

# O CONTEXTO TECTÔNICO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS GUARANI E SERRA GERAL EM SANTA CATARINA: UMA REVISÃO .

Luiz Fernando Scheibe<sup>1</sup> & Ricardo César Aoki Hirata<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

O projeto SAG - PROJETO PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI -, em desenvolvimento, representa uma oportunidade única para o crescimento e a sistematização do conhecimento sobre este que é considerado um dos mais importantes reservatórios de água subterrânea do planeta (HIRATA et al., 2006).

De forma bem mais fragmentada, diversos estudos têm sido realizados sobre os recursos hídricos contidos nas rochas constituintes da Formação Serra Geral, cujas características hidrogeológicas diversificadas representam um enorme desafio para sua correta avaliação e compreensão.

Apesar disso, tem sido relativamente freqüente encontrar, na literatura mais atual, a expressão “Sistema Aquífero Serra Geral” (SASG), bem como evidências cada vez mais concretas de conectividade hidráulica entre esse sistema e o Sistema Aquífero Guarani, especialmente nos estados de Santa Catarina, Paraná e do Rio Grande do Sul.

A região Oeste dos dois primeiros estados, bem como a região Norte e Noroeste do Rio Grande do Sul, têm como principal fonte de águas subterrâneas o SASG, e a utilização das águas subterrâneas deste aquífero tem crescido exponencialmente. Só na região do extremo oeste de Santa Catarina foram cadastrados, até 2002, mais de 2.700 poços tubulares com profundidade média de 117m e vazão média de 7,7 m<sup>3</sup>/h (PROESC, in FREITAS, 2003<sup>3</sup>); e segundo informação verbal do mesmo Freitas, durante a XXVIII SEMAGEO em Florianópolis, em maio de 2007, um cadastro complementar realizado em 2005 pela CPRM atingiu um total superior a 5700 poços nessa mesma região, embora com crescente dificuldade na obtenção de vazões significativas.

---

<sup>1</sup> Departamento de Geociências da UFSC; Pós-doutorando do CNPq no Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental da USP. R. Cônego Bernardo, 283, Florianópolis, SC, CEP 88036-570. Tel (48) 3721 8813, Fax (48) 3721 9983, e-mail [scheibe@cfh.ufsc.br](mailto:scheibe@cfh.ufsc.br).

<sup>2</sup> Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental da USP, Instituto de Geociências, Cidade Universitária, São Paulo, SP. e-mail [rhirata@usp.br](mailto:rhirata@usp.br).

<sup>3</sup> O PROESC - Projeto Oeste de Santa Catarina, constou da elaboração de um diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina, a cargo de equipe da CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI. Realizou estudos multidisciplinares de mapeamento geológico, cadastramento de poços tubulares, estudos hidrológicos, climatológicos e hidroquímicos em parte da área de abrangência da Formação Serra Geral em SC. As informações sintetizadas neste relatório acham-se disponibilizadas em <http://www.cprm.gov.br/sureg-pa/prodesc/relatorios/TEXTO.pdf>, contendo um relatório e os 16 mapas que o integram.

As águas do Sistema Aquífero Guarani vêm sendo também gradativamente mais exploradas, em Santa Catarina, pela CASAN (Cia. Catarinense de Saneamento), especialmente através de poços profundos, e representam, portanto, para esta área, uma reserva de importância estratégica, não só para os usos no abastecimento público, como para dessedentação de animais, indústria e agricultura, bem como para o turismo, pelas suas características produtivas e geotermiais. A possibilidade de uso geotermal tem sido citada como um dos temas de estudo a serem aprofundados. O Aquífero Guarani, sendo constituído por arenitos, apresenta na sua zona de recarga a maior vulnerabilidade à contaminação antrópica.

Nestes três estados, a proporção de aproveitamento das águas subterrâneas do SASG é muito maior do que aquela do Aquífero Guarani. É necessário, também, levar em consideração que, ao contrário do caráter quase totalmente confinado deste, as águas do Serra Geral são exploradas através de poços relativamente rasos e geralmente têm ligação direta com as águas da superfície. Isto as torna muito mais acessíveis, mas também muito mais vulneráveis aos processos de contaminação, tanto pelas próprias fraturas das rochas como, muitas vezes, devido a defeitos construtivos dos poços.

Desta forma, se é possível estudar especificamente cada um desses sistemas aquíferos, para compreensão dos seus principais aspectos hidrológicos e hidrogeológicos, é também necessário buscar a compreensão de suas inter-relações, encarando-os eventualmente como uma única unidade de gestão – junto com os recursos hídricos superficiais de cada bacia hidrográfica - , especialmente nas áreas acima referidas, onde essas relações se fazem cada vez mais evidentes, à medida que aumenta a demanda pelos recursos hídricos, devido aos processos produtivos, aos diversos períodos de estiagem que as têm assolado nos últimos anos e também à carga de contaminantes já presente em muitos dos mananciais superficiais.

Com vistas a viabilizar pesquisas com este enfoque integrado, foi elaborado em 2005/2006 o Projeto de Pesquisa “Rede Guarani/Serra Geral” (SCHEIBE [coord.] 2006), em regime de “encomenda” da Agência Nacional de Águas (ANA), com fundos do CTHidro; o mesmo está sendo implementado através do CNPq, congregando pesquisadores das universidades e instituições de pesquisa de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e do Paraná e com participação das respectivas FAPs<sup>4</sup>. Seus objetivos gerais são:

Gerar conhecimentos técnicos e científicos para a proteção e uso sustentável das águas do Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral (SAIG/SG), no sul do Brasil, por meio de uma Rede de Pesquisa Regional de Universidades e Centros de Pesquisas, e proposição de um marco legal com vistas à gestão trans-fronteiriça do Sistema. (SCHEIBE, 2006).

