 1,0 mg L^{-1} , bem abaixo do valor máximo permissível presente na legislação com limite máximo de 200 mg L^{-1} (BRASIL, 2011).

O ferro apresentou valores dentro dos limites da legislação que apresenta máximo de 0,3 mg L^{-1} (BRASIL, 2011), para a maioria dos poços amostrados, exceto para os pontos 6 ($\text{Md} = 0,35 \text{ mg L}^{-1}$) e 17 ($\text{Md} = 0,42 \text{ mg L}^{-1}$), que geralmente apresentava coloração vermelha.

Coincidentemente, estes poços foram aqueles que apresentaram a maior turbidez (12,7 e 10,21 NTU, respectivamente), sendo este parâmetro influenciado pela presença de íons de ferro que alteram a coloração da água ao reagir com o oxigênio. Além da possível influência na turbidez, o

ferro pode alterar o sabor (metálico) e cor da água (avermelhada) além de provocar manchas em roupas (Di Bernardo e Dantas, 2005).

O nitrato é a principal fração de nitrogênio inorgânico dissolvido presente nas águas (Berner e Berner, 1995). Altas concentrações podem estar associadas a contaminação de origem antrópica, como efluentes agrícolas ou domésticos (Manoel Filho, 2000). 3 poços apresentaram concentrações mediana acima de 5 mg L^{-1} de nitrato (pontos 12, 14 e 17), sendo que os pontos 12 e 17 além de serem nascentes, sem quaisquer proteções ou cobertura, estão localizados em área com forte aptidão agrícola e na parte mais baixa do terreno, logo após a declividade. O poço 14, embora escavado e revestido por manilhas, apresenta fossa séptica localizada próxima ao poço e baixa assepsia do responsável na sua manutenção.

Os ânions sulfato ($\text{Md} \pm \text{AIQ} = 0,2 \pm 0,1$) e cloreto ($1,4 \pm 1,5$) apresentaram concentrações bem abaixo dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2011), com padrão de potabilidade fixado em 250 mg L^{-1} para os dois parâmetros.

Na análise do número mais provável (NMP) de coliformes, 100% dos pontos amostrados apresentaram presença de coliformes fecais em pelo menos três coletas, com valores variando de 1 a mais de 16/100ml. A legislação recomenda a ausência destes microrganismos na água para consumo humano (BRASIL, 2011), indicando poluição dos poços e necessidade de tratamento da água antes do consumo.

Este parâmetro microbiológico apresentou grande variabilidade temporal sendo mais presente nos meses de junho (ausente apenas nos pontos 8 e 17) e setembro (pontos 10 e 11) de 2013 e menos presente nos meses de outubro (apenas o ponto 17 apresentou presença) e novembro (pontos 9, 14 e 17) de 2013.

A partir dos resultados das análises químicas foi elaborado um diagrama de Piper (Figura 4). Este diagrama foi gerado utilizando o software Diagrammes, desenvolvido pelo Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon. Ele é frequentemente utilizado para a classificação e comparação de distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes. Nestes gráficos são representados os percentuais relativos das concentrações dos principais cátions e ânions em dois diagramas triangulares respectivos, e combinando as informações dos dois triângulos em um losango situado entre os mesmos (Santos, 2000). O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango mostra sua posição e classifica a amostra de acordo com as fácies hidroquímicas.

Os resultados das amostras de água subterrânea, expressos na Figura 4, permitiram identificar a predominância da classe Cloretada Cálcica-Magnésiana para 75% dos poços, cujas concentrações de cloreto e cálcio+magnésio foram iguais ou superiores a 50% do total, representando 80% das amostras analisadas (104 de 130 amostras). O ponto de coleta 13 e algumas amostras dos pontos 6 e

9 apresentaram predominância da classe Bicarbonatada Cálcica-Magnésiana, representando 20% das amostras analisadas (26/130).

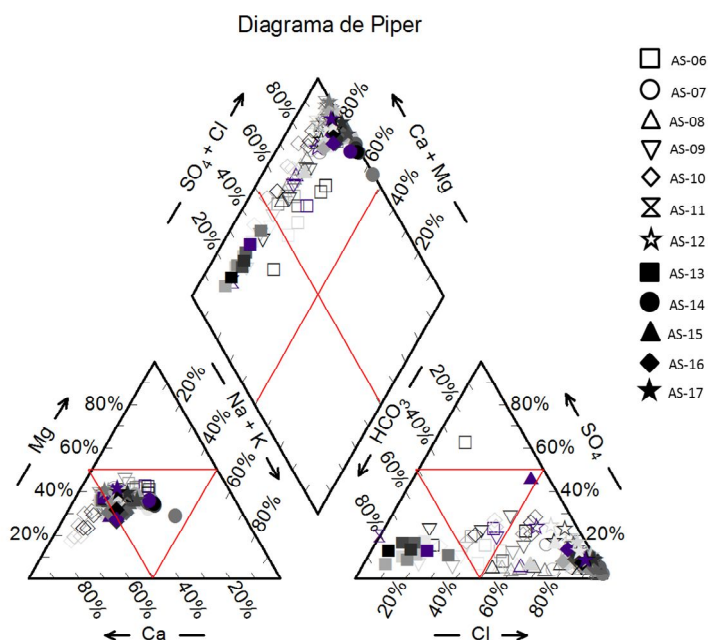


Figura 4. Diagrama de Piper elaborado a partir das proporções relativas de cátions e ânions nas amostras de água subterrânea na bacia do rio Marombas. Os valores de cada ponto amostral são referentes à mediana das 10 coletas realizadas (período abril/2013 a fevereiro/2014).

