

HIDROQUÍMICA DO AQUÍFERO SERRA GERAL NO OESTE DE SANTA CATARINA

José Luiz Flores Machado¹ & Marcos Alexandre de Freitas²

Resumo - A região oeste do Estado de Santa Catarina tem experimentado nos últimos anos um grande crescimento econômico, baseado principalmente na agro-indústria. Esta mesma região também tem sofrido com os problemas originados pelas estiagens cíclicas e gradativa poluição orgânica de seus recursos hídricos superficiais. Como consequência houve um aumento nas atividades de perfuração de poços tubulares, visando suprir as deficiências de abastecimento de água, especialmente para a agro-indústria. O aquífero Serra Geral, captado na maioria das perfurações, é do tipo fraturado, apresentando grande heterogeneidade e anisotropia. O presente trabalho trata de um estudo ainda preliminar das características hidrogeológicas e hidroquímicas deste aquífero, visando um conhecimento mais detalhado do modo de circulação das águas, sua evolução química e origem das recargas. O trabalho de campo e as análises químicas mostraram influência do aquífero Botucatu subjacente nas características químicas das águas. Não foi detectada poluição por nitratos nos poços amostrados.

Palavras-chave - hidroquímica; hidrogeologia; aquífero serra geral

INTRODUÇÃO

A região oeste de Santa Catarina, cuja principal economia está baseada na produção familiar diversificada e interativa com o setor agro-industrial, tem sofrido muito com o comprometimento da qualidade das águas superficiais, poluídas principalmente por dejetos de suínos e agrotóxicos. Desta maneira, a água subterrânea vem cumprindo

¹ Geólogo – CPRM – Serviço Geológico do Brasil - Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Santa Teresa. CEP: 90840.030 Fone: (51) 2337311. Porto Alegre - RS

² Geólogo Msc Sensoriamento Remoto – CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Santa Teresa. CEP: 90840.030 Fone: (51) 2337311 Porto Alegre – RS e-mail: cprm_pa@portoweb.com.br; maf@covo.net

um importante papel como alternativa no abastecimento público e industrial, principalmente nas pequenas comunidades rurais. No entanto, devido a ausência do conhecimento hidrogeológico da região, a exploração deste recurso vem sendo feita de maneira aleatória, sem o rigor técnico e científico necessário, muitas vezes comprometendo a qualidade e quantidade das águas subterrâneas da região.

As atividades realizadas pelo Projeto Oeste de Santa Catarina (PROESC), convênio entre CPRM-Serviço Geológico do Brasil e o governo do Estado de Santa Catarina (SDM e SDA-Epagri, com colaboração da CIDASC, CASAN e DNPM-11º Distrito) produziram uma série de resultados parciais, que permitem em caráter preliminar e geral, tecer considerações sobre as características hidroquímicas das águas subterrâneas de parte do oeste catarinense.

Dos dados até então levantados e das análises físico-químicas realizadas pelo Laboratório da Epagri em Chapecó, foi realizado um estudo hidroquímico regional do Sistema Aquífero Serra Geral na porção oriental da área.

LOCALIZAÇÃO

O Projeto Oeste de Santa Catarina abrange uma área continental de 22.500 km² (23,56% da superfície territorial do Estado), englobando totalmente a Microrregião do Oeste, a quase totalidade das Microrregiões do Extremo Oeste, Alto Irani e Alto Uruguai e ainda uma boa parte da Microrregião do Meio Oeste Catarinense, conforme pode ser visualizado na figura 1 abaixo. Nesta área existem 110 municípios, com uma população de 1.037.000 habitantes (SDM, 1997), onde cerca de 50% da população reside na área rural.