---

<sup>4</sup> Em Santa Catarina, a REDE GUARANI/SERRA GERAL é coordenada pelo Convênio FUNJAB/FAPESC n. 15.915/2007-8

## AS RELAÇÕES GUARANI/SERRA GERAL E A TECTÔNICA

Do total da área do Sistema Aquífero Guarani (1.195.500 km<sup>2</sup>), aproximadamente 12,8% estão representados pelas zonas de afloramento, ou seja, 153 mil km<sup>2</sup>, sendo que 67,8% (104 mil km<sup>3</sup>) localizam-se no Brasil, 30,1% no Paraguai e 2,1% no Uruguai (ANA, 2001). Em todo o restante da sua área de ocorrência, ou seja, cerca de 1.000.000 de km<sup>2</sup>, encontra-se sotoposto às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, que constituem por sua vez um importante aquífero do tipo fraturado. Falhamentos de grande porte fazem a ligação entre ambos, que passam então a constituir o que, no Projeto da REDE GUARANI/SERRA GERAL (SCHEIBE [coord.] 2006), e tendo em vista uma proposta de gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas, se propôs denominar de “**Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral**” (SAIG/SG) (Figura 1).

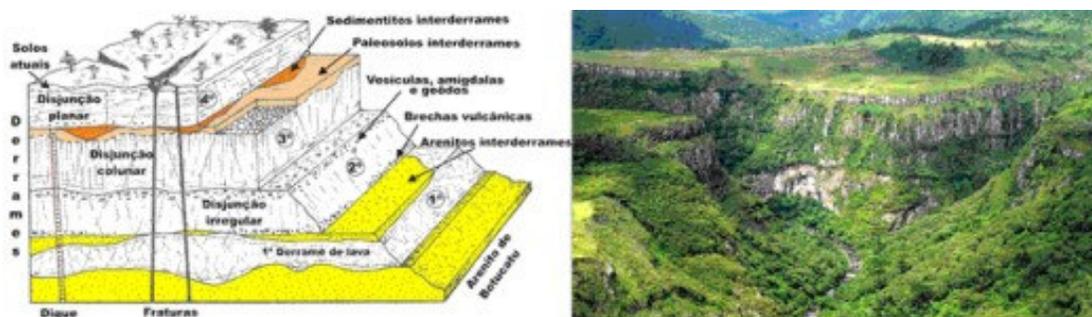


Figura 1: A figura à esquerda mostra o Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral (SAIG/SG). Na foto à direita, da região de Urubici, SC, pode ser observada a morfologia das rochas vulcânicas (Sistema Aquífero Serra Geral), e logo abaixo, a escarpa constituída pelo Arenito Botucatu (Sistema Aquífero Guarani). (Foto: Carlos Henrique Fensterseiffer)

O principal estudo hidrogeológico já executado em Santa Catarina foi o Projeto Oeste de Santa Catarina – PROESC (FREITAS et al., 2003). Nesse estudo, que abrangeu 22.500 km<sup>2</sup> (23,56% da Superfície do Estado), foram cadastrados 2.726 poços tubulares e efetuadas 183 análises químicas completas de águas desses poços. Em seu relatório final os autores se referem ao “**Aquífero Fraturado Serra Geral**”, acentuando que suas características permitem a captação de águas subterrâneas satisfatórias para o abastecimento de comunidades rurais, indústrias e sedes de pequenos municípios sendo, além disso, muito exploradas em condomínios residenciais (Figura 2) das principais cidades da região, inclusive com interferência de poços.



Figura 2: Perfuração de poço na Formação Serra Geral, entrada da garagem de condomínio residencial em Chapecó, SC, em maio de 2008. (Foto Luiz Fernando Scheibe).

Segundo ainda Freitas et al. (2003), “a melhor situação para a ocorrência de água subterrânea se dá quando há vários pequenos derrames empilhados, separados por autobrechas e arenitos intertrápicos, interceptados por fraturas tectônicas, em terrenos de topografia suavizada e pouco dissecada” (p. 80-81). Nesse sentido, é significativa a quantidade de informações aportada, sobre a estratigrafia da Formação Serra Geral e as características das principais litologias constituintes, em especial, os tipos ácidos – Palmas e Chapecó – que se situam, na área estudada, numa porção intermediária, separando uma seqüência de basaltos inferior de outra superior, sempre com discontinuidades marcadas pela presença de rochas sedimentares e até por brechas peperíticas. (Figura 3).



Figura 3: Brecha “peperítica” no contato entre derrames da Serra Geral, revelada na escavação da casa de força da UHE Foz do Chapecó, no rio Uruguai. Maio de 2008. (Foto Luiz Fernando Scheibe).

Ao considerar as características químicas das águas dos Aquíferos Serra Geral e Guarani, Freitas et al. (2003) ressaltam as diferenças entre ambos, e especialmente a potabilidade das águas do Serra Geral, em estreita relação com a recarga direta a partir da superfície. É também a partir das suas características físico-químicas que fundamentam as evidências de conexão entre o Aquífero Serra Geral e os aquíferos subjacentes, especialmente o Guarani, constituído no estado de SC quase exclusivamente pela Formação Botucatu:

A ocorrência de termalismo nas águas captadas de poços tubulares e fontes no aquífero basáltico é provavelmente uma das principais características que comprovam sua interligação com os aquíferos subjacentes. (...) Através do trabalho de cadastramento de poços no campo, os valores preliminares de qualidade de água obtidos pelas medidas de pH, condutividade elétrica e temperatura demonstraram a grande diversidade química, não compatível com áreas basálticas. As análises completas de água em laboratório confirmaram as anomalias hidrogeoquímicas detectadas nos trabalhos de campo. (FREITAS, 2003, p. 78-79).

