

MAPA DOS DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS DE SANTA CATARINA: UMA FERRAMENTA PARA GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO

*Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso¹; Fernando Roberto de Oliveira²; Paulo Lopes Varella Neto³
& Ranielle Noletto Paz⁴*

Resumo – Este trabalho apresenta preliminarmente o Mapa dos Domínios Hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina, escala 1:1.000.000. A execução deste produto é da Agência Nacional de Águas (ANA), que vem buscando apoiar a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS), órgão estadual gestor dos recursos hídricos, em efetuar a outorga de direitos de uso da água subterrânea. No desenvolvimento deste estudo, a metodologia aplicada se desenvolveu por meio de três etapas: levantamento de informações geológicas e hidrogeológicas, identificação preliminar dos domínios e subdomínios hidrogeológicos e confecção do Mapa de Domínios Hidrogeológicos. Foram cartografados os seguintes domínios e subdomínios: Domínio Fraturado (Subdomínio Cristalino, Subdomínio Vulcanossedimentar, Subdomínio Serra Geral 1, Subdomínio Serra Geral 2) e Domínio Poroso (Subdomínio Grupo Itararé, Subdomínio Formação Rio Bonito, Subdomínio Formações Permo-Triássicas, Subdomínio Guarani, Subdomínio Depósitos Colúvio-Aluviais, Subdomínio Depósitos Costeiros).

Abstract – This work presents a preliminary version of the Map of the Hydrogeological Domains of the State of Santa Catarina, in scale 1:1.000.000. This map was produced by National Water Agency (ANA), for to support the Secretary of Sustainable Development of the State of Santa Catarina (SDS). This organism is responsible for water resources management, end issues water right concessions of the groundwater. In the development of this study, it was applied a three stages methodology: surveying of geological information and hydrogeological, preliminary identification of the hydrogeological domains and subdomains and drawing of the Map of Hydrogeological Domains. The results determined the following domains and subdomains: Fractured domain (Cristalino Subdomain, Vulcanossedimentary Subdomain, Serra Geral 1 Subdomains and Serra Geral 2 Subdomains) and Porous Domain (Itararé Group Subdomain, Rio Bonito Formation Subdomain, Formations Permo-Triássicas Subdomain, Guarani Subdomain, Coluvio-alluvial Deposits Subdomain, Coastal Deposits Subdomain).

Palavras-Chave – Domínios Hidrogeológicos, Santa Catarina.

¹ Agência Nacional de Águas, SPS - Área 05-Quadra 03 - Bloco B- Brasília-DF – CEP:70610-200 – (61)-2109-5387 – fabricaoardoso@ana.gov.br

² Agência Nacional de Águas, SPS - Área 05-Quadra 03 - Bloco B- Brasília-DF – CEP:70610-200 – (61)-2109-5352 – fernando@ana.gov.br

³ Agência Nacional de Águas, SPS - Área 05-Quadra 03 - Bloco B- Brasília-DF – CEP:70610-200 – (61)-2109-5220 – paulovarella@ana.gov.br

⁴ Agência Nacional de Águas, SPS - Área 05-Quadra 03 - Bloco B- Brasília-DF – CEP:70610-200 – (61)-2109-5387 – ranielle.paz@ana.gov.br

INTRODUÇÃO

A legislação catarinense sobre recursos hídricos foi recentemente modificada, a partir da publicação do Decreto Estadual nº 4.778/2006, que regulamenta a outorga de direito de uso dos recursos hídricos em Santa Catarina. O instituto da outorga foi previamente previsto, a nível estadual, na Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei 9.748/94, porém decorridos mais de dez anos da publicação da lei, este importante instrumento de gestão dos recursos hídricos ainda não havia sido regulamentado e conseqüentemente implementado. Com a entrada em vigor do Decreto, o Estado passou a contar com o regulamento que disciplina aspectos como os critérios de outorga, a vigência do ato, suspensão e revogação, obrigações do outorgado, fiscalização da outorga, regime de controle especial do uso dos recursos hídricos e infrações e penalidades.

A primeira outorga de direito de uso de recursos hídricos emitida pelo Estado de Santa Catarina ocorreu em novembro de 2006, a partir da Portaria SDS nº 39/2006, com finalidade para o uso industrial, no Rio Cubatão, município de Joinville. Em relação às águas subterrâneas, a primeira outorga de direito de uso também foi emitida em novembro de 2006, para dois poços tubulares localizados nesta mesma região.

Diante deste quadro, a Agência Nacional de Águas (ANA) vem apoiando, desde o final de 2006, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS), órgão estadual gestor dos recursos hídricos, trabalhando na confecção do Mapa de Domínios Hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina, escala 1:1.000.000, no intuito de fortalecer a instituição para efetuar a outorga de direitos de uso da água subterrânea, instrumento essencial para a adequada implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

HISTÓRICO DO CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO DE SANTA CATARINA

O trabalho de Brito Neves *et al.* (1979) é o primeiro a sintetizar e compilar informações específicas sobre a hidrogeologia do Estado de Santa Catarina. Trata-se de um excerto de um relatório da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) que aborda a viabilidade do abastecimento de comunidades catarinenses, em atendimento ao Plano Nacional de Saneamento.

Neste estudo foram individualizadas 4 (quatro) províncias hidrogeológicas no Estado, quais sejam: Província Cristalina, Província Paleozóica, Província Mesozóica e Província Cenozóica.

A Província Cristalina engloba um conjunto de rochas de diversas associações ígneas e cambrianas do embasamento cristalino, além de seqüências vulcanossedimentares proterozóicas, ocorrentes no leste do Estado. São materiais cujo armazenamento de água subterrânea está condicionado ao maior ou menor desenvolvimento das fraturas ou sistemas de fraturas que afetaram

essas rochas. Devido às distintas características tectônicas e litoestruturais, Brito Neves *et al.* (1979), subdividiu esta província em duas sub-províncias hidrogeológicas: a Pré-Cambriana e a Eo-Paleozóica.

A Província Paleozóica, segundo Brito Neves *et al.* (1979) e Coitinho & Santos (2000), inclui todas as unidades litoestratigráficas da espessa seqüência sedimentar da Bacia do Paraná, com mais de 3.000 metros de espessura. Aflora numa faixa que corta o Estado em sua posição aproximadamente central, com largura variável entre 20 e 160 km. O principal aquífero está representado pela Formação Rio Bonito.

A Província Mesozóica engloba as formações aquíferas Botucatu/Pirambóia (denominadas atualmente de Aquífero Guarani) e Serra Geral, constituintes da unidade geomorfológica do "Planalto Basáltico" (Brito Neves *et al.*, 1979).

A Província Cenozóica é formada pelos depósitos cenozóicos areno-argilosos de origem continental ou costeira. Dentre os principais aquíferos desta província, Borges (1996) caracteriza o Aquífero Campeche, que ocorre no leste da Ilha de Santa Catarina.

SDM/SDA (1997) apresenta um estudo, a partir de levantamentos de campo e, por conseguinte da criação de um banco de dados, para subsidiar a implantação de um Sistema de Gerenciamento na bacia hidrográfica do Rio Araranguá. Para tanto, realizou-se o cadastramento de poços tubulares profundos, contemplando uma avaliação preliminar do potencial hidrogeológico da área.

A CPRM, em 2000, apresentou um levantamento geológico e hidrogeológico e a avaliação do potencial mineral da Folha Criciúma (SH.22-X-B), situada na porção sudeste do estado de Santa Catarina, cujos resultados estão representados nas cartas geológica, metalogenética-previsional e hidrogeológica, na escala 1:250.000. Neste trabalho, os estudos de hidrogeologia são referentes a Machado (2000).

SDM (1998) realiza o "Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar", onde em seu volume 5 constam dados da bacia sobre a hidrogeologia, hidroquímica e avaliação da vulnerabilidade e dos riscos de contaminação dos sistemas aquíferos locais.

Coitinho (2000) apresenta uma síntese das características hidrogeológicas das águas minerais de Santa Catarina, na qual é apresentado um mapa hidrogeológico em meio digital, com saída indicada de 1:1.000.000, associado a um banco de dados, onde constam informações relativas às áreas, em fase de pesquisa ou de lavra de água mineral, catalogadas no Departamento Nacional de Produção Mineral.

Entre 1998 e 2002, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Governo do Estado de Santa Catarina efetuaram um diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina, conhecido como Projeto Oeste de Santa Catarina (PROESC). O principal objetivo deste projeto foi avaliar a situação dos recursos hídricos subterrâneos da região, destacando suas condições geológicas e hidrogeológicas, potencialidade, qualidade físico-química das águas subterrâneas e aspectos construtivos dos poços tubulares. Para atingir tal meta foram realizados estudos multidisciplinares de mapeamento geológico, cadastramento de poços tubulares, estudos hidrológicos, climatológicos e hidroquímicos. Foram produzidos vários mapas, como por exemplo, o Mapa de Domínios Hidrogeológicos, escala 1:500.000.

Krebs (2004) apresenta um trabalho com os resultados dos estudos geológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos, das fontes de poluição e do cadastramento de pontos de água subterrânea da área correspondente à bacia hidrográfica do Rio Araranguá.

Krebs & Gomes (2005) caracterizam a hidrogeologia e a hidroquímica do Aquífero Rio Bonito na Região Carbonífera de Santa Catarina, bem como faz a avaliação da vulnerabilidade e dos riscos de contaminação no intuito de que sejam adotadas medidas de proteção e de utilização racional deste sistema aquífero.