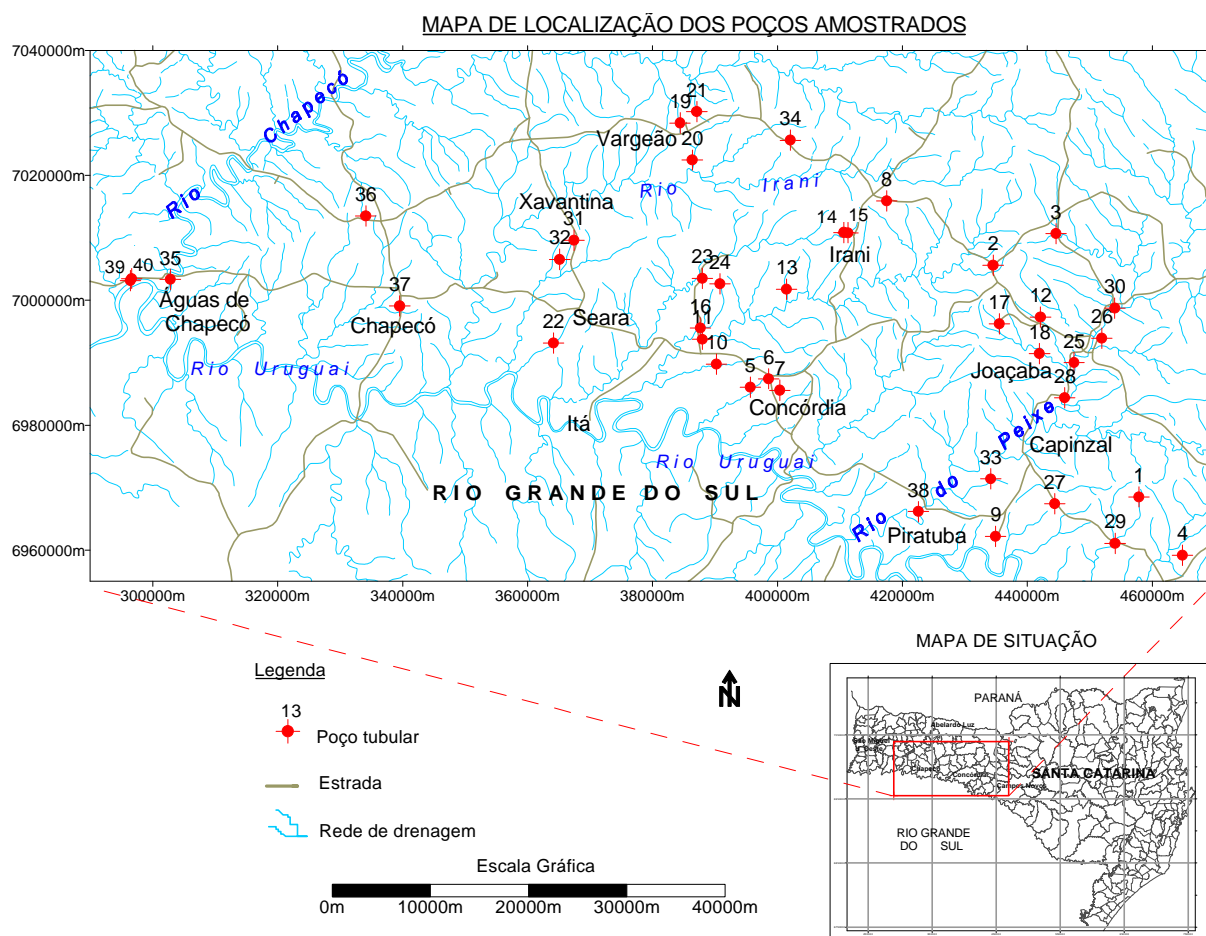


Figura 1. Mapa de localização e de poços amostrados

GEOLOGIA

Subsidiando os estudos hidrogeológicos na região oeste catarinense, foi mapeada, na escala 1:250.000, uma área com cerca de 22.500km² situada na porção meridional da Bacia do Paraná, entre os arcos de Rio Grande e Ponta Grossa, com a Formação Serra Geral atingindo espessuras superiores a 1.200m. As seqüências aflorantes, visualizadas no terreno e cartografadas, atingem cerca de 500-700m de espessura, correspondendo à porção superior da coluna. Os estratos vulcânicos dispõem-se em altos e baixos estruturais, com eixos mergulhantes para W-NW, subparalelos aos arcos regionais. Os fraturamentos parecem estar relacionados aos arqueamentos regionais (NW-SE, distensivos) e às reativações de embasamento (N30°-50°E; N70°E, compressivos).

O mapeamento geológico da área revelou, um conjunto vulcânico estratigraficamente separado em três subunidades: (1) basaltos típicos, incidentes desde

a base até cerca da metade do platô. (2) Termos básicos intermediários a ácidos, do meio ao terço superior; e (3) variedades básicas no topo do terço superior.