Ou, ainda:

A presença de águas bicarbonatadas tão distantes da área de recarga em afloramento, sugere a existência de recarga através do aquífero fraturado confinante. A mistura de águas deste aquífero com o sobrejacente dá-se através de fraturamentos associados às zonas onde o nível potenciométrico do aquífero poroso é menor do que o do aquífero fraturado (idem, p. 79).

Quanto ao contexto tectônico, os mesmos autores registram diversas áreas com alta densidade de lineamentos morfoestruturais, principalmente nas direções N30-50E e N40-60W, caracterizando a área da bacia do rio do Peixe como a de maior densidade de fraturamentos. É nesta área também, assim como na calha do rio Pelotas/Uruguai, que se registrariam as menores espessuras da cobertura basáltica do Arenito Botucatu, em toda a área estudada. Contudo, poucas falhas geológicas foram registradas: uma de natureza vertical de direção N 70° E, próxima ao Domo de Vargeão, com cerca de 135 km de extensão: o bloco noroeste subiu e o sudoeste desceu, formando uma grande escarpa ao longo do rio Irani; e, possivelmente, outra de orientação N-S, no extremo oeste do estado de Santa Catarina, indicada pela presença de uma série de fontes e poços hipotermiais, à qual se associariam anomalias de pH e condutividade da água dos poços tubulares (FREITAS et al., p. 21), indicando portanto a possível interação com as águas do Aquífero Guarani..

No Paraná, segundo Souza (2007), as águas do aquífero Serra Geral, quando sem mistura com as dos reservatórios subjacentes, são aptas para o consumo humano e para usos industrial e agrícola (irrigação), e constituiriam cerca de 60% do consumo das águas subterrâneas no estado. (<http://www.laam.cfh.ufsc.br/palestra/12.pdf>).

Portela Filho et al. (2005) confirmam a importância desse recurso, e indicam fortemente no sentido de uma visão conjunta dos dois sistemas aquíferos (SASG e SAG), após um abrangente

estudo das feições estruturais e das características geoquímicas das águas de centenas de poços na área do Arco de Ponta Grossa:

A avaliação de dados hidroquímicos provenientes de poços completados na Formação Serra Geral revelou que, por vezes, a composição resultante não reflete as características esperadas para estas rochas. Tais variações implicam na mistura com águas de outros aquíferos sotopostos conforme demonstrado por Bittencourt (1978), Fraga (1986,1992), Rosa Filho *et al.* (1987) e Bittencourt *et al.* (2003), sugerindo que o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), além de seu caráter de barreira hidráulica do Sistema Aquífero Guarani (SAG), deva ser tratado em conjunto com o SAG, em conformidade à provável conexão hidráulica e ao caráter de similaridade de alguns padrões de fluxo. (Portela Filho *et al.*, 2005, p. 369; grifo nosso).

Um dos principais indicadores utilizados por esses autores para evidenciar essas misturas foi o potencial hidrogeniônico (pH) ds águas do SASG: observaram que “os valores mais alcalinos são comumente atribuídos a águas subterrâneas com influência do SAG sotoposto”, que “se dispõem segundo as principais direções estruturais, e que as maiores concentrações normalmente estão nos cruzamentos destas tendências” (PORTELA FILHO *et al.*, p. 377).

Essas tendências estariam diretamente ligadas a cruzamentos de grandes alinhamentos de direção NW-SE – como o Alinhamento São Jerônimo-Curiúva, o eixo do Arco de Ponta Grossa e o Alinhamento de Maringá - ao interceptarem uma megaestrutura de direção NE-SW, além de outras, mais a noroeste.

No estado de São Paulo existem também pesquisas em andamento, buscando melhores evidências de recarga vertical do sistema Aquífero Guarani (SAG) através de fraturas que cortam os basaltos da Formação Serra Geral, nas faixas próximas à área de afloramento da Formação Botucatu: segundo o Projeto FRATASG (“A Formação Serra Geral Como Conexão Hidráulica entre o Sistema Aquífero Guarani e a Superfície: Análise Estrutural e Ensaio *In Situ*.”),

Há evidências de que existe recarga vertical do Sistema Aquífero Guarani (SAG), através de fraturas que cortam os basaltos da Formação Serra Geral, em uma faixa próxima da área de afloramento da Formação Botucatu (...) este projeto tem como objetivo identificar e caracterizar os parâmetros hidráulicos dos caminhos preferenciais de circulação da água subterrânea através dos basaltos, os quais estabelecem a conexão do SAG com a superfície do terreno. (FERNANDES, A.J., (consulta em 13/07/2008), in: [http://www.igeologico.sp.gov.br/pj\\_projetos\\_det.asp?codigo=123](http://www.igeologico.sp.gov.br/pj_projetos_det.asp?codigo=123)

Em tese de doutorado defendida recentemente, sobre “O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico”, Nanni (2008), acentua por sua vez que a similaridade entre composições de águas encontradas no SASG e no SAG, seria possível apenas pela “comunicação hidráulica, através de grandes fraturas existentes no basalto, com extensão vertical da ordem de 400-500m, que permitem a ascensão de águas de aquíferos sotopostos ao SASG, constituindo, assim, águas mineralizadas, oriundas de mistura.” (p. 24)

Do ponto de vista do arranjo estrutural ao qual estariam relacionadas as anomalias geoquímicas encontradas nas águas de poços da Formação Serra Geral, Nanni et al. (2008) apresentam, com base nos trabalhos de Machado (2005), um conjunto de grandes lineamentos tectônicos, com direções predominantes NW e NE – estas últimas, consideradas responsáveis pelo rebaixamento gradual dos terrenos, de leste para oeste, devido à acomodação de blocos tectônicos. Em uma de suas figuras, em que representam os lineamentos NE do Perimbó e do Leão, já citados por Machado (2005), introduzem ainda dois novos lineamentos hidrogeológicos, que denominam de Fontoura-Xavier-Pará e de Victor Graef-Barracão – sendo que todos eles, exceto o penúltimo, segundo a representação dos autores, teriam continuidade no estado de Santa Catarina (Figura 4).