Krebs *et al.* (2007), a partir da caracterização hidrogeológica, mostram que os depósitos areno-conglomeráticos que formam os leques aluviais, juntamente com os demais depósitos arenosos costeiros em Santa Catarina, constituem um excelente aquífero, além de efetuar a avaliação da vulnerabilidade e riscos de contaminação.

METODOLOGIA PARA EXECUÇÃO DO MAPA DOS DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS DE SANTA CATARINA

Na execução do Mapa dos Domínios Hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina, escala 1:1.000.000, a metodologia aplicada se desenvolveu por meio de três etapas:

A primeira etapa consistiu no levantamento de informações sobre a geologia e a hidrogeologia do Estado de Santa Catarina e da Bacia do Paraná, executando-se uma análise de consistência e adequação das informações existentes.

A segunda etapa foi constituída da identificação preliminar dos domínios e subdomínios hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina. Os domínios foram classificados em duas categorias: Domínio Fraturado (aquele em que a água subterrânea encontra-se nos planos de fraturas, microfraturas, diáclases, juntas, zonas de cisalhamento e falhas em meios rochosos) e Domínio Poroso (aquele onde a água circula entre os poros da rocha). Em relação aos subdomínios,

procurou-se agrupá-los a partir das características físicas, litoestratigráficas e hidrogeológicas similares.

A última etapa consistiu na elaboração do Mapa. A base dos domínios e subdomínios hidrogeológicos identificados no Estado de Santa Catarina utilizou os limites que correspondem aos das unidades geológicas, extraídas da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folhas SG-22 e SH-22 (CPRM, 2005), também consultando o Mapa Geológico de Santa Catarina, Escala 1.500.000 (Silva & Bortoluzzi, 1987) e o Mapa Geológico do Quaternário Costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina, Escala 1:200.000 (Martin *et al.*, 1988).

DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS DE SANTA CATARINA

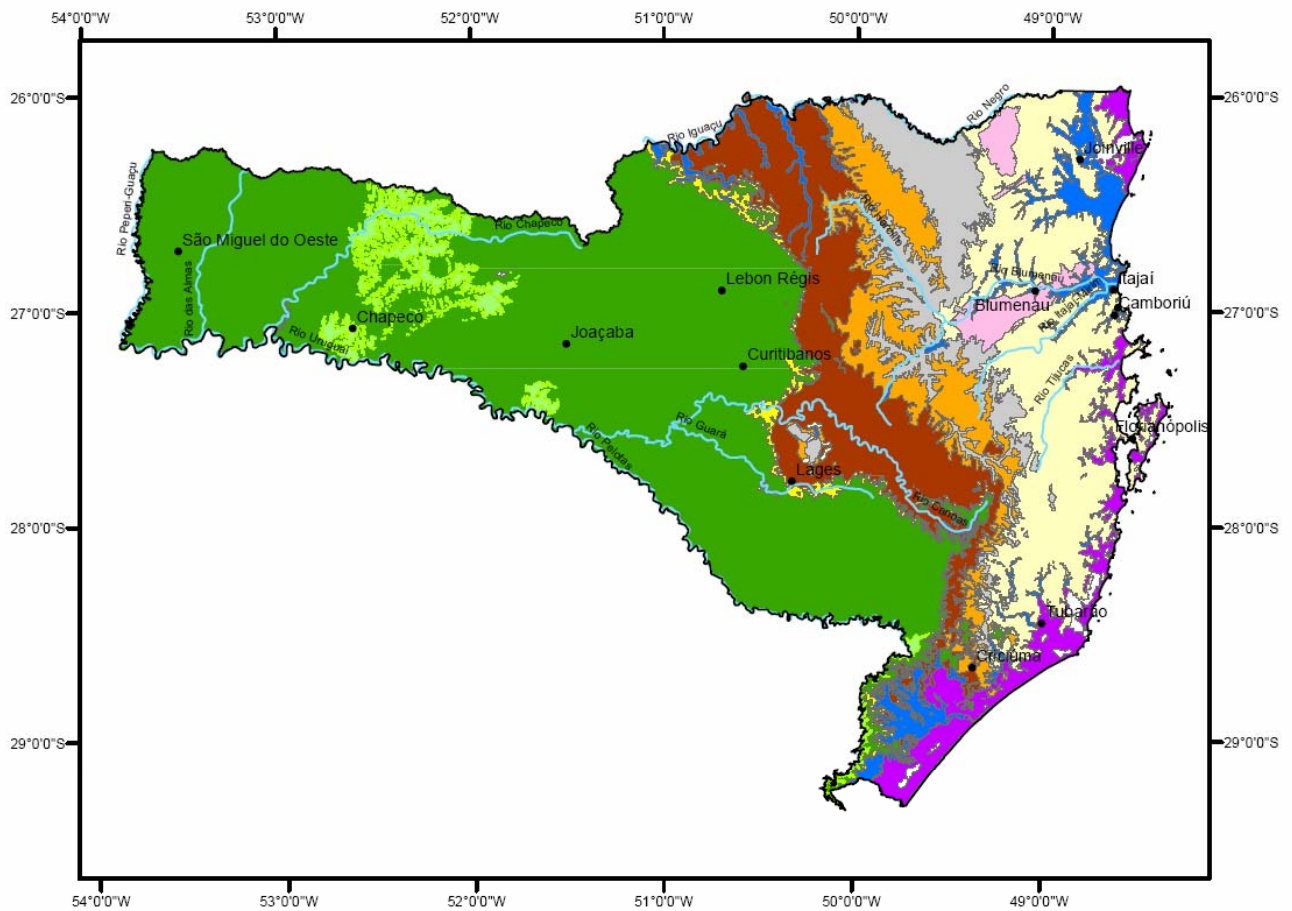
Diante da aplicação da metodologia apresentada, pôde-se individualizar no território catarinense os seguintes domínios e subdomínios hidrogeológicos, conforme mostra a Figura 1:

- Domínio Fraturado
 - Subdomínio Cristalino
 - Subdomínio Vulcanossedimentar
 - Subdomínio Serra Geral 1
 - Subdomínio Serra Geral 2
- Domínio Poroso
 - Subdomínio Grupo Itararé
 - Subdomínio Formação Rio Bonito
 - Subdomínio Formações Permo-Triássicas
 - Subdomínio Guarani
 - Subdomínio Depósitos Colúvio-Aluviais
 - Subdomínio Depósitos Costeiros

Domínio Fraturado

Subdomínio Cristalino

A partir do mapa geológico-geotectônico do Escudo Catarinense (Hartmann & Fernandes, 2000), pode-se inferir que o Subdomínio Cristalino é formado por rochas arqueanas a proterozóicas do Complexo Granulítico de Santa Catarina, Complexo Camboriú, Batólito de Florianópolis e Granitóides Indiferenciados. Para Brito Neves *et al.* (1979) são ocorrentes no leste do Estado, numa faixa de largura variável entre 60 e 80 km, ocupando uma área de aproximadamente 13.450 km², que se estende dos limites com o Estado do Paraná para o sul, até as proximidades da cidade de



Legenda
Domínios Hidrogeológicos

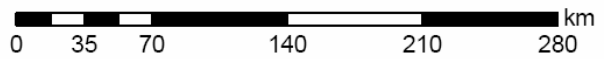
- | | | |
|-------------------|--|---------------------------------------|
| Domínio Fraturado | | Subdomínio Cristalino |
| | | Subdomínio Vulcanossedimentar |
| | | Subdomínio Serra Geral 1 |
| | | Subdomínio Serra Geral 2 |
| Domínio Poroso | | Subdomínio Gr. Itararé |
| | | Subdomínio Fm. Rio Bonito |
| | | Subdomínio Fm. Permo-Triássicas |
| | | Subdomínio Guarani |
| | | Subdomínio Depósitos Colúvio-Aluviais |
| | | Subdomínio Depósitos Costeiros |

- Municípios
- Rios



Mapa de Domínios Hidrogeológicos de Santa Catarina

Escala: 1:3.500.000
 Projeção: UTM
 Zona: 22 Sul
 Datum Horizontal: SAD-69



Base: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - 2004 (CPRM)
 e Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina
 1:500.000 - 1986 (DNPM, MME e Governo do Estado
 de Santa Catarina)

Figura 1 – Mapa dos Domínios Hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina.

Jaguaruna, estando encoberta por sedimentos cenozóicos no extremo leste e sudeste de Santa Catarina. A oeste está sobreposta por depósitos sedimentares Gonduânicos da Província Paleozóica.

O Complexo Granulítico de Santa Catarina foi inicialmente definido por Hartmann *et al.* (1979), consistindo em rochas metamórficas nos fácies granulito e anfibolito. O evento metamórfico de alto grau tem idade transamazônica (2,2 Ga) (Chemale Jr. *et al.*, 1995). Fornari (1998) considera que as associações enderbítica, máfico-ultramáfica e metassedimentar foram metamorfisadas no fácies granulito, enquanto que a Suíte Alcalina Braço do Gavião e a Suíte Granítica Pomerode e diques de hornblenditos seriam posteriores ao evento metamórfico granulítico. Há vários granitos intrusivos no Complexo Granulítico de Santa Catarina, como os granitos Dona Francisca, Piraí, Agudos do Sul, Corupá e Morro Redondo.

O Complexo Camboriú é uma associação de gnaisses, migmatitos e granitos, com foliação subhorizontal. Segundo Rivera *et al.* (2004), normalmente trata-se de uma associação de orto e paragneisses quartzo-feldspáticos e anfibolíticos, subordinadamente pelíticos e calcissilicatados. Sua estrutura principal é um bandamento regular e contínuo, dado pela alternância de bandas máficas e félsicas, da fácies anfibolito médio a superior acompanhado de migmatização e geração de leucogranitos.