O conjunto de composição básico-intermediária é representado por basaltos andesíticos e traquibasaltos, com texturas, estruturas, cores, granulações e feições particulares, que permitem diferenciá-los no campo dos litótipos ácidos. Em linhas gerais este conjunto de rochas é composto por uma sucessão de derrames de espessuras variáveis com níveis bem marcados segundo suas características texturais e estruturais. Apresentam uma porção basal com zona vítrea e com disjunção horizontal. A porção central dos derrames é geralmente compacta microcristalina, muitas vezes espessa e com pronunciado diaclasamento vertical. A porção superior ou de topo, é marcada pelo desenvolvimento de uma zona de disjunção horizontal e por uma zona de desgaseificação com amígdalas e vesículas. De maneira geral, os conjuntos de básicas e básico-intermediárias apresentam relevo bastante dissecado, com vales profundamente entalhados e escarpas escalonadas. Eventualmente, as intermediárias e algumas unidades básicas, quando intercaladas nas ácidas, podem formar pequenos platôs. Os mantos de alteração são mais desenvolvidos sobre os platôs, podendo atingir, em algumas regiões, espessuras de até dezenas de metros.

O pacote ácido pode ser subdividido em pelo menos duas unidades: Ácidas porfiríticas tipo “Chapecó” e ácidas afíricas dos tipos “Palmas”. As afíricas do tipo Palmas geralmente ocupam uma posição estratigráfica superior e apresentam coloração clara devido à presença de vidro em processo de desvitrificação (aspecto mosqueado). Em geral as unidades ácidas são evidenciadas por hiatos pré e pós erupção do pacote com deposição de arenitos intertrápicos. Tais unidades possuem grande extensão em área, com espessura máxima de 100 metros, podendo apresentar derrames de até 50 metros. Formam extensos platôs plano-ondulados e mesas testemunhos, ocupando na maioria das vezes as maiores altitudes da região (mais de 900 metros), com drenagens pouco encaixadas em vales rasos e abertos. O manto de alteração originado nas ácidas tipo “Chapecó” em geral é muito mais espesso que os solos da unidade “Palmas”.

AQUÍFERO SERRA GERAL

O Aquífero Serra Geral constitui um meio aquífero heterogêneo e anisotrópico, com as condições de armazenamento e circulação da água restritas às discontinuidades das rochas, denominado de aquífero fissural ou fraturado. Suas características litológicas e estruturais o distinguem das demais rochas cristalinas como os granitóides e gnaisses.

Os principais diferenciais são as zonas vesiculares e amigdaloidais de topo de derrame e zonas de disjunção horizontal, que quando interceptadas por fraturamentos, interconectam-se podendo armazenar grandes volumes de água subterrânea.

As melhores condições aquíferas para estas rochas, até agora encontradas na região, são aquelas em que há uma série de derrames superpostos localizados em platôs, platôs entalhados pouco dissecados, interceptados por grandes lineamentos regionais, principalmente os de direção N-S e N-40-60-W. As piores condições hidrogeológicas desenvolvem-se nas espessas zonas centrais de derrames localizadas em terrenos muito dissecados e com topografia bastante acidentada, que mesmo interceptadas por fraturas, demonstram ser zonas improdutivas.

Dos poços cadastrados, 843 foram perfurados sobre o pacote de rochas básicas e apresentam uma profundidade média de 104,1 metros, com manto de alteração médio de 8,8 metros fornecido pela profundidade do revestimento nos poços. O número de entradas d'água varia de 1 a 6 com média de 1,64 e a profundidade da última entrada d'água ocorrendo entre 10 e 151 metros (média de 59,29 metros). Os perfis litológicos dos poços indicam, muitas vezes, que as entradas d'água estão associadas à zonas de brechas amigdaloidais, marcando o contato entre os derrames. As vazões de teste encontram-se entre 0,5 e 50 m³/h com média de 8,8 m³/h e predominando vazões de até 2 m³/h. Os níveis estáticos mais freqüentes estão situados entre 0 e 10 metros de profundidade, podendo ocorrer níveis de até 130 metros. As capacidades específicas determinadas pelos testes de vazão indicam valores médios de 0,92 m³/h/m, com a grande maioria dos poços exibindo valores de até 0,5 m³/h/m. Localmente ocorrem poços com capacidades específicas superiores a 3 m³/h/m, principalmente localizados em zonas fraturadas associadas a grandes lineamentos tectônicos.