Uma seção geológica de leste para oeste, cortando esses sistemas de falhas, demonstra o gradual rebaixamento do terreno, que seria devido à acomodação de uma sucessão de blocos tectônicos. Para os autores, a variação de profundidade mostraria aumento na concentração de fluoreto, de acordo com a profundidade de bombeamento. Este comportamento seria provavelmente relacionado à influência do SAG confinado, bem como à proximidade de outros sistemas aquíferos mais antigos (especialmente, aquele relacionado à Formação Rio do Rasto). (Nanni et al., p. 63) (Figura 5)

Com efeito, na região limítrofe entre o RS e SC, que corresponde ao Extremo Oriental do Planalto da Serra Geral, a disposição espacial dos afloramentos do topo do Aquífero Guarani varia da cota 100, no sopé dos Aparados da Serra, até os 900 m de altitude no município de Urubici, SC. Estas feições indicam uma atividade tectônica de grande intensidade, que determina não só o fluxo para oeste das águas das bacias dos rios Canoas e Pelotas, os formadores do rio Uruguai, como certamente uma forte compartimentação e os processos regionais de recarga e descarga dos sistemas aquíferos integrados, Guarani e Serra Geral.

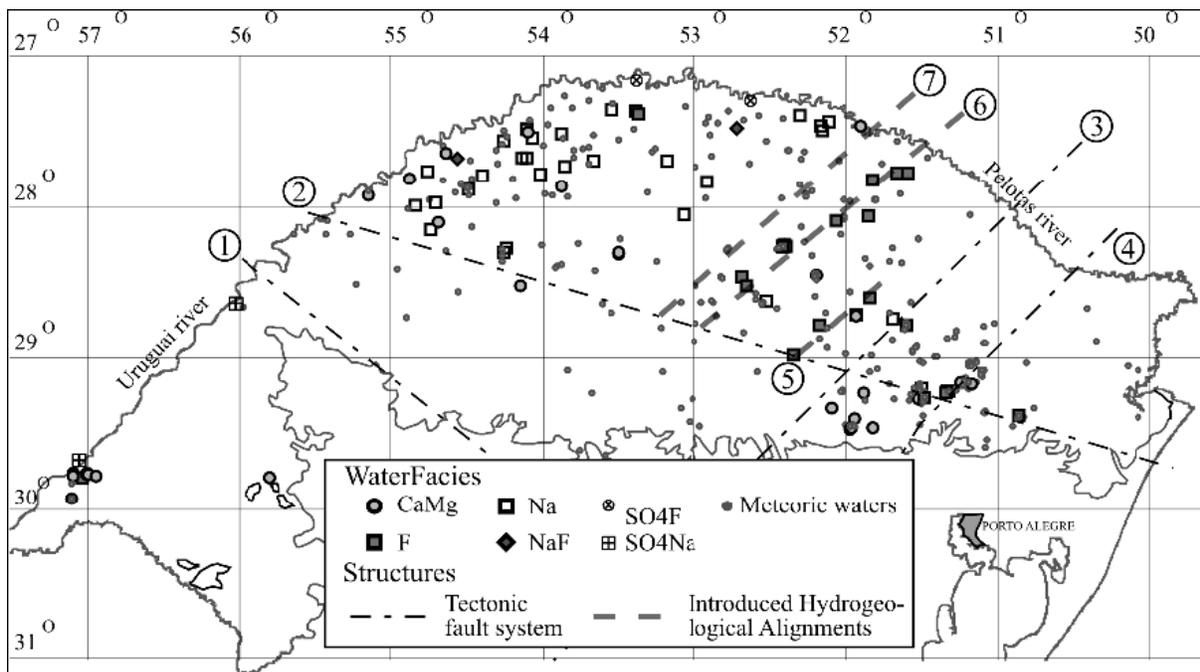


Figura 4: Distribuição das fácies das águas e sistemas tectônicos de falhas: (1) Mata-Jaguari, (2) Terra de Areia-Posadas, (3) Perimbó, e (4) Leão. Os Lineamentos Hidrogeológicos introduzidos pelos autores são: (5) Fontoura Xavier-Parai e (6) Victor Graef-Barracão. Cf. Nanni et al., 2008, figura 3.