Na porção sudeste do Estado de Santa Catarina ocorre um grande batólito de rochas graníticas multi-intrusivas e polifásicas, denominadas como Batólito de Florianópolis e Granitóides Indiferenciados. Segundo Castro *et al.* (2003), os granitóides mais antigos são foliados, com composições granodioríticas a monzograníticas, subordinadamente dioritos até gabros, todos de afinidade cálcio-alcalina. Ocorrem também porções menos deformadas, quartzo-dioríticas, granodioríticas e monzoníticas. Os granitóides mais jovens associam-se às vulcânicas ácidas, apresentam afinidade alcalina, são isotrópos e demonstram composição entre monzo e sienogranítica.

Este subdomínio é o mesmo descrito como Sub-Província Pré-Cambriana de Brito Neves *et al.* (1979). Trata-se de um conjunto de rochas de diversas associações ígneas eo-cambrianas do embasamento cristalino, ocorrentes no leste do Estado. São materiais cujo armazenamento de água subterrânea está condicionado ao maior ou menor desenvolvimento das fraturas ou sistemas de fraturas que afetaram essas rochas.

Para Coitinho (2000), o Complexo Granulítico de Santa Catarina ainda é muito pouco conhecido em relação às águas subterrâneas. Descreve que o armazenamento de água está limitado à rede de fraturas, destacando-se os sistemas N20-30°E, N10-30°W, N40-60°E e N70-80°E.

Segundo Machado (2000), nas porções dos granitóides mais antigos (foliados), o sistema de fraturamento mais importante para a prospecção de água, corresponde aos lineamentos de distensão

NW-SE. As sucessivas reativações condicionaram a intrusão de diques de diabásios fraturados que proporcionaram uma contribuição maior para a vazão dos poços locais. Os valores de vazão dos poços são muito variáveis, comumente entre 7,0 e 20 m³/h. Os níveis estáticos são rasos e a capacidade específica varia de 0,06 a 1,72 m³/h/m. As entradas de água estão entre 12 e 75 metros e a profundidade média dos poços em 88 metros.

De acordo com SDM (1998), nestas mesmas porções, as águas subterrâneas devido às ótimas condições de recarga, apresentam-se fracamente mineralizadas, possuindo normalmente boa qualidade. Os resultados de análises indicaram valores de pH entre 5,5 e 8,2, portanto variando de ácido a alcalino, com baixos valores de resíduos secos, da ordem de 200 mg/l. Do ponto de vista hidroquímico, as águas variam de bicarbonatada sódica a bicarbonatada cloretada mista. Em locais que o manto de alteração é espesso, as águas apresentam-se fracamente mineralizadas, os valores de sais dissolvidos geralmente são inferiores a 100 mg/l, o pH varia de 5,55 a 6,82, portanto de caráter ácido, e as águas geralmente são bicarbonatadas calco-sódicas. O principal limitante para uso de suas águas refere-se à possibilidade de ocorrência de teores de flúor acima dos limites toleráveis.

Nas porções dos granitóides mais jovens (isótopos), segundo Machado (2000), as principais estruturas tectônicas presentes para prospecção de águas subterrâneas são de direção NW-SE (igualmente as porções de granitóides mais antigos) e NNE-SSW. Estas últimas são da fase de compressão e apesar das captações serem quantitativamente pequenas, estas estruturas, correlacionam-se com a ocorrência de águas minerais e termais. Os níveis de água variam de 0,60 a 92 metros de profundidade, com grandes rebaixamentos que podem alcançar a 88 metros. As capacidades específicas de 0,015 a 0,422 m³/h/m indicam a baixa produtividade deste sistema. Segundo Coitinho (2000) e Coitinho & Santos (2000), os poços produtivos analisados apresentam vazões entre 1,00 e 144 m³/h.

O condicionamento hidrogeológico, com circulação rápida das águas através de fraturas, grande área de recarga e elevado gradiente hidráulico desta porção, proporcionou a presença de águas com boa qualidade. Coitinho (2000) e Coitinho & Santos (2000) apresentam valores de pH entre 4,80 e 7,40, portanto de ácido a alcalino, com baixos valores de resíduo seco, com média de 85 mg/l, e grau de dureza média de 20,5 mg/l de CaCO₃. A fácies química predominante é bicarbonatada sódica ou bicarbonatada cloretada mista, e o único problema relacionado com sua qualidade refere-se aos teores excessivos de flúor que pode conter. As águas minerais e termominerais associadas a este sistema são do tipo oligomineral, mesotermiais e radioativas na fonte, com temperatura média de 37°C. As principais fontes localizam-se no município de Tubarão.

Subdomínio Vulcanossedimentar

O Subdomínio Vulcanossedimentar, baseando-se no trabalho de Hartmann & Fernandes (2000), corresponde às seqüências vulcanossedimentares de cobertura tardi a pós-brasilianas das bacias do Itajaí e Campo Alegre, Grabén de Corupá, além do Complexo Metamórfico Brusque. Ocupa uma área total de 1.540 km² no leste e nordeste do Estado de Santa Catarina, representando porções territoriais associadas ao Subdomínio Cristalino.

A Bacia do Itajaí é uma bacia vulcanossedimentar tardi a pós-orogênica associada ao colapso do Orógeno Pelotas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina e que ocupa uma área de mais de 700 km², alongada segundo a direção N60°E, acompanhando o curso do Rio Itajaí (Silva *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2003). A Bacia é formada por um conjunto de rochas metassedimentares detríticas (seqüência basal de conglomerados, arcóseos e arenitos, e seqüência de topo com turbiditos de afinidade marinha), encimadas e atravessadas por riolitos e granitos. Trata-se de uma bacia limitada, na maior parte do seu perímetro por falhas e zonas de cisalhamento que a separam do Complexo Granulítico (Biondi & Xavier, 2002).

A Bacia de Campo Alegre, segundo Biondi *et al.* (2001), é uma bacia vulcanossedimentar composta essencialmente por vulcanitos ácidos e sedimentos vulcanogênicos derivados, com características de uma bacia tardi-orogênica. Na base contém conglomerados e arcóseos intercalados com lavas traquíticas (predominantes), andesíticas e básicas (menos freqüentes). Sobre essas unidades depositaram-se várias seqüências vulcânicas com derrames, brechas, tufos e cinzas com composições essencialmente riolítica e traquítica. Durante essa fase vulcânica, as rochas foram alteradas por fluidos quentes de origem profunda (hidrotermais) e por fluidos superficiais (meteóricos). Ao final do vulcanismo a parte norte da bacia foi coberta por sedimentos elásticos finos e médios interpretados como depositados em um lago formado dentro de uma caldeira vulcânica.

De acordo com Daitx & Carvalho (1981), o Grabén de Corupá localiza-se ao sul da Bacia de Campo Alegre. As características litológicas e o empilhamento estratigráfico são semelhantes aos da Bacia de Campo Alegre, embora os estratos no Gráben de Corupá tenham mergulho mais alto. Consideram o Gráben de Corupá como um fragmento da Bacia de Campo Alegre, preservado da erosão por falhas.

O Complexo Metamórfico Brusque (Philipp *et al.*, 2004) é composto por seqüências supracrustais, cujo ambiente de deposição pode estar relacionado a uma margem continental passiva (Basei, 1985) ou a um *rift* intracontinental (Silva, 1991). Está situado na porção leste do Escudo Catarinense e faz parte de uma das clássicas áreas de cinturões de dobramentos do sul do Brasil. Estende-se como uma faixa de direção NE-SW, com cerca de 75 km de extensão e largura máxima

de 45 km. Apresenta limites tectônicos, definidos a noroeste pela Zona de Transcorrência Itajaí-Perimbó (Silva, 1991) e a sudeste pela Zona de Cisalhamento Major Gercino (Bitencourt *et al.*, 1989). Do ponto de vista litológico, o Complexo Metamórfico Brusque é constituído por uma seqüência de rochas predominantemente metassedimentares, com ocorrência subordinada de rochas metavulcânicas. Esta seqüência é intrudida por granitóides, representados por corpos tabulares e injeções de leucogranitos peraluminosos, e pelos granitos Compra Tudo, Valsungana e Serra dos Macacos.

Segundo Coitinho (2000) e Coitinho & Santos (2000), na porção deste subdomínio caracterizada por englobar as rochas do Complexo Metamórfico Brusque, da Bacia Vulcanossedimentar do Itajaí e os granitos intrusivos há dobramentos complexos, bem como estruturas rúpteis, principalmente falhas de cisalhamento e reversas, orientadas, preferencialmente, segundo a direção geral do cinturão - N45-50°E, além de falhamentos N20-30°E e N10-30°W. São estas as estruturas mais importantes para a prospecção de água neste sistema. Em poços tubulares para a extração de águas minerais neste sistema, vazões se mostram entre 1,1 e 66,0 m³/h, sendo que a maioria apresenta vazão inferior a 3,0 m³/h.

As águas subterrâneas deste subdomínio apresentam certas características físico-químicas que as distinguem das águas do Subdomínio Cristalino já descrito, como: temperatura (fontes frias, entre 18,6 a 23°C), pH em média mais alcalino (valores de pH entre 5,60 e 8,00) e resíduo de evaporação mais elevado (com valores de até 565 mg/l), maior grau de dureza (muitas vezes superior a 100 mg/l de CaCO₃). É importante ressaltar que existe uma importante heterogeneidade das características físico-químicas evidenciadas pelas águas deste subdomínio, que se deve principalmente à grande diversidade litológica presente.