As rochas ácidas apresentam como feições mais favoráveis para a acumulação de água subterrânea, as zonas fraturadas, as intensas disjunções tabulares (muito marcantes no tipo "Palmas") e as zonas de autobrechas, por vezes associadas a arenitos intertrápicos. O número de poços cadastrados em tais unidades é bem menor que nas anteriores, porque nestas regiões a ocupação humana é bastante reduzida, em função da predominância das grandes lavouras, pastagens e reflorestamentos. Estas áreas demonstram um grande potencial para a ocorrência de fontes, que muitas vezes são protegidas e captadas pela comunidade rural. Do total de 1100 poços cadastrados, 176 foram construídos nas rochas ácidas. Os dados estatísticos mostram que as profundidades dos poços vão de 26,0 a 183,0 metros, predominando a profundidade de

90,0 metros e média de 110,53 metros. A quantidade de revestimento nos poços variam de 1,5 a 36,0 metros, com média de 9,36 metros. As entradas d'água ocorrem em número de 1 a 5, com a profundidade da última entrada entre 12,0 e 174,0 metros predominando os intervalos de 10,0 a 20,0 e 40,0 a 50,0 metros.

As vazões de teste dos poços vão de 0 a 55,0 m³/h, com média de 8,5 m³/h, e predominando, à exemplo das unidades básicas, valores de até 2,0 m³/h. Os níveis estáticos oscilam entre 0 e 84,4 metros, apresentando uma média de 16,59 metros, com predominância do intervalo de 0 a 10,0 metros. As capacidades específicas estão entre 0 e 3,45 m³/h/m, com média de 0,66 m³/h/m, um pouco inferior ao verificado nas rochas básicas.

HIDROQUÍMICA

METODOLOGIA DE ESTUDO

Durante os trabalhos de campo, que constaram essencialmente de um amplo cadastramento de poços tubulares, foram tomadas medidas “in loco” de pH, condutividade elétrica e temperatura das águas. Para tanto foram utilizados os kits portáteis Orion, sendo os valores de condutividade corrigidos automaticamente para a temperatura de 25° C.

Para uma determinação mais precisa da composição química das águas, após as primeiras etapas de campo, foram selecionados 38 pontos de amostragem, sendo 36 poços tubulares e 2 fontes. A seleção dos pontos de água levou em consideração o seu posicionamento litológico, geomorfológico e estrutural (tabela 1).

As amostras foram analisadas no laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) de Chapecó, tendo sido feitas as seguintes determinações: alcalinidade CO₃, alcalinidade HCO₃, dureza, turbidez, totais de sais dissolvidos, pH e constituintes principais (mg/l) Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cl, SO₄, NO₃, NO₂, PO₄, F, CO₂ livre e SiO₂. Através do Departamento Nacional da Produção Mineral(DNPM), foram obtidas análises de águas minerais provenientes de poços tubulares que captaram tanto as efusivas basálticas quanto o aquífero subjacente da Formação Botucatu.

Os resultados das análises foram trabalhados nos softwares Groundwater for Windows (GWW) e Rockware. Os valores expressos em mg/l foram transformados para meq/l, para a verificação de sua eletroneutralidade. As amostras dentro dos limites de uso permissíveis, foram tratadas e plotadas em diagrama triangular de Piper (figura 2),

representação planar de Stiff (figura 3), diagramas de potabilidade de Schoeller e do U.S. Salinity Laboratory baseada no índice SAR.

RESULTADOS OBTIDOS

O estudo hidroquímico baseou-se nas análises físico-químicas realizadas para este trabalho durante a fase de campo e restringe-se à porção oriental da área mapeada. Muitas outras análises foram obtidas dos poços profundos perfurados na área, entretanto, foram descartadas devido a erros no balanço iônico, falta de elementos maiores e erros de transcrição de dados. Outras 4 análises oriundas do DNPM, e processadas pelo Lamin/CPRM foram utilizadas por estarem dentro dos padrões e por tratarem-se de águas minerais termais. Das 41 análises químicas apenas uma originada de uma fonte foi descartada por ultrapassar o limite de erro analítico. Inicialmente serão caracterizadas 36 amostras pertencentes ao aquífero Serra Geral e , a seguir 4 amostras de águas minerais termais.