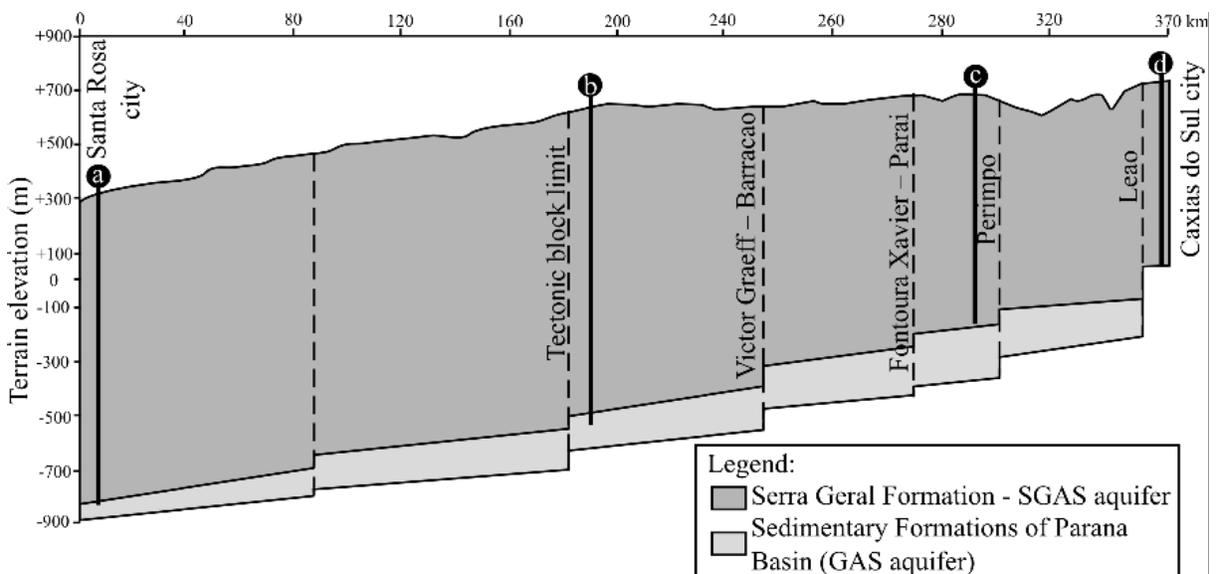


Figura 5: Seção geológica mostrando as principais estruturas tectônicas responsáveis pela ascensão de água subterrânea com alto fluoreto. Cf. Nanni et al., 2008, modificada de Machado, 2005.

Os limites das áreas de afloramento das rochas vulcânicas da Serra Geral e dos arenitos da Formação Botucatu em Santa Catarina estariam, por sua vez, conforme Scheibe e Furtado (1989),

diretamente relacionados a uma série de lineamentos tectônicos de grande expressão, sendo a endentação ocasionada pela sobre-elevação do Domo de Lages uma das principais evidências de uma tectônica de blocos que afetaria toda a porção oriental do estado. Outras evidências consideradas fundamentam-se na correlação entre lineamentos tectônicos e as litologias aflorantes, desde a seqüência vulcano-sedimentar do Grupo Itajaí e os granitos anorogênicos brasileiros até os granulitos arqueanos do cráton de Luiz Alves, estes últimos caracterizando também um grande bloco alçado, limitado por lineamentos de caráter regional e direção NE, que se estenderiam por todo conjunto das rochas gondwânicas até alcançar e definir parcialmente os limites do próprio Domo de Lages, numa distância superior a 100 km. (Figura 6)