Subdomínio Serra Geral 1

A Formação Serra Geral é o resultado de um evento vulcânico de natureza fissural que cobriu cerca de 75% de toda a Bacia do Paraná. O volume de magma estimado é próximo a 780.000 km³, contudo certamente este valor é muito maior, tendo, visto o processo erosivo fortemente atuante após o evento vulcânico (Gallagher *et al.*, 1994). O evento é caracterizado por sua natureza básica e caráter toleítico. Termos mais diferenciados, de composição ácida-intermediária também estão presentes, sem, entretanto, atingir 3% do volume total de rochas vulcânicas (Machado *et al.*, 2005).

Em Santa Catarina, os pacotes de lavas podem atingir espessuras superiores a 1.200 metros e depositaram-se sobre os arenitos da Formação Botucatu, cujo contato é discordante e abrupto, gerando muitas vezes *intertraps*, cuja origem está relacionada a uma pausa no evento vulcânico, ou até mesmo na penetração do magma, na forma de sills, nos sedimentos pré-vulcânicos.

Segundo Wildner *et al.* (2004), as variações composicionais, os dados geocronológicos, as características texturais e o arranjo entre derrames e intrusivas da bacia, possibilitaram a divisão do magmatismo Serra Geral em dez fácies distintas, seis relacionadas ao magmatismo máfico (fácies Gramado, Paranapanema, Pitanga, Esmeralda, Campo Erê e Lomba Grande) e quatro ao magmatismo intermediário a félsico (fácies Palmas, Chapecó, Várzea do Cedro e Alegrete).

Para Zanatta & Coitinho (2002), em Santa Catarina, a Formação Serra Geral, é constituída essencialmente por uma seqüência vulcânica básica predominante, representada por basaltos e andesitos, de coloração que vai de cinza escuro ao negro; e finalmente a seqüência intermediária e a seqüência ácida.

O Subdomínio Serra Geral 1 é representado pelos derrames basálticos e andesíticos que formam tipos de rochas predominantemente afíricas e subafíricas e sua distinção no campo é muito difícil. Este Subdomínio é conformado pelas seqüências vulcânica básica e intermediária. Possui cerca de 44.500 km² em Santa Catarina, ocupando quase toda porção oeste e central do Estado.

A seqüência vulcânica básica é formada por sucessivos derrames básicos que mostram um característico zoneamento. A partir da base para o topo ocorrem as seguintes zonas: zona vítrea, zona de fraturamento horizontal, zona de fraturamento vertical e zona amigdalóide.

A seqüência intermediária ocorre na região centro-oeste nas proximidades de Chapecó, Irani e Vargeão. São classificados como Traquiandesitos porfiríticos cinza-castanhos.

Machado & Freitas (2000) apresentam um estudo detalhado sobre a hidrogeologia e a hidroquímica do Aquífero Serra Geral no oeste de Santa Catarina. Neste estudo, dentre todos poços cadastrados, 843 foram perfurados sob 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 de água varia de 1 a 6 com média de 1,64 e a profundidade da última entrada de água ocorrendo entre 10 e 151 metros (média de 59,29 metros). Os perfis litológicos dos poços indicam, muitas vezes, que as entradas de água estão associadas às 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.

Ainda segundo este trabalho, as melhores condições aquíferas para estas rochas 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 ocorrem 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.

De um modo geral, para Machado & Freitas (2000), as águas apresentam uma baixa salinização, o que é compatível com o tipo litológico (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 registra valores entre 69,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 377,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O pH varia de ácido a alcalino entre amplos valores, com mínimo de 5,43 e máximo de 10,08. A alcalinidade total indica valores 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 fica entre 8,0 e 150,0 mg/l de CaCO_3 , com predominância dos valores mais baixos. Em Freitas *et al.* (2002) é mencionado que no oeste de Santa Catarina, sob rochas deste subdomínio, o número de poços nos quais ultrapassa os limites de potabilidade é muito pequeno em relação ao universo pesquisado, não sendo o flúor nesta região responsável por problemas de saúde pública. Em geral, os poços tubulares locais captam águas com temperaturas inferiores a 21°C, mas há alguns poucos minerais termais.

Subdomínio Serra Geral 2

O Subdomínio Serra Geral 2, com aproximadamente 2.500 km² no oeste de Santa Catarina, é constituído por rochas de natureza ácida (dacitos, riodacitos, quartzo latitos e riolitos) que via de regra, ocupam as porções superiores das seqüências vulcânicas e intermediárias (Luchetti *et al.*, 2005).

Segundo Nardy (1995), a Região Central da Bacia do Paraná em relação às rochas ácidas da Formação Serra Geral, são facilmente distinguíveis em dois fácies principais: Palmas e Chapecó. Segundo Romanini & Albuquerque (2000), as rochas vulcânicas ácidas tipo Palmas são usualmente afíricas e subafíricas. As rochas do fácies Chapecó são freqüentemente porfiríticas com cristais de plagioclásio com até 20 mm. O fácies Palmas está concentrado no Estado do Rio Grande do Sul, e subordinadamente nos Estados de Santa Catarina e Paraná, enquanto o fácies Chapecó domina a borda nordeste da Bacia do Paraná (limite de São Paulo e Paraná).

Freitas *et al.* (2002), em relação à potencialidade hidrogeológica de um sistema fraturado, classificam as rochas ácidas no oeste de Santa Catarina em dois tipos distintos: Muito Boa ou Regular. Segundo Machado & Freitas (2000), 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. Estas áreas demonstram um grande potencial para a ocorrência de fontes, que muitas vezes são protegidas e captadas pela comunidade rural. Neste trabalho foram cadastrados 176 poços 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. O manto de alteração médio é de 9,36 metros, fornecido pela profundidade do revestimento nos poços (entre 1,5 a 36,0 metros). As entradas de 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 oscilam de 0 a 55,0 m³/h, com média de 8,5 m³/h, e predominando, a 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 predomínio 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.

A hidroquímica das águas deste subdomínio é semelhante à apresentada no subdomínio das vulcânicas básicas. Machado & Freitas (2000) descrevem que, de uma maneira geral, as águas captadas das rochas efusivas ácidas apresentam menor quantidade de sais do que aquelas provenientes dos termos básicos e que normalmente valores de pH mais ácidos associam-se preferencialmente às rochas efusivas ácidas.

Domínio Poroso

Subdomínio Grupo Itararé

Segundo Weinschütz & Castro (2004), o Grupo Itararé guarda o mais importante registro de glaciação da história da Terra, desenvolvido em todo o Gondwana no Permo-Carbonífero. Na carta estratigráfica de Schneider *et al.* (1974), o Grupo Itararé foi dividido, na faixa aflorante sul-paranaense e catarinense, nas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul.

Por outro lado, o Grupo Itararé, para França & Potter (1988), consiste de três formações, que representam três ciclos de argilosidade crescente para cima: Lagoa Azul, cuja parte superior corresponde à Formação Campo do Tenente; Campo Mourão, correspondente à Formação Mafra; e Taciba, correspondente à Formação Rio do Sul.

Weinschütz (2001) identifica três divisões em cada uma das formações Mafra e Rio do Sul, divisões estas que o autor interpreta como pertencentes a três seqüências deposicionais. A Tabela 1 mostra as correlações litoestratigráficas do Grupo Itararé definidas nos três trabalhos acima.

Resumidamente, o Grupo Itararé é formado por sedimentos de idade permo-carbonífera, bastante expressivos na Bacia do Paraná, com espessura máxima de até 1.200 metros. Constitui-se predominantemente por arenitos finos a grossos avermelhados, esbranquiçados e amarelados, siltitos, ritmitos e folhelhos cinzentos, varvitos, diamictitos com estratificações e laminações convolutas, paralelas, cruzadas e onduladas, depositados em ambientes glaciais (fluviais, litorâneos e plataformais) (Moro & Brito Neves, 2004).

Tabela 1 - Correlação litoestratigráfica do Grupo Itararé com seqüências deposicionais definidas nos trabalhos descritos (modificada de Weinschütz & Castro, 2004).

Schneider et al. (1974)	França & Potter (1988)	Weinschütz (2001)
Fm, Rio do Sul (RS)	Ciclo/Fm. Taciba	Sup. (s): Siltito e folhelho
		Méd. (m): diamictito, arenito e siltito
Fm. Mafra (M)	Ciclo/Fm. Campo Mourão	Inf. (I): folhelho "Lontras"
		Sup. (s): arenito e diamictito
		Méd. (m): varvito, diamictito e arenito
Fm. Campo do Tenente (CT)	Ciclo/Fm. Lagoa Azul	Inf. (I): arenito e diamictito
		Folhelho, varvito e diamictito marron-avermelhado

O Subdomínio Grupo Itararé ocupa uma área de cerca de 6.420 km² na porção nordeste do Estado de Santa Catarina e que se estende até os limites com o Estado do Paraná.

Para Brito Neves *et al.* (1979), dada a composição litológica predominante de folhelhos e argilitos, o Grupo Itararé recebe a classificação de aquitardo. Na região de Mafra-Rio Negro, houve a perfuração de dez poços que apresentaram vazão média de 4,2 m³/h e capacidade específica média de 0,082 m³/h/m. Segundo SDM/SDA (1997), na região bacia do Rio Araranguá, a potencialidade hidrogeológica deste subdomínio é pequena, em razão das baixas porosidade e permeabilidade.