De um modo geral as águas apresentam uma baixa salinização, o que é compatível com o tipo litológico predominante na área (efusivas basálticas), composta por minerais de restrita solubilidade e também das condições climáticas, com grandes índices de precipitação pluviométrica. O total de sais dissolvidos varia entre 60,0 mg/l e 237,0 mg/l, em média de 111,61 mg/l. A condutividade elétrica variou entre 69,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 377,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para os dados de laboratório, sendo que para as medidas de campo em um número maior de poços e fontes apresentou valores de 21,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 572,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$. As águas captadas das rochas básicas apresentaram maior quantidade de sais do que aquelas provenientes dos termos ácidos das efusivas vulcânicas. De maneira geral, o pH varia de ácido a alcalino entre amplos valores, com mínimo de 5,43 e máximo de 10,08, sendo que os valores mais alcalinos associam-se preferencialmente às rochas básicas.

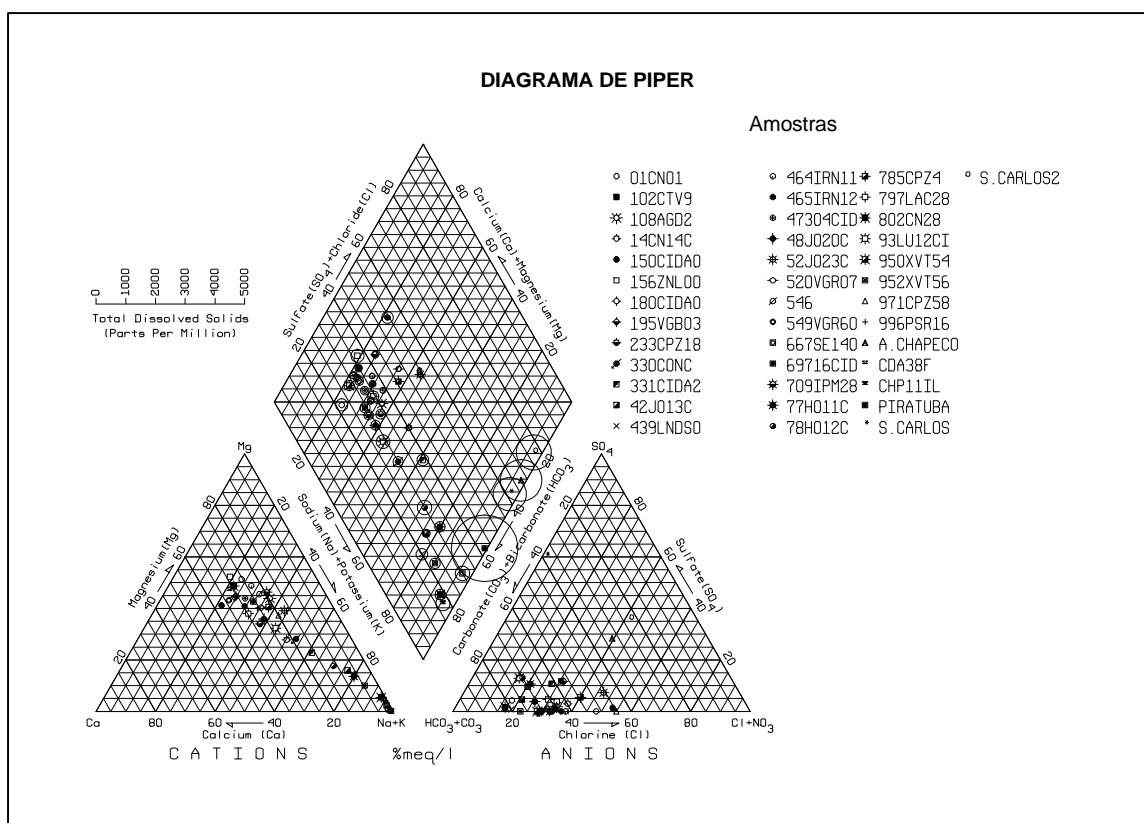


Figura 2. Diagrama de Piper dos poços amostrados

A alcalinidade total variou entre um mínimo de 32,0 mg/l de CaCO_3 e um máximo de 138,0 mg/l de CaCO_3 . A dureza total variou entre 8,0 mg/l de CaCO_3 e 150,0 mg/l de CaCO_3 , com predominância dos valores mais baixos, sendo as águas “muito moles” a “moles” na classificação de Klut Olszewski. Estes valores de dureza talvez mostrem mudanças significativas com a continuação das análises de água em outras áreas.

O valor máximo de bicarbonatos e de 139,10 mg/l, bastante superior ao de cloretos(58,14 mg/l) e sulfatos(18,0 mg/l). O sódio é o cátion que apresenta o máximo valor(76,76 mg/l) seguido pelo magnésio(18,23 mg/l). O cálcio apresenta-se geralmente em teores relativamente baixos.