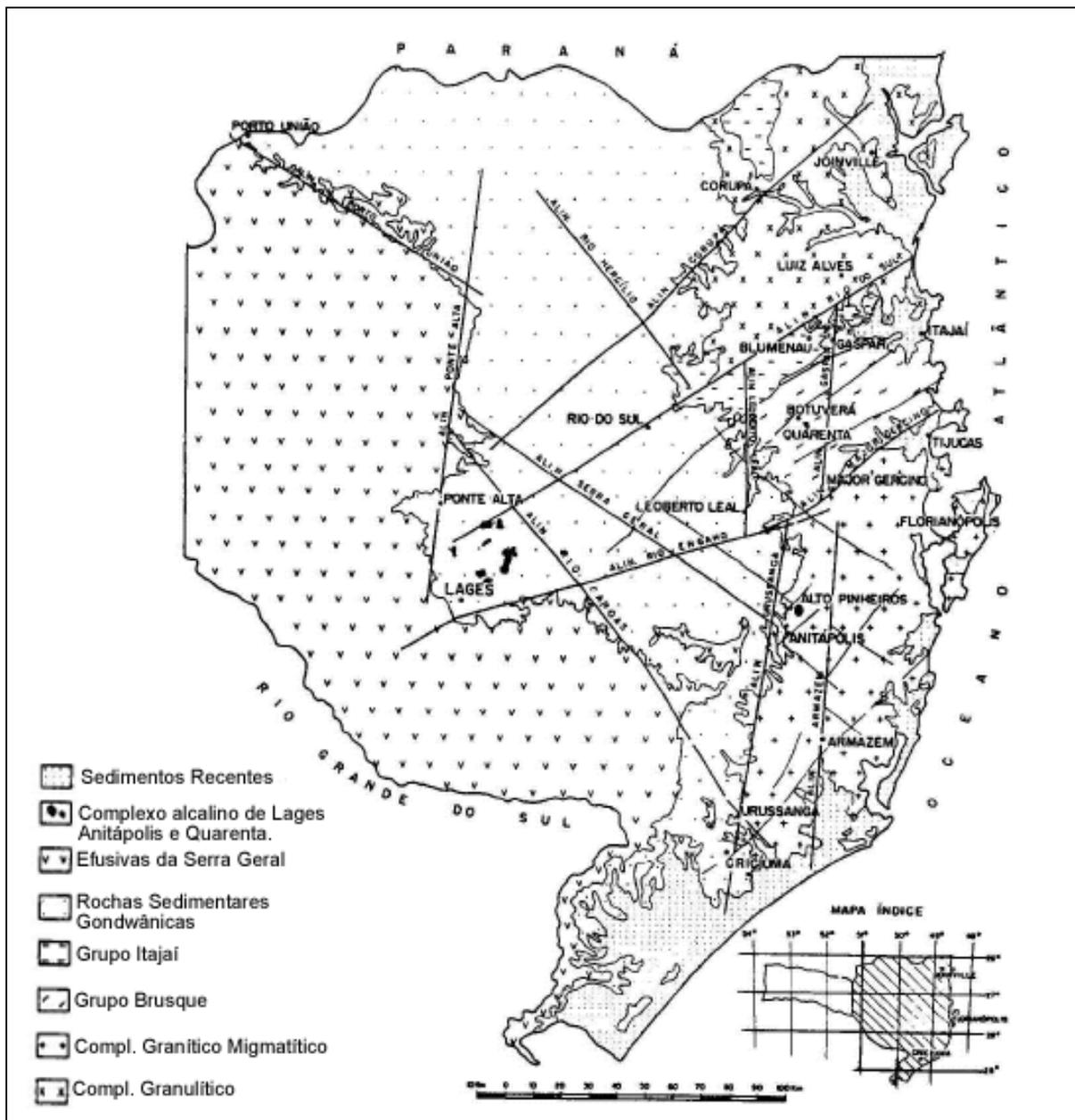


Figura 6: Esboço geotectônico do leste de Santa Catarina (Scheibe & Furtado, 1988).

Apesar da limitação dos estudos de Scheibe & Furtado (1989) às áreas de afloramento do embasamento cristalino e das rochas paleozóicas, a observação do mosaico de imagens do Projeto RADAMBRASIL, na escala de 1:250.000, sugere a existência de diversos outros grandes lineamentos, eventualmente coincidentes com os do clássico modelo de Zalán et al. (1986), conforme apresentado, por exemplo, por Machado (2005), que poderiam por sua vez representar a continuidade, para oeste, desse padrão de tectônica de blocos.

A falta de uma boa caracterização da estratigrafia da Formação Serra Geral, até aqui muito pouco estudada, faz com que os melhores elementos de confirmação desses movimentos tectônicos passem a ser as perfurações que atravessem todo o pacote das rochas vulcânicas, atingindo inequivocamente o contato com a Formação Botucatu, nível superior do Aquífero Guarani. Como os trabalhos de cadastramento de poços e de mapeamento hidrogeológico do PROESC só abrangeram até aqui o extremo oeste de Santa Catarina, configura-se uma ampla descontinuidade nas informações até aqui disponíveis, inclusive quanto à ocorrência de poços que atravessem a cobertura basáltica atingindo o aquífero Guarani, especialmente em toda a área central do estado, conforme fica bem evidenciado na Figura 7.

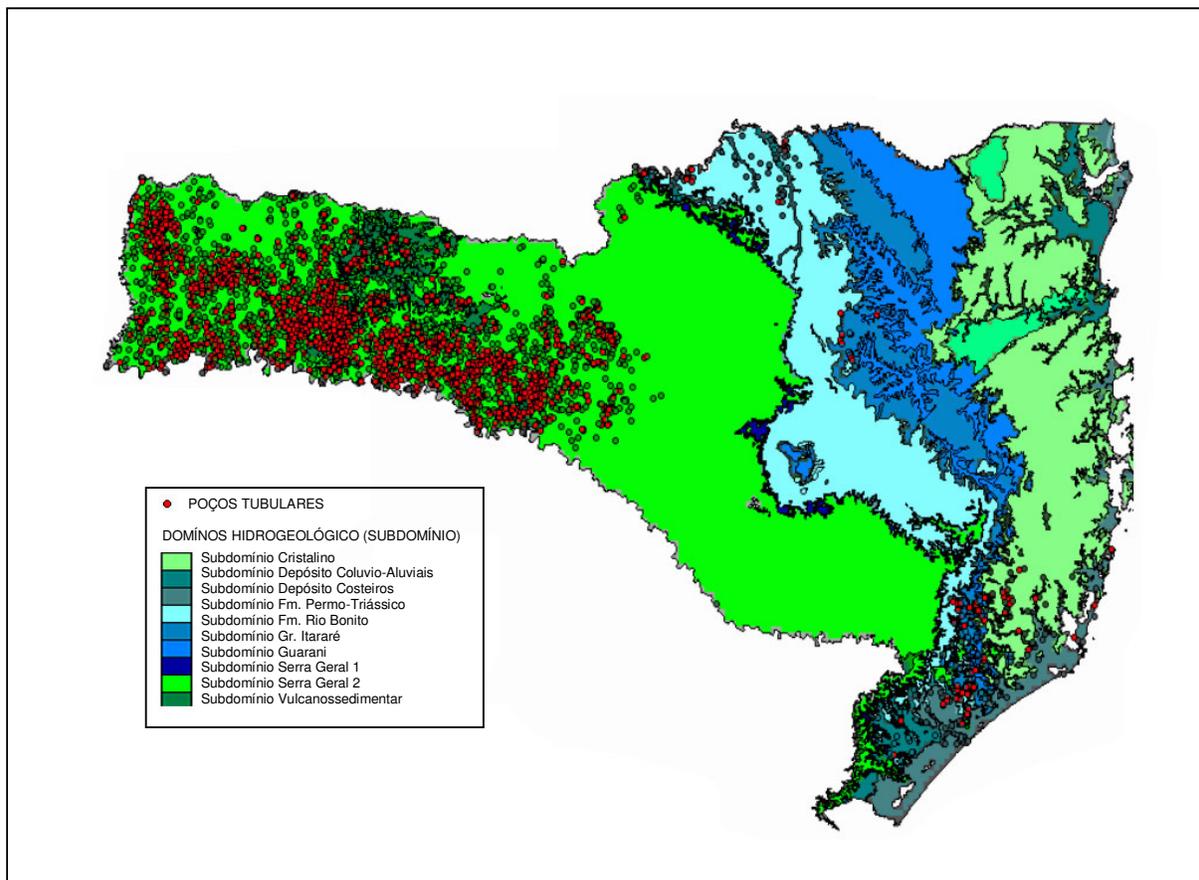


Figura 7: Os domínios hidrogeológicos do estado de Santa Catarina, com localização dos poços tubulares utilizados por Cardoso et al. (2007). Modificado de Oliveira [coord.], 2007.