Porém em outros estudos na região de Criciúma, como por exemplo, Machado (2000), constata-se que as camadas aquíferas correspondentes às litologias da Formação Rio do Sul resultam em poços que podem produzir entre 4,5 a 45 m³/h, com nível estático que varia de surgente até cerca de 13 metros de profundidade. Este aquífero encontra-se sobreposto ao embasamento cristalino ou ocupando paleovales tectônicos. É na região entre os municípios de Braço do Norte e Grão-Pará, em um destes paleovales, que se encontram poços cujas capacidades específicas podem alcançar valores de até 3,5 m³/h/m. Dada à composição litológica predominante de folhelhos e argilitos, a produção dos poços é surpreendente, supondo-se que o fluxo da água

tenha um componente importante através de fraturamento tectônico. A captação por poços tubulares neste sistema aquífero deve ser feita entre profundidades de 80 a 130 metros.

Ainda segundo Machado (2000), as águas que percolam as litologias da Formação Rio do Sul possuem um pH que varia de 5,8 a 7,9. Os termos mais alcalinos se encontram normalmente associados às áreas de sedimentação em paleovales. Os tipos químicos bicarbonatados cálcicos a mistos, com teores de sais dissolvidos entre 80 e 360 mg/l, são predominantes. As águas são moles a moderadamente duras. Os teores de ferro estão entre 0,15 e 6 mg/l, em geral acima de 0,5 mg/l. Em alguns poços analisados, a água possui pronunciado cheiro de gás sulfídrico (H₂S) derivado da redução dos sulfatos.

Subdomínio Formação Rio Bonito

A Formação Rio Bonito, unidade inferior e permiana do Grupo Guatá, apresenta suas maiores espessuras em Santa Catarina e no sul do Paraná. Para Schneider *et al.* (1974), a Formação Rio Bonito é composta predominantemente por arenitos, siltitos, folhelhos e, subordinadamente, por camadas de carvão e calcário. Propõem, da base para o topo, a formalização das denominações de Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis para os membros desta formação, tendo ampla aceitação e uso em toda a Bacia do Paraná.

O Membro Triunfo é formado por depósitos flúvio-deltaicos compostos por arenitos imaturos finos a médios, localmente grosseiros e às vezes argilosos, micáceos e, secundariamente, arenitos muito finos, siltitos argilosos, folhelhos carbonosos, leitos de carvão e conglomerados (espessura entre 20 e 60 metros). O intermediário, denominado Membro Paraguaçu, é uma sedimentação que ocorre em ambientes marinhos de plataforma rasa sobre os sedimentos do Membro Triunfo, sendo composto por siltitos e folhelhos, ocorrendo intercalações de camadas de arenitos muito finos, quartzosos, micáceos, com laminação paralela e ondulada. O superior, Membro Siderópolis, é composto por arenitos intercalados por siltitos cinza, leitos e camadas de carvão e finalmente siltitos carbonosos (espessura normalmente superior a 90 metros). Esta unidade foi depositada em um ambiente litorâneo sobre sedimentos marinhos do Membro Paraguaçu (Castro *et al.*, 1994).

Este subdomínio ocupa uma área de cerca de 6.050 km² na porção centro-leste do Estado de Santa Catarina e que se estende até os limites com o Estado do Paraná. Constitui uma importante unidade hidrogeológica no que diz respeito à disponibilidade de água subterrânea, especialmente o Membro Siderópolis. Nas suas áreas de exposição, onde as camadas areníticas são aflorantes, comporta-se geralmente como aquífero livre, e, onde estes estratos são encobertos por camadas de siltitos ou carvão ou ainda pela formação Palermo, comporta-se como aquífero extenso confinado.

Localmente, onde ocorre interseção de diferentes sistemas de falhas, pode se comportar como aquífero intergranular extenso fraturado, livre ou confinado.

A potencialidade aquífera da Formação Rio Bonito é muito variável e depende de uma série de fatores de ordem geológica, geomorfológica e climatológica. Segundo Brito Neves *et al.* (1979) e Krebs & Amaral (2006), o subdomínio apresenta vazões que variam de 1 até 20 m³/h, com um valor médio de 6,71 m³/h. A condutividade hidráulica varia de 5,4x10⁻⁹ a 7,0x10⁻⁷ m/s. Ávila (1992), trabalhando em Siderópolis, identificou poços tubulares com vazões entre 1,50 e 80 m³/h e vazões específicas entre 0,02 e 5,11 m³/h/m.

Machado (2000), em seu estudo no município de Içara, afirma que as águas subterrâneas relacionadas à Formação Rio Bonito são bicarbonatadas cálcicas, com pH predominantemente alcalino entre 7,1 e 7,8. O total de sais dissolvidos varia entre 60 e 497 mg/l, e as águas em geral são moles a moderadamente duras. O teor de ferro varia entre 0,05 até 1,4 mg/l. Já no município de Criciúma, as águas são ácidas com pH entre 5,9 e 6,8, bicarbonatadas e sulfatadas cálcicas ou mistas, o teor de sais varia de 160 a 360 mg/l e a presença de ferro está entre 0,8 e 15,8 mg/l.

Segundo Krebs & Gomes (2005) e Krebs & Amaral (2006), a Formação Rio Bonito apresenta freqüentes variações laterais e verticais de fácies litológicas, além de ocorrerem freqüentes falhas geológicas que provocam basculamento dos blocos rochosos. Muitas vezes estas falhas encaixam diques de diabásio. Todos estes fatores interferem no comportamento hidrogeológico desta formação, assim como nos aspectos hidroquímicos de suas águas, constatando que é difícil definir-se uma assinatura hidrogeoquímica padrão para as águas deste subdomínio.

É importante ressaltar que esses aquíferos múltiplos têm comportamento bastante distinto no que diz respeito à vulnerabilidade à contaminação, especialmente em regiões com atividades de mineração de carvão.

Subdomínio Formações Permo-Triássicas

Este subdomínio de idade permo-triássica é formado por aquíferos de baixa produtividade relacionados aos sedimentos finos da Formação Palermo (Grupo Guatá) e das formações Irati, Serra Alta, Terezina e Rio do Rasto, todas pertencentes ao Grupo Passa Dois. Ocupa uma área aflorante com aproximadamente 11.085 km², que corta praticamente todo Estado de Santa Catarina, desde o Paraná, na porção centro-leste. De acordo com SDM (1998), a espessura deste pacote sedimentar pode alcançar 500 metros.

Conforme CETEM (2001), praticamente todas as formações citadas são constituídas, predominantemente, por rochas pelíticas, com poucas intercalações de rochas areníticas. Litologicamente, apresentam intercalações rítmicas de siltitos e folhelhos, laminados e finos, de

cores variáveis, em tons cinza-claro, cinza-escuro e avermelhado. Estas rochas são pouco permeáveis e, portanto, possuem baixa capacidade de transmissividade. Intercalam camadas de siltito arenoso e arenitos finos, cinza-claro, quartzosos, com grãos arredondados.

Existem autores que utilizam a nomenclatura alternativa “Formação Estrada Nova” para o conjunto “Formação Terezina” e “Formação Serra Alta”, atualmente adotadas na maioria dos trabalhos (Schneider *et al.*, 1974).

Neste momento é importante trazer informações sobre a Formação Rio do Rasto, topo do Grupo Passa Dois. Segundo Castro *et al.* (1994), em Santa Catarina, esta formação possui espessura superior a 150 metros e ocorre na forma de pequenos morros arredondados ou aflorando na porção média da encosta da Serra Geral, ocupando superficialmente a maior porção deste subdomínio hidrogeológico.

A Formação Rio do Rasto distingue-se das demais formações do Subdomínio das Permo-Triássicas devido ao maior caráter arenítico de sua composição. De qualquer forma, segundo Freitas *et al.* (2002), a Formação Rio do Rasto apresenta elevado teor de argilominerais que compromete consideravelmente sua eficiência hidráulica e, por isso, também deve ser incluída neste subdomínio. Na área da bacia do Rio Araranguá, esta formação possui maior potencialidade aquífera, principalmente no seu terço superior e quando comparada aos demais litotipos do Grupo Passa Dois (SDM/SDA, 1997).

Os dados sobre poços neste subdomínio são escassos. Praticamente inexistem informações sobre poços tubulares, dificultando o estabelecimento de valores e estimativas sobre a permeabilidade, capacidade específica, vazões e parâmetros hidroquímicos.

Brito Neves *et al.* (1979) descrevem a existência de poços tubulares com vazões entre 2,0 e 12,0 m³/h e vazões específicas entre 0,03 e 0,75 m³/h/m.

Segundo CETEM (2001), o modelo hidrogeológico, estabelecido a partir do traçado das linhas de fluxo e das informações geológicas e geomorfológicas, indica que este pacote rochoso atua principalmente como área de recarga para as unidades aquíferas sotopostas.

A vulnerabilidade à contaminação é baixa pelo fato de os intervalos aquíferos estarem capeados por espessos pacotes de rochas pelíticas pouco permeáveis (CETEM, 2001).

Subdomínio Guarani

Segundo Rosa Filho *et al.* (2003), o termo “Aquífero Guarani”, é apresentado como uma proposta para homenagear a memória da nação Guarani e para unificar uma terminologia relativa aos estratos do Triássico (formações Pirambóia/Rosário do Sul, no Brasil, e Buena Vista, no

Uruguai) e do Jurássico (formações Botucatu, no Brasil, Misiones no Paraguai e Tacuarembó no Uruguai e na Argentina).