CONCLUSÃO

O conteúdo de sais dissolvidos revelou predomínio de águas do tipo Cloretadas Cálcico-Magnésiana ou Bicarbonatadas Cálcica-Magnésiana.

De forma geral, a qualidade da água subterrânea, na região estudada, encontra-se adequada para os usos a que se destinam, excetuando alguns parâmetros relacionados com características organolépticas (ferro e alumínio), parâmetro microbiológico (coliformes fecais) e nitrato.

Algumas formas de remediar os parâmetros que se mostraram inadequados seria: melhorar as condições de higiene e instalação dos poços e realizar tratamento através de desinfecção, filtragem ou fervura, antes do consumo destas águas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almasri, M.N., Kaluarachchi, J.J. 2004. Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground water in agriculture-dominated watersheds. *Journal of Hydrology*, vol. 295, p. 225–245.

Amaral, L.A., Filho, A.N., Junior, O.D.R., Ferreira, F.L.A., Barros, L.S.S. 2003. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, vol. 37, n. 4, p. 510-514.

ANA – Agência Nacional de Águas. Guia de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. 1º Ed. São Paulo: CETESB, 2011.

APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22º Ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

Berner, E.K., Berner, R.A. *Global Environment: Water, Air, and Geochemical Cycles*. 1ª Ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 1101/GM, de 12 de junho de 2002. Estabelece os parâmetros de cobertura assistencial no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2002/Gm/GM-1101.htm>>. Acesso em: jul. 2009.

Celligoi, A. 1999. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. *Geografia*, vol. 8, n. 1, p. 91-97.

Custodio, E., Llamas, M.R. *Hidrologia Subterrânea*. 2ª Ed. Barcelona: Editora Omega, 1983.

Di Bernardo, L., Dantas, A.D.B. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: RIMA, 2005.

EMBRAPA. *Solos do Estado de Santa Catarina (Boletim de desenvolvimento e pesquisa)*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos – CNPS, 2004.

Epagri/CEPA. *Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2012-2013*. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2013. Disponível em: http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2013/sintese-2013.pdf, acesso em 18/05/2014.

Freitas, M.A., Eckert, R.M., Caye, B.R. 2011. *Captações de água subterrânea no oeste do estado de Santa Catarina*. Porto Alegre: CPRM, 2001.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PNAD 2012: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

Lee, J.Y., Choi, M.J., Kim Y.Y. e Lee K.K. 2005. Evaluation of hydrologic data obtained from local groundwater monitoring network in a metropolitan city, Korea. *Hydrological Processes*, vol. 19, p. 2525–2537.

Lopes, C.R.M., Dias, F.W.C., Cavalcante, I.N., de Souza, A.K.P. *Hidrogeologia do município de Juazeiro do Norte, Estado do Ceará*. XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Paulo: ABAS, 2001.

Manoel Filho, J. Contaminação das águas subterrâneas. Cap. 6. In: Feitosa, F.A.C., Manoel Filho, J. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 2ª ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000.

Mendes, B.G., Budziak, D., Stolberg, J., Peixer, Z.I., Dalmarco, J.B., Simionatto, E.L., Pedrosa, R.C., Felipe, K.B., Ogawa, J., Pegoraro, C., Scheffer, L., Besen, M.R., Oliveira, L.J.G.G. e

Geremias, R. 2011. Estudo da qualidade das águas do rio Marombas (SC/Brasil), utilizando parâmetros físico-químicos e bioensaios. *Revista de Ciências Ambientais*, vol. 5, n. 2, p. 43-58.

Pandolfo, C., Braga, H.J., Silva Jr, V.P., Massignam, A.M., Pereira, E.S., Thomé, V.M.R., Valci, F.V. Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.

Pionke, H.B., Glotfelty, D.E. 1989. Nature and extent of groundwater contamination by pesticides in an agricultural watershed. *Water Research*, vol. 23, p. 1031-1037.

Santos, A.C. Noções de Hidroquímica. Cap. 5. In: Feitosa, F.A.C., Manoel Filho, J. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 2ª ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000.

Stukel, T.A., Dain, B.J., Reed, F.C., Jacobs, N.J. 1990. A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. *Environmental Science & Technology*, vol. 24, p. 571-575.

Vidal, M., Melgar, J., López, A., Santoalla, M.C. 2000. Spatial and temporal hydrochemical changes in groundwater under the contaminating effects of fertilizers and wastewater. *Journal of Environmental Management*, vol. 60, p. 215-225.