Visando complementar esses estudos, tivemos acesso ao banco de dados da empresa Leão Poços Artesianos, de Chapecó, SC, que especialmente nos últimos anos tem buscado atingir, onde possível, o nível do Aquífero Guarani, para obter vazões mais significativas.

Um estudo mais abrangente, incorporando as informações coletadas, necessita da confirmação de muitos dados, inclusive da localização exata e da análise química e até isotópica da água de vários desses poços, mas a Figura 8 já permite observar que estão privilegiadas as áreas mais próximas da faixa geral de afloramento da Formação Botucatu, bem como a cidade de Joaçaba, onde pelo menos duas perfurações recentes (P-23\* - prof. total, 240m e P-27 – 234m) têm caráter jorrante, o que tanto pode ser produto das condições tectônicas locais como de uma eventual conexão com o nível potenciométrico do Aquífero Guarani.

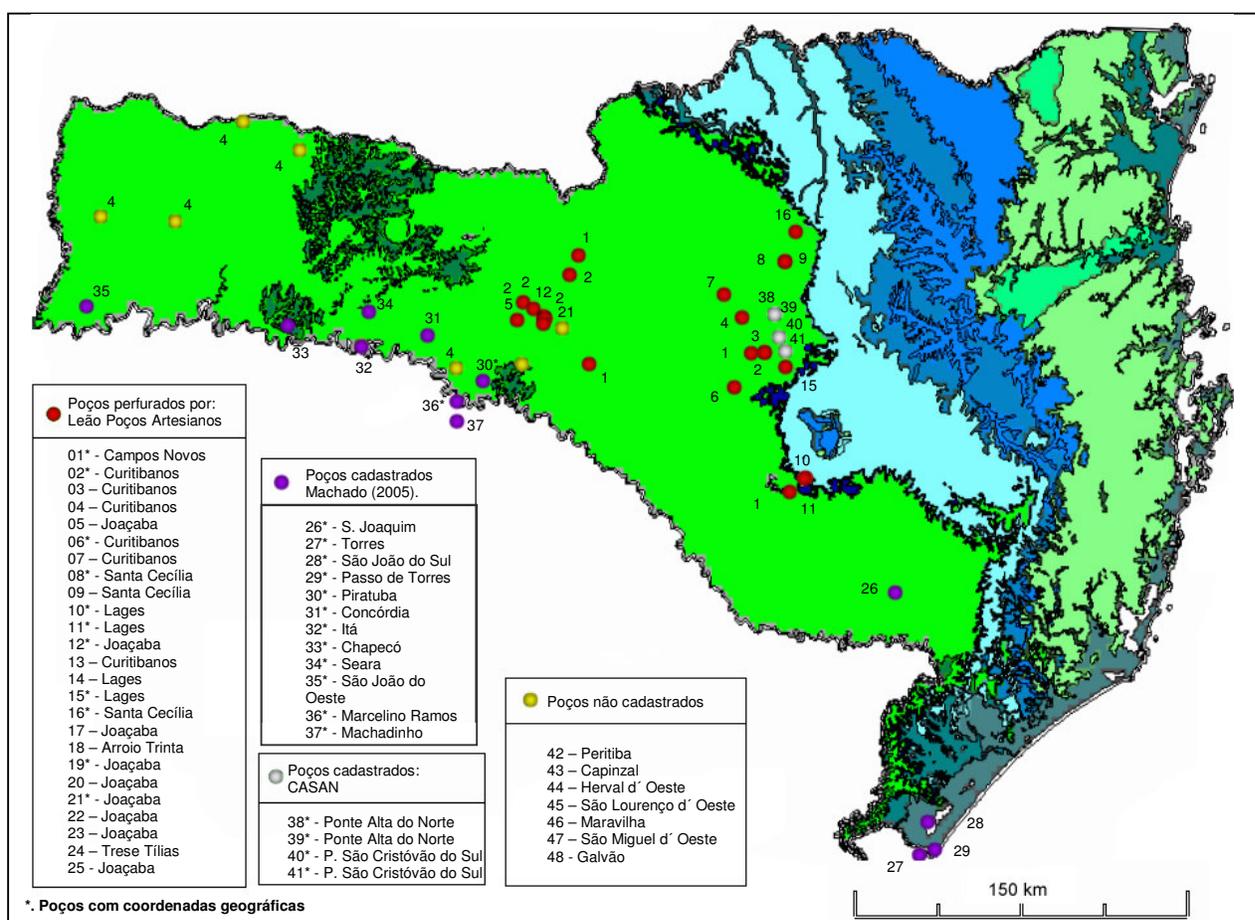


Figura 8: Localização dos principais poços que atingem o Aquífero Botucatu, previamente cadastrados ou constantes do banco de dados da Leão Poços Artesianos, de Chapecó. Modificado de Oliveira [coord.], 2007, utilizando programa Google Earth.

## **CONCLUSÃO:**

Apesar de seu caráter preliminar, a presente revisão permite concluir pela importância da determinação dos principais aspectos tectônicos dos Sistemas Aquíferos Guarani (SAG) e Serra Geral (SASG), os quais, também em Santa Catarina, demonstram estar afetados por intensa tectônica de blocos. Tal como já observado pelos demais autores consultados, essa característica muito provavelmente permitirá a formação de misturas entre as águas desses dois sistemas, fator que deverá sempre ser levado em conta na programação dos usos desses importantes recursos.