Zanatta & Coitinho (2002) afirmam que, no Estado de Santa Catarina, o Aquífero Guarani é formado pelos sedimentos das formações Botucatu e Pirambóia/Rosário do Sul, distribuindo-se numa área de aproximadamente 49.200 km² e encontrando-se recoberto, em quase toda sua extensão, por rochas da Formação Serra Geral, o que o torna pouco vulnerável à contaminação. Pequenas faixas aflorantes na borda da Serra Geral, cerca de 1.600 km², constituem áreas de alta vulnerabilidade à contaminação, necessitando de monitoramento e controle, especialmente evitando-se o estabelecimento de atividades com alto potencial poluidor, que utilizem pesticidas e herbicidas e certos efluentes industriais contendo elementos de alta persistência.

A Formação Pirambóia/Rosário do Sul é formada por arenitos geralmente de granulação fina à média, possuindo fração argilosa maior na parte inferior que na superior da formação, onde localmente ocorrem arenitos grossos conglomeráticos. A sedimentação é do tipo continental.

A Formação Botucatu é constituída por arenitos de grãos finos a médios, rosados e com grandes estratificações cruzadas relacionadas com uma deposição eólica em ambientes desérticos.

Zanatta & Coitinho (2002) desenvolveram uma pesquisa exclusiva sobre o Aquífero Guarani em Santa Catarina. Destacam a grande variação geométrica das formações que constituem o Aquífero Guarani no Estado, com uma ampla variação de espessura (entre 24 e 286 metros) e distribuição sob as camadas confinantes da Formação Serra Geral. Segundo Freitas *et al.* (2002), a espessura do Aquífero Guarani no oeste do Estado atinge valores da ordem de 450 metros.

Zanatta & Coitinho (2002) mostram que os valores da capacidade específica abrangem uma amplitude de 0,17 a 4,60 m³/h/m, com os valores maiores coincidindo com a maior espessura do Guarani.

Segundo eles, o sentido principal de fluxo das águas subterrâneas no Aquífero Guarani em Santa Catarina, é de este para oeste e de nordeste para sudoeste (E-W e NE-SW). No sul do Estado o fluxo das águas subterrâneas se dá em direção ao oceano Atlântico. A temperatura das águas tende a aumentar, gradativamente, das áreas de recarga em direção à calha da bacia, em função do grau geotérmico natural, aproximadamente de 1°C/35m. Medidas de temperatura em áreas aflorantes indicam valores em torno de 22°C, aumentando em direção ao oeste catarinense, onde podem ultrapassar os 48°C, em áreas confinadas.

A recarga natural deste aquífero ocorre segundo dois mecanismos: por meio de infiltração das águas de chuva nas áreas de afloramentos e, de forma retardada, em parte da área de confinamento, por filtração vertical (drenança), ao longo de descontinuidades das rochas do pacote confinante.

É importante ressaltar que existe uma grande variabilidade na potencialidade do Aquífero Guarani em Santa Catarina. Segundo Machado (2005), na região sudeste de Santa Catarina, em cotas muito elevadas do topo da Formação Botucatu, o armazenamento de águas subterrâneas são bastante inviabilizados nesta unidade. CETEM (2001) explica que, nesta região, pelo fato da Formação Botucatu aflorar na encosta superior do planalto, atua somente como área de recarga para os aquíferos subjacentes da Formação Rio Bonito.

Em relação à hidroquímica, Zanatta & Coitinho (2002) constatam um aumento da condutividade específica em direção ao oeste, isto é, em direção ao centro da bacia, onde o grau de confinamento aumenta. O pH está entre 6 e 8 (pouco ácidas a levemente alcalinas). Em profundidades maiores as águas tornam-se alcalinas. Nas áreas onde ocorrem a pouca profundidade a salinidade apresenta-se baixa. Nas porções onde as profundidades são maiores, a salinidade traduzida em termos de sólidos totais dissolvidos é alta, chegando a valores em torno de 800 mg/l. Todas as amostras analisadas apresentaram flúor, valor que não ultrapassou a 0,8 mg/l. Em geral, as águas deste aquífero são bicarbonatadas cloretadas sódicas ou bicarbonatadas cloretadas sulfatadas sódicas. Desta forma, o Sistema Aquífero Guarani na região está saturado por água doce de boa potabilidade. Localmente pode ocorrer alteração na potabilidade, basicamente, devido ao aumento da salinidade e/ou do conteúdo de flúor.

Segundo Freitas *et al.* (2002), as águas do Aquífero Guarani no oeste de Santa Catarina, apesar de possuírem baixos teores de flúor, apresentam restrições a potabilidade, principalmente no tocante ao conteúdo de sólidos totais dissolvidos. Suas águas geralmente muito salinas e fortemente sódicas também podem ser inadequadas para a irrigação.

Subdomínio Depósitos Colúvio-Aluviais

Este subdomínio ocupa cerca de 3.850 km², posicionando em distintas porções das regiões leste e norte do Estado de Santa Catarina. São depósitos continentais terciário-quadernários, essencialmente terrígenos, denominados por Caruso Jr. (1997) e Krebs (2004), como Sistema de Leques Aluviais, que abrange os depósitos proximais de encostas e fluviais de canais meandantes. Este subdomínio é constituído de cascalhos, areias e lamas resultantes de processos de fluxos gravitacionais e aluviais de transporte de material. Nas porções mais distais, formam depósitos resultantes do retrabalhamento por ação fluvial dos sedimentos colúvio-aluvionares. Martin *et al.* (1988) destacam que, em geral, os depósitos aluviais mais grosseiros são mais antigos do que os mais finos. Os primeiros correspondem a condições paleoclimáticas semi-áridas, enquanto os últimos foram formados sob condições de paleoclimáticas análogas às atuais.

Machado (2000) descreve que a espessura destes depósitos, quando relacionados com rios instalados no embasamento cristalino, não ultrapassa em geral a 10 metros, e é em média de 5 metros. Quando associados a retrabalhamento fluvial, podem atingir espessuras superiores a 20 metros.

Nas proximidades da cidade de Forquilha e Maracajá, pode-se verificar que os leques aluviais são constituídos, predominantemente, por seixos e blocos de composição basáltica que apresentam boas perspectivas para captação de água através de poços escavados. Este sistema aquífero é responsável por grande parte do abastecimento das indústrias relacionadas ao beneficiamento de arroz na bacia do rio Araranguá (CETEM, 2001).

Segundo Krebs & Amaral (2006), o modelo hidrogeológico deste subdomínio, estabelecido a partir das características de relevo, granulometria, mudanças litológicas, variações de permeabilidade, linhas equipotenciais, sugere tratar-se de aquíferos com porosidade intergranular, com regime de fluxo livre, semi-confinados ou confinados, com nível estático próximo à superfície. A recarga se processa de maneira direta a partir das precipitações através dos próprios depósitos de leques ou de seus solos residuais e de maneira indireta a partir da infiltração de água nas encostas e deslocamento para as planícies onde se encontram os leques, isto é, no sentido do declive hidráulico.

O trabalho realizado por Krebs (2004) demonstra que este conjunto de aquíferos possui boa potencialidade, apresentando ótimas condições para a exploração através de poços escavados ou sistema de ponteiros interligadas, a um baixo custo de implantação e operação (sistema de ponteiros interligadas que permite obter vazões superiores a 35 m³/h). A predominância de fácies conglomeráticas em seus depósitos, eficientes áreas de recarga situadas nas proximidades da escarpa da Serra Geral (onde as precipitações pluviométricas são mais frequentes), ausência ou pequena cobertura, são fatores que indicam ter este sistema boa capacidade em armazenar e ceder água.

Machado (2000) constata que os níveis de água subterrânea são rasos, variando de 1,3 metros em poços tubulares até 7,5 metros em poços escavados manualmente. As vazões obtidas em poços tubulares na região de Forquilha variam de 7 a 20 m³/h. Krebs *et al.* (2007) apresentam um laudo técnico de um teste de bombeamento no qual o poço tem vazão de 35 m³/h, com um rebaixamento de 16,40 metros. Ainda descreveu uma variação muito grande nos valores de capacidade específica para este subdomínio. Os valores foram entre 0,55 m³/h/m e 2,12 m³/h/m.

Em Krebs & Amaral (2006), este subdomínio é caracterizado por possuir vulnerabilidade natural que varia de moderada à extrema. Em suas porções mais distais, a vulnerabilidade é moderada. Isto se deve ao fato de nestas porções os leques possuírem uma cobertura de material

siltico-argiloso, originada a partir de processos de transbordamento. À medida que se aproximam da linha de costa, estes depósitos de leques são encobertos por depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico. Na porção média destes depósitos de leques, ocorre uma faixa onde a vulnerabilidade é alta. Em suas áreas proximais, estes depósitos rudáceos com alta permeabilidade não possuem cobertura e apresentam vulnerabilidade extrema.

Segundo Machado (2000), a qualidade química das águas é muito variável, de acordo com a origem e o tipo de sedimentação das litologias. Nas áreas relacionadas com a ocorrência de rochas graníticas do embasamento cristalino, as águas são de boa qualidade, com valores de pH ácido e totais de sais dissolvidos inferiores a 100 mg/l. Nas áreas de retrabalhamento por ação fluvial de litologias gongolíticas, como na região de Forquilha, o pH é ácido e o teor de sais dissolvidos está entre 100 e 200 mg/l. Ocasionalmente, os teores de ferro podem superar os limites recomendados de potabilidade. CETEM (2001) descreve que as águas deste subdomínio apresentam pH entre 5 e 7.