Não existem restrições ao uso da água devido à presença de flúor, o teor de fluoretos atinge um máximo de 1,47 mg/l e em média nas amostra apresenta-se com 0.25 mg/l. Para os valores de nitrato eram esperados, devido a presença de grande poluição orgânica na região, índices altos que poderiam comprometer as águas do ponto de vista de potabilidade. Os resultados, entretanto, apresentaram valores baixos, não ultrapassando a 0.95 mg/l de $\text{NO}_3\text{-N}$, do mesmo modo os nitritos que em média não ultrapassaram a 0,02 mg/l de $\text{NO}_2\text{-N}$.

O CO₂ dissolvido nas águas dos poços tubulares atinge um máximo de 312,1 mg/l. A análise de uma fonte mostrou valor de 753,6 mg/l para um pH de 4,57. As águas são frias, com temperatura média de 20,4°C.

Quanto a tipologia geoquímica das águas, a análise dos diagramas de Piper e Stiff, demonstra a presença predominante de águas bicarbonatadas.

De 36 análises, 12 são de águas bicarbonatadas sódicas, 8 bicarbonatadas magneso-sódicas, 6 bicarbonatadas magneso-cálcicas, 2 bicarbonatadas magnesianas, 2 bicarbonatadas magneso-calco-sódicas, 1 bicarbonatada magneso-sódio-cálcica, 1 bicarb. sódio-magneso-cálcica, 1 bicarb. sódio-magnésica, 2 cloretadas sódio-magnésica e uma cloretada magneso-cálcica.

Levando-se em consideração a composição química das rochas basálticas, é surpreendente a ausência de águas bicarbonatadas cálcicas ou cálcio-magnésicas, que deveriam estar presentes nas primeiras fases da evolução geoquímica das águas. A pequena quantidade de amostra analisadas permite apenas tecer algumas considerações: além da evolução natural das características geoquímica das águas, é provável a ocorrência de recarga ascendente, por efeito da piezometria, que explicaria a presença de teores relativamente altos de sódio e magnésio através da mistura com águas do aquífero Botucatu.

Quanto à potabilidade, com relação aos padrões estipulados por Schoeller as amostras não apresentam restrições, enquadrando-se nos limites de potabilidade permanente boa. Com relação à sua adequabilidade para irrigação, as águas apresentam médio e baixo risco de salinidade, situando-se nos campos C1-S1e C2-S1.

Alguns poços tubulares captam águas minerais termais: Piratuba(Fm. Botucatu de 543,0m a 722,0m), Águas de Chapecó(prof. de 95,0m), São Carlos(prof. de 80,3m) e São Carlos 2(prof. de 129,0).

As águas apresentam temperatura média de 34,3°C, sendo 38°C em Piratuba. Em comparação com as águas do aquífero Serra Geral, apresentam uma maior mineralização, com um mínimo de sais dissolvidos de 516,0 mg/l e um máximo de 892,77 mg/l(Piratuba). O pH é francamente alcalino com valor mínimo de 8,5 e máximo de 9,1. As águas em geral são “muito moles”.

Quanto à composição química destas águas minerais, os bicarbonatos variam de 107,87 mg/l a 481,90 mg/l, os cloretos de 3,90 mg/l a 166,74 mg/l e os sulfatos de 86,68 mg/l a 215,69 mg/l. O cátion predominante é o sódio e seu valor máximo chega a 350,0

mg/l. O fluoreto alcança um teor máximo de 1,35 mg/l. O nitrogênio em forma de nitratos e nitritos está praticamente ausente.