Visando ao uso sustentável e integrado das águas superficiais e subterrâneas em toda a área de ocorrência do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG), a continuidade dos estudos deve incluir o mapeamento geológico-estrutural, hidrogeológico e de avaliação de vulnerabilidade dos aquíferos Guarani e Serra Geral, na Bacia do Rio Canoas (região do Domo de Lages - SC), na Bacia do Rio do Peixe (SC) e no Extremo Oriental do Planalto da Serra Geral (RS-SC); a análise e monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas nas bacias dos rios Canoas e do Peixe; a cartografia do uso da terra nas áreas de nascentes e de maior vulnerabilidade dos aquíferos, visando estabelecer possíveis fontes de contaminação e relações diretas com a qualidade das águas; levantamentos geoquímicos e isotópicos visando a classificação geoquímica e a verificação da conectividade entre os sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani; o aprimoramento do modelo conceitual dessas duas unidades no estado de Santa Catarina; a divulgação de resultados e interação com órgãos públicos e comitês de gerenciamento de bacias, no sentido de promover a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

## **AGRADECIMENTOS**

São devidos à Rede Guarani/Serra Geral, Convênio FUNJAB/FAPESC n. 15.915/2007-8; ao Geólogo Mariano Smaniotto, Diretor da Leão Poços Artesianos Ltda., pela liberação dos dados de poços; ao CNPq, pela bolsa de pós-doutorado de Luiz Fernando Scheibe.

## **REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA Nacional de Águas. Relatório de Gestão 2001. Brasília: ANA, 2002.

CARDOSO, F.B.F.; OLIVEIRA, F.R.; VARELLA NETO, P.L.; PAZ, R.N. Mapa dos domínios hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina. In: OLIVEIRA, F.R [coord.] , Mapa dos domínios hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina, Florianópolis: ANA/SDS (disponível em cd-rom).

FERNANDES, A.J [coord.] FRATASG - A Formação Serra Geral Como Conexão Hidráulica entre o Sistema Aquífero Guarani e a Superfície: Análise Estrutural e Ensaio *In Situ*. In: [http://www.igeologico.sp.gov.br/pj\\_projetos\\_det.asp?codigo=123](http://www.igeologico.sp.gov.br/pj_projetos_det.asp?codigo=123), consulta em 13/07/2008.

FREITAS, M.A. (org.) PROESC: Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina / Organizado por Marcos <sup>a</sup> de Freitas; Bráulio R. Caye; José L. F. Machado. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI. 2003.

HIRATA, R.; ROCHA, G.; KETTELHUT, J.T.; LANNA, A. E.; ALBUQUERQUE FILHO, J.L.; SCHEIBE, L.F. Aquífero Guarani: oportunidades e desafios do grande manancial do Cone Sul. Grupo de Trabalho 4, In: 58<sup>a</sup>. Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Florianópolis, SC, Julho 2006.

JUCHEM, P. L.; ARIOLI, E. E.; WAICHEL, B. L. **Field Guide – Serra Geral Magmatism.**

IV Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 8 a 11 de abril de 2008.

MACHADO, J.L.F. Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia – Área de Concentração em Geologia Sedimentar. Porto Alegre: UNISINOS, 2005. [237 f.] il.

NANNI, A.S. O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS - BR, 2008. [127 f.]. il.

NANNI, A.; ROISENBERG, A.; FACHEL, J.M.G.; MESQUITA, G.; DANIELI, C. Fluoride characterization by principal component analysis in the hydrochemical facies of Serra Geral Aquifer System in Southern Brazil. Subm. à Anais da Academia Brasileira de Ciências. In: O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS - BR, 2008, p. 51-65.

PORTELA Filho, C.V.; FERREIRA, F.J.F.; ROSA Filho, E.F.; ROSTIROLLA, S.P. Compartimentação magnética-estrutural do sistema aquífero Serra Geral e sua conectividade com o Sistema Aquífero Guarani na região central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná). Rev. Bras. Geociênc. 35(3):369-381, 2005.

PSAG - Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani, in: <http://www.sg-guarani.org/index/index.php>, consulta em 16/02/2007.

SCHEIBE, L. F.; FURTADO, S. M. A. . Proposta de Alinhamentos Estruturais Para Um Esboço Geotectônico de Santa Catarina. REVISTA GEOSUL, v. 4, n. 8, p. 78-91, 1989. Disponível em: <http://www.laam.cfh.ufsc.br/pdfpronto/o.pdf>.

SCHEIBE, L. F. O sistema aquífero integrado Guarani-Serra Geral em Santa Catarina: uma contribuição para a educação ambiental. In: Colóquio de Educação: A formação do educador no Século XXI - Educação Ambiental e Humanização, 2006, São Miguel Do Oeste. **Anais do ...**, São Miguel do Oeste : Editora UNOESC, 2006. v. 1. p. 54-55.

SCHEIBE, L.F. (coord.) Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, apresentado pela FUNJAB (Fundação José Arthur Boiteux/UFSC) à FAPESC (Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina) em dezembro de 2006, inédito (46 p.).

SINELI, O.; KIANG, C.H.; GASTMANS, D.; PAULA E SILVA, F.; PRESSINOTTI, M.M.N - Mapa Hidrogeológico e Modelo Conceitual do Sistema Aquífero Guarani - Avanço nos Conhecimentos. LABORATÓRIO DE ESTUDOS DE BACIAS – LEBAC UNESP – Rio Claro: Montevideo, 14-16/04/2008 [apresentação em power point] (disponível em [www.sg-guarani.org](http://www.sg-guarani.org))

SOUZA, E.L. da C. Painel Aquífero Serra Geral, in XXVIII SEMAGEO, UFSC, Florianópolis, 22/05/2007. [apresentação em power point] (disponível em [www.laam.cfh.ufsc.br](http://www.laam.cfh.ufsc.br).)