Subdomínio Depósitos Costeiros

De acordo com Caruso Jr. (1997), este subdomínio representa uma faixa com extensos depósitos arenosos quaternários de origem marinha com retrabalhamento eólico; o relevo é relativamente plano, com altitudes na ordem dos 10 metros e podendo atingir até 30 metros, e depósitos típicos de sistema laguna-barreira, englobando uma série de depósitos lagunares, deltáicos, paludais, praias, marinhos e eólicos, acumulados no Pleistoceno Superior e Holoceno. Corresponde ao conjunto dos distintos depósitos costeiros denominados de Sistema Laguna-Barreira Pleistocênica e Sistema Laguna-Barreira Holocênica, que ocupam cerca de 3.600 km².

Os estudos realizados por Krebs & Alexandre (2000) mostram claramente que os depósitos arenosos costeiros correspondem a uma imensa área de descarga das águas subterrâneas, que fluem das encostas dos platôs em direção ao mar.

Machado (2000), ao trabalhar na hidrogeologia da Folha de Criciúma, interpreta que neste subdomínio existem 03 distintos sistemas aquíferos: aquíferos intergranulares extensos semi-confinados, aquíferos intergranulares extensos confinados e aquíferos intergranulares extensos livres.

Neste, descreve que o sistema de aquíferos intergranulares extensos semi-confinados, representado pelos campos de dunas eólicas e a barreira que se estende ao longo da atual linha de costa, apresentam nível de água muito próximo da superfície em geral. Os poços apresentam uma capacidade específica alta, de até 6 m³/h/m, podendo fornecer vazões superiores a 30 m³/h. As

constantes hidrodinâmicas obtidas por Santos (1975) indicam valores de transmissividade de 199,7 m²/dia, porosidade eficaz de $4,6 \times 10^{-2}$ e condutividade hidráulica (K) de 6,66 m/dia.

As águas deste sistema apresentam pH de ácido a alcalino (5,5 a 7,7), com predomínio de águas com pH neutro. A dureza varia de 88 a 156,8 mg/l de CaCO₃, portanto de ligeiramente duras a moderadamente duras. O resíduo seco normalmente é superior a 200 mg/l, sem, no entanto, ultrapassar a 400 mg/l. O ferro sempre está presente em teores muito variáveis, mas na maioria dos poços é maior que 0,3 mg/l, especialmente em pequenas profundidades, quando o aquífero é captado através de ponteiras. Os poços tubulares, entretanto, necessitam tratamento com aeração para a redução dos teores de ferro.

Ainda Machado (2000) caracteriza o sistema de aquíferos intergranulares confinados, representado pela sedimentação lagunar relacionada geneticamente com a construção da barreira marinha, descrevendo que as vazões são altas nos poços profundos, podendo ultrapassar a 40 m³/h, com níveis estáticos entre 0,2 e 2 metros. As águas do sistema aquífero são alcalinas com pH variando de 7,2 a 8,0. Os valores de dureza indicam águas moderada a extremamente duras, com valores de 180 a 7.000 mg/l de CaCO₃ e resíduo seco geralmente superior a 400 mg/l. Encontram-se teores de sais dissolvidos superiores a 14.000 mg/l em regiões de sedimentos lagunares encobertos por deltas intralagunares. Característica deste sistema é a presença constante de ferro, quase sempre em teores acima de 0,3 mg/l.

Por último, o sistema de aquíferos intergranulares extensos livres, que corresponde aos depósitos preservados da barreira marinha, que quando apresentam níveis estáticos próximos da superfície, a capacidade específica média é de 3 m³/h/m. Como a barreira marinha mostra em várias seções altitudes bem maiores que aquelas dos sedimentos holocênicos, o nível estático neste caso pode ser profundo e os poços apresentarem menor capacidade específica e vazão. Daí resultam poços com vazões tão diversas, variáveis entre 5 e 60 m³/h. As águas deste sistema possuem pH de 4,4 a 5,5, não conhecendo-se poços com águas alcalinas. Os valores de dureza são baixos, entre 8,9 e 58,0 mg/l de CaCO₃, com predominância dos valores abaixo de 20 mg/l de CaCO₃. Os valores de resíduo seco estão abaixo de 100 mg/l.

Borges (1996) caracteriza o Aquífero Campeche que ocorre no leste da Ilha de Santa Catarina. Ele mostra, a partir de seus estudos, que a profundidade média dos poços é 38,29 metros, os níveis estáticos encontrados em poços tubulares locais são rasos (entre 1,9 e 5,0 metros), as vazões estão entre 23,3 e 61,0 m³/h (média de 48,36 m³/h) e as vazões específicas variando entre 2,41 e 13,42 m³/h/m.

Foppa *et al.* (2004) mostram que em áreas costeiras do município de Camboriú, há concentrações elevadas de amônio, nitrato, fosfato e parâmetros microbiológicos, indicando a forte

contaminação do aquífero local, relacionada à falta de saneamento básico. Além disso, a contaminação bacteriológica é significativa, podendo comprometer a saúde pública.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os subdomínios hidrogeológicos mais promissores no Estado de Santa Catarina são: o Subdomínio Guarani (capacidade específica de até 4,60 m³/h/m) e o Subdomínio Formação Rio Bonito (capacidade específica de até 5,11 m³/h/m).
- Apesar do conhecido potencial do aquífero Guarani, na região sudeste de Santa Catarina sob o Subdomínio Guarani, o armazenamento de águas subterrâneas é bastante inviabilizado em cotas muito elevadas.
- Os subdomínios referentes ao Serra Geral constituem o principal recurso de água subterrânea na região oeste do Estado de Santa Catarina. Suas características permitem a captação de água subterrânea a um custo reduzido, muitas vezes suprindo satisfatoriamente as comunidades rurais e indústrias.
- Na região leste do Estado, os subdomínios dos depósitos Costeiros e Colúvio-Aluviais são importantes como recursos de água subterrânea, pois também permitem a captação de água subterrânea a um custo reduzido (principalmente através de poços escavados ou sistema de ponteiros interligadas), suprindo satisfatoriamente as comunidades locais e indústrias. Por outro lado, devido à natureza areno-conglomerática destes depósitos, possuem alta vulnerabilidade natural na maior parte das áreas que abrangem.
- O Subdomínio Formações Permo-Triássicas, hidrogeologicamente, é o menos promissor do Estado, pois é formado por aquíferos de baixa produtividade. Dentre suas distintas formações, a Formação Rio do Rasto, devido ao seu maior caráter arenítico, pode possuir maior potencialidade aquífera, principalmente no seu terço superior. Estudos mais detalhados neste subdomínio deverão ser realizados para conhecer a sua real potencialidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), por terem fornecido os dados do SIAGAS referentes ao Estado de Santa Catarina e a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, indispensáveis para a realização do trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ÁVILA, E.L. (1992) *Caracterização Hidrogeológica e Hidrogeoquímica da Formação Rio Bonito na Região de Siderópolis e Adjacências*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geociências, UFSC. Florianópolis. 242 p.
- BASEI, M.A. (1985). *O Cinturão Don Feliciano em Santa Catarina*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, USP. São Paulo. 193 p.
- BIONDI, J.C.; BARTOSZECK, M.K.; VANZELA, G.A. (2001). “Análise da favorabilidade para depósitos de caulim na Bacia de Campo Alegre (SC)”. *Revista Brasileira de Geociências*. 31, 1, pp. 59-66.
- BIONDI, J.C.; XAVIER, R.P. (2002). “Fluidos associados à mineralização da mina de ouro Schramm, Complexo Granulítico Luís Alves (SC)”. *Revista Brasileira de Geociências*. 32, 2, pp. 235-244.
- BITENCOURT, M.F.; HACKSPACHER, P.C.; NARDI, L.V.S. (1989). “A Zona de Cisalhamento Major Gercino - Santa Catarina” in *Anais do II Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, Fortaleza, pp. 214-216.
- BORGES, S.F. (1996). *Características Hidroquímicas do Aquífero Freático do Balneário Campeche, Ilha de Santa Catarina-SC*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geografia, UFSC. Florianópolis. 200p.
- BRITO NEVES, B.B.; SILVA, A.B.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; FONTES, C.A. (1979). “Geologia e Províncias Hidrogeológicas de Santa Catarina”. *Mineração e Metalurgia*. 416, pp. 22-34.
- CARUSO Jr., F. (1997). *Mapa Geológico da Região Sul de Santa Catarina*. Itajaí. UNIVALI/OSNLR/UFRJ. Mapa Colorido 90cm X 90cm. Escala 1:100.000.
- CASTRO, J.C.; BORTOLUZZI, C.A.; CARUSO JR., F.; KREBS, A.S.J. (1994) *Coluna White: Estratigrafia da Bacia do Paraná no Sul do Estado de Santa Catarina - Brasil*. Secretaria de Estado de Tecnologia, Energia e Meio Ambiente. Florianópolis. (Série Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, 4), 68 p.
- CASTRO, N.A.; CROSTA, A.P.; FERREIRA, F.J.F.; BASEI, M.A.S.; PASCHOLATI, M.E. (2003). “Quadro geológico regional da porção central do Embasamento Pré-Ordoviciano de Santa Catarina com base em imagens landsat-5TM e aerogeofísicas”. *Revista Brasileira de Geociências*, 33, 2, pp. 161-172.
- CETEM (2001). *Projeto Conceitual para Recuperação Ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense*. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro. Volume 3, 50 p.
- CHEMALE JR., F.; HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C. (1995). “Stratigraphy and tectonism of the Brasiliano Cycle in southern Brazil” in *Communications of the Geological Survey of Namibia*. 10, pp. 151-166.
- COITINHO, J.B.L. (2000). *Águas Minerais de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis. 216 p.