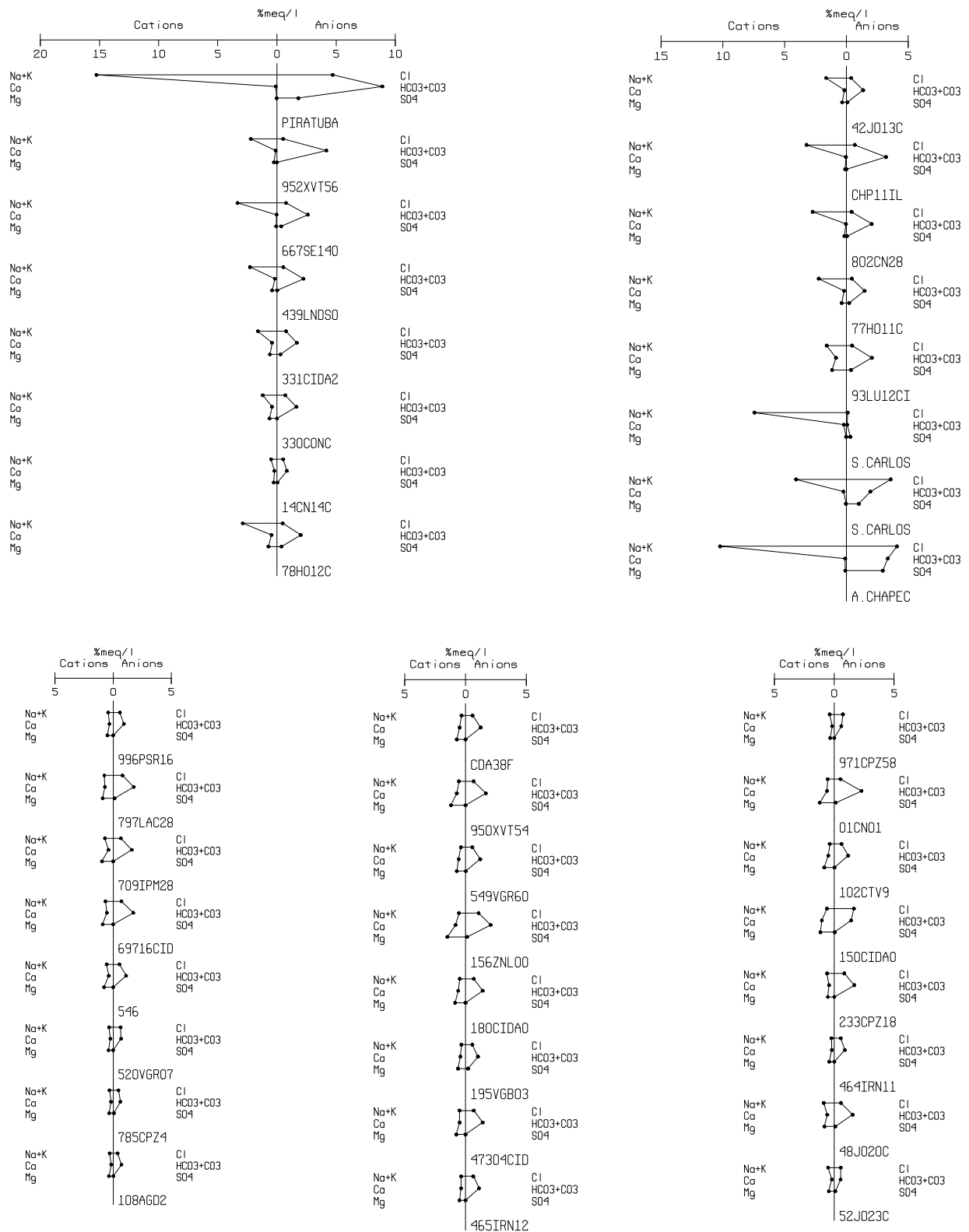


Figura 3. Representação planar de Stiff dos poços amostrados

A fácies geoquímica da água do poço de Piratuba é bicarbonatada-sódica. Os poços de Águas de Chapecó e São Carlos 2 são de águas cloretadas-sódicas, enquanto o poço de São Carlos apresenta água sulfatada-sódica.

O poço termal de Piratuba é o único analisado que captou águas diretamente do aquífero Botucatu. Os restantes, menos profundos, foram perfurados atravessando apenas rochas basálticas. A fácies geoquímica das águas destes poços está diretamente relacionada com a evolução das águas do aquífero Botucatu, sugerindo uma ligação entre os aquíferos através de zonas de fraturamentos profundos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo geológico, hidrogeológico e hidroquímico de parte da região oeste de Santa Catarina, foi preenchida uma lacuna no conhecimento das condições geoambientais desta área. Durante muitos anos o oeste catarinense foi explorado pela agro-indústria sem os devidos cuidados e preocupações com as agressões ambientais. Resultou daí um comprometimento acentuado de suas várias bacias hidrográficas quanto a potabilidade e outros usos das águas.