COITINHO, J.B.L.; SANTOS, G.T. (2000). “Águas Minerais de Santa Catarina“ in Anais do IV Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 1 CD-ROM.

DAITX, E.C.; CARVALHO, M.A.S. (1981). *Projeto geoquímica na área de Guaratubinha-Piên*. DNPM/CPRM. Porto Alegre.1, 184 p.

FOPPA, C.C.; KUROSHIMA, K.N.; MEDEIROS, R.P.; BORGES, S.F.; BARREIROS, M.A.B.; ARAÚJO, S.A.; SCHERER, P.F.; LACAVAL, L.; BONILHA, L.E.C. (2004). “Avaliação da qualidade da água subterrânea e mobilização social: em busca da gestão participativa do uso da água (Praia de Taquaras, Balneário Camboriú/SC)” in XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá, 1 CD-ROM.

FORNARI, A. (1998). *Geologia e Metalogênese da Porção Meridional do Cráton Luís Alves, SC*. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geociências, UNICAMP. Campinas, 136 p.

FRANÇA, A.B., POTTER, P.E. (1988). “Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), bacia do Paraná (Parte 1)”. Boletim de Geociências da Petrobrás. 2, 2/4, pp. 147-191.

FREITAS, M.A.; CAYE, B.R.; MACHADO, J.L.F. (2002). *Diagnóstico dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Oeste do Estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina*. CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI. Porto Alegre. 100 p.

GALLAGHER, K.; HAWKESWORTH, C.J.; MANTOVANI, M.S.M. (1994). “The denudation history of the onshore continental margin of SE Brazil inferred from apatite fission track data”. Journal of Geophysical Research. 99, pp. 18117-18145.

HARTMANN, L.A.; FERNANDES L.A.D. (2000). “Crustal evolution of southern Brazil: juvenile accretion and shear zones” in XXXI International Geological Congress, Rio de Janeiro, Field Trip Guide, 50 p.

HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C.; ORLANDI F^o, V. (1979). “Complexo Granulítico de Santa Catarina - Descrição e implicações genéticas”. Acta Geologica Leopoldensia. 6, pp. 93-112.

KREBS, A.S.J. (2004). *Contribuição ao Conhecimento dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, SC*. Tese de Doutorado. Departamento de Geociências, UFSC. Florianópolis. 375 p.

KREBS, A.S.J.; ALEXANDRE, N.Z. (2000). “Recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Araranguá - SC: disponibilidade e conflitos” in Anais do I Joint World Congress on Groundwater, Fortaleza, 1 CD-ROM.

KREBS, A.S.J.; AMARAL, J.E. (2006). “Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos da área correspondente à Bacia Carbonífera de Santa Catarina-Brasil” in XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba, 1 CD-ROM.

KREBS, A.S.J.; GOMES, C.J.B. (2005). “Caracterização hidroquímica das águas do aquífero Rio Bonito na região carbonífera de Santa Catarina” in Anais XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, 1 CD-ROM.

KREBS, A.S.J.; SCHEIBE, L.F.; GOMES, C.J.B. (2007). “*Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Relacionado aos Depósitos de Leques Aluviais na Bacia do Rio Araranguá, SC*”. CPRM. Rio de Janeiro. Disponível em http://www.cprm.gov.br/publique/media/carac_aqui.pdf, acessado em 25 de maio de 2007.

LUCHETTI, A.C.F.; MACHADO, F.B.; NARDY, A.J.R.; SQUISATO, E.; OLIVEIRA, M.A.F. (2005). “*Litoestratigrafia e litogeoquímica das rochas vulcânicas ácidas associadas ao vulcanismo Serra Geral*” in III Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, Cabo Frio, disponível em http://www.simpvulc2005.ggf.br/nukleo/pdfs/0070_luchetti_et_al.pdf, acessado em 25 de maio de 2007.

MACHADO, F.B.; NARDY, A.J.R.; MELO, R.P.; OLIVEIRA, M.A.F.; SQUISATO, E. (2005). “*As rochas intrusivas da Formação Serra Geral na porção leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo: aspectos petrográficos e geoquímicos – resultados preliminares*”. Geociências. 24, 1, pp. 5-17.

MACHADO, J.L.F. (2000). “*Mapa Hidrogeológico da Folha de Criciúma, escala 1:250.000*”, in Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Criciúma, Folha SH.22-X-B. Estado de Santa Catarina. Escala 1:250.000. Org. Silva, M.A.S.e Leites, S.R. CPRM. Porto Alegre. pp. 62-73. 1 mapa.

MACHADO, J.L.F. (2005). “*A verdadeira face do Aquífero Guarani: mitos e fatos*” in Anais II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, Ribeirão Preto, 1 CD-ROM.

MACHADO, J.L.F.; FREITAS, M.A. (2000). “*Hidroquímica do Aquífero Serra Geral no oeste de Santa Catarina*” in Anais do I Joint World Congress on Groundwater, Fortaleza, 1 CD-ROM.

MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.M., AZEVEDO, A.E.G. (1988). *Mapa Geológico do Quaternário Costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina*. DNPM. Brasília. (Série Geologia, 28, Seção Geologia Básica, 18) 40 p, 2 mapas.

NARDY, A.J.R. (1995). *Geologia e Petrologia do Vulcanismo Mesozóico da Região Central da Bacia do Paraná*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Rio Claro. 316 p.

MORO, R.P.X.; BRITO NEVES, B.B. (2004). “*Nota Explicativa do Mapa Geológico da Formação da Formação Camarinha – PR*”. Boletim Paranaense de Geociências. 55, pp. 43-51.

PHILIPP, R.P.; MALLMANN, G.; BITENCOURT, M.F.; SOUZA, E.R.; SOUZA, M.M.A.; LIZ, J.D.; WILD, F.; ARENDT, S.T.; OLIVEIRA, A.S.; DUARTE, L.; RIVERA, C.B.; PRADO, M. (2004). “*Caracterização litológica e evolução metamórfica da porção leste do Complexo Metamórfico Brusque, Santa Catarina*”. Revista Brasileira de Geociências. 34, 1, pp. 21-34.

RIVERA, C.B.; BITENCOURT, M.F.; NARDI, L.V.S. (2004). “*Integração de parâmetros físicos do magma e composição química dos minerais na petrogênese do Granito Itapema, SC.*” Revista Brasileira de Geociências. 34, pp. 361-372.

ROMANINI, S.J.; ALBUQUERQUE, L.F. (2000). *Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná*. CPRM. Porto Alegre. (Série Metais do Grupo da Platina e Associados, 21) 69 p.

ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C.; ROSTIROLLA, S.P.; FERREIRA, F.J.F.; BITTENCOURT, A.V.L. (2003). “Sistema Aquífero Guarani - Considerações preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas”. Revista Águas Subterrâneas. 17, pp. 91-111.

SANTOS, J.P. (1975). *Estudos Hidrogeológicos para o Abastecimento de Água da Cidade de Laguna-SC*. CASAN / IPT. Laguna. 25 p. 2 mapas.

SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. (1974). “Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná” in Anais XXVIII do Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, 1, pp. 41-65.

SDM (1998). *Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar*. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente. Florianópolis. Vol. 5. Parte 1. 163 p.

SDM/SDA (1997). *Plano de Gestão e Gerenciamento da Bacia do Rio Araranguá. Zoneamento da Disponibilidade e da Qualidade Hídrica*. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente / Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Florianópolis. Vol. 9. 106 p.

SILVA, L.C. (1991). “O Cinturão Metavulcanossedimentar Brusque e a evolução policíclica das faixas dobradas Proterozóicas no sul do Brasil: uma revisão”. Revista Brasileira de Geociências. 21, pp. 60-73.

SILVA, L.C.; ARMSTRONG, R.; PIMENTEL, M.M.; SCANDOLARA, J.; RAMGRAB, G.; WILDNER, W.; ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A.M.; RIZZOTO, G.; QUADROS, M.L.E.S.; SANDER, A.; ROSA, A.L.Z. (2002). “Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, Parte III: Províncias Borborema, Mantiqueira Meridional e Rio Negro-Juruena”. Revista Brasileira de Geociências. 32, 4, pp. 529-544.

SILVA, L.C.; BORTOLUZZI, C.A. (1987) Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina: texto explicativo. DNPM/SCTME. Florianópolis. (Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, 1) 216 p. 1 Mapa.

WEINSCHÜTZ, L.C. (2001). *Análise estratigráfica e faciológica do Grupo Itararé na região de Mafra/SC e Rio Negro/PR, borda leste da Bacia do Paraná*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, UNESP. Rio Claro. 59 p.

WEINSCHÜTZ, L.C.; CASTRO, J.C. (2004). “Arcabouço cronoestratigráfico da Formação Mafra (intervalo médio) na região de Rio Negro/PR - Mafra/SC, borda leste da bacia do Paraná”. Revista da Escola de Minas. 57, 3, pp. 151-156.

WILDNER, W.; ORLANDI Fº.,V.; GIFFONI, L.E. (2004). *Excursão Virtual aos Aparados da Serra, RS/SC: Aspectos Geológicos e Turísticos Cânions do Itaimbézinho e Fortaleza*. CPRM. Porto Alegre. 88 p.

ZANATTA, L.C.; COITINHO, J.B.L. (2002). “Utilização de poços profundos no Aquífero Guarani para abastecimento público em Santa Catarina” in XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, 1 CD-ROM.