Esta região, apesar das altas médias pluviométricas, sazonalmente sofre com estiagens que prejudicam severamente os setores produtivos, influenciando também o abastecimento de água das cidades. Devido aos períodos de estiagem a que está submetida, a população optou pela exploração dos recursos hídricos subterrâneos. O aquífero captado pela grande maioria das perfurações, corresponde às rochas efusivas da Formação Serra Geral

O grande número de perfurações também levou a um grande índice de insucessos, com poços secos ou de baixa vazão. A elevada heterogeneidade e anisotropia do aquífero fraturado, proporcionou uma consciência generalizada da necessidade de estudos que oferecessem guias de prospecção e que, ao mesmo tempo, caracterizassem as águas do ponto de vista químico para definir sua origem e qualidade.

A água ocorre em rochas efusivas ácidas e básicas indistintamente, mas com um controle de circulação baseado principalmente na geomorfologia e estruturas rúpteis. Os estudos hidrogeológicos e hidroquímicos, pioneiros na escala em que estão sendo realizados, já proporcionaram, apesar de seu caráter preliminar, resultados que indicam as zonas de maior potencialidade para a captação através de poços tubulares e fontes.

Os estudos hidroquímicos demonstram que a evolução química das águas subterrâneas nesta região, parece estar intimamente ligada à evolução química das

águas do aquífero Botucatu subjacente, e que as fontes termais também interligam-se através de fraturamentos profundos a este aquífero.

Nº	SIGLA	Município	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)	C.específica (m ³ /h/m)
1	01CN01	Campos Novos	162	11	0.21
2	102CTV9TJ	Catanduvas	109.8	14.1	0.87
3	108AGD2	Água Doce	62	30	1.01
4	14CN14CID	Campos Novos	160	12.18	-
5	150CIDA	Concórdia	108	14	0.3
6	156ZNL	Concórdia	40	30	-
7	180CIDA	Concórdia	52	24	-
8	195VGB03	Vargem Bonita	132	8	-
9	233CPZ18	Capinzal	90	25	3.75
10	330CONC	Concórdia	150	34	0.68
11	331CIDA25	Concórdia	84	18	0.56
12	42JO13CID	Joaçaba	136	8.8	0.19
13	439LNDS	Lindóia do Sul	85	29	0.89
14	464IRN11	Irani	133	55	-
15	465IRN12	Irani	80	13.6	0.74
16	47304CIDA0	Arabutã	70	3	-
17	48JO20CID	Joaçaba	143	30	-
18	52JO23CID	Joaçaba	96	29.3	1.09
19	520VGR07	Vargeão	120	24	-
20	546	Vargeão	90	12.8	2.59
21	549VGR6	Vargeão	100	48	-
22	667SE14	Seara	92	20.8	0.58
23	697-16CIDA	Ipumirim	110	20	1.1
24	709IPM28	Ipumirim	54	12	-
25	77HO11CID	Herval D'Oeste	108	30	1.8
26	78HO12CID	Herval D'Oeste	92	33	-
27	785CPZ48	Capinzal	65	8	-
28	797LAC28	Lacerdópolis	60	39.6	4.12
29	802CN28	Campos Novos	150	4.52	0.64
30	93LU12CID	Luzerna	90	25.5	-
31	950XVT54	Xavantina	105	12	-
32	952XVT56	Xavantina	72	21	3.91
33	971CPZ58	Capinzal	152	10	0.64
34	996PSR16	Ponte Serrada	85	11	0.63
35	AG.CHAPECÓ	Águas de Chapecó	95	20	-
36	CDA38F	Cordilheira Alta	Fonte	8	-
37	CHP11IL	Chapecó	156	5	-
38	PIRATUBA	Piratuba	2416	350	5.73
39	SÃO CARLOS	São Carlos	80.3	28.5	-
40	SÃO CARLOS2	São Carlos	129	28.6	1.4

Tabela 1. Dados dos poços amostrados

Trabalhos adicionais deverão ser realizados no sentido de definir, claramente, o impacto que a deposição de dejetos poluidores no solo desta região, poderá ocasionar nas reservas subterrâneas de água, para evitar-se a mesma situação de prejuízo na

qualidade porque passam os recursos hídricos superficiais. Os dados até agora coletados parecem indicar pequena ou nenhuma contaminação por nitrato no aquífero. O problema com a poluição bacteriológica dos poços, relaciona-se mais propriamente com a captação de águas contaminadas em entradas de água muito superficiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Larsson, Ingemar. *Ground-water in hard rocks*. Studies and Reports in Hydrology. UNESCO. Paris. 1984. 228p.

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. *Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral*. Florianópolis. 1997. 163 p.