

# COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA AQUIFERO GUARANI (SAG) EM SANTA CATARINA E NO RIO GRANDE DO SUL

José Luiz Flores Machado<sup>1</sup>

**Resumo.** Este artigo trata da comparação entre os modos de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani (SAG) nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Ele representa uma síntese dos trabalhos desenvolvidos durante os mapeamentos hidrogeológicos de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, adicionados de dados obtidos da tese de doutorado do autor e do Relatório Final do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani (PSAG).

O SAG apresenta diferenças marcantes nos dois estados. Em Santa Catarina, nas áreas aflorantes ocorre apenas a Formação Botucatu em contato com a Formação Rio do Rasto. Em subsuperfície, a Formação Botucatu associa-se às litologias da Formação Piramboia. Apresenta maior potencialidade para águas termais do centro para o oeste do estado. No Rio Grande do Sul, o sistema aquífero está segmentado em pelo menos 4 (quatro) grandes compartimentos. É constituído pelas formações Botucatu, Guará, Sanga do Cabral e Piramboia no Compartimento Oeste, pelas formações Botucatu, Arenito Mata, Caturrita, Santa Maria e Sanga do Cabral no Compartimento Central. O Compartimento Leste é constituído pelas formações Botucatu e Piramboia, enquanto o Compartimento Norte se constitui da Formação Botucatu e localmente pela Formação Piramboia. A maior potencialidade do SAG está no Compartimento Oeste.

**Abstract.** This article deals with the comparison between the modes of occurrence of the Guarani Aquifer System (GAS) in the States of Santa Catarina and Rio Grande do Sul. It represents a synthesis of the work developed during the hydrogeological mapping of Santa Catarina and Rio Grande do Sul, added to data obtained from the doctoral thesis of the author and the Final Report of the Project of Environmental Protection and Sustainable Development of the Guarani Aquifer System.

The GAS presents remarkable differences in the two States. In Santa Catarina State, at outcropping areas occurs only the Botucatu Formation in contact with the Rio do Rasto Formation. In subsurface, Botucatu Formation is associated with the lithologies of Piramboia Formation. It presents the greatest potential for thermal waters from the center to the west of the State. In Rio Grande do Sul, the aquifer system is segmented into at least 4 (four) large compartments. It is formed by the Botucatu, Guará, Sanga do Cabral and Piramboia formations in West Compartment, and the Botucatu, Arenito Mata, Caturrita, Santa Maria and Sanga do Cabral formations in the Central Compartment. The East compartment consists of Botucatu and Piramboia formations, while the North Compartment constitutes the Botucatu Formation and locally by Piramboia Formation. The greatest potential of SAG is in West Compartment.

**Palavras-Chave:** Sistema Aquífero Guarani, litologia, potencialidade.

---

<sup>1</sup>CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Porto Alegre, RS. CEP: 90840-030. Tel: 51-34067300. e-mail: [jose.machado@cprm.gov.br](mailto:jose.machado@cprm.gov.br)

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste artigo é comparar a constituição hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Guarani (SAG), correlacionando-a com a sua estruturação espacial nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A base principal na qual se apoiaram as interpretações das unidades hidroestratigráficas que compõem o sistema aquífero, foram os dados de poços tubulares profundos. Dados de superfície, obtidos através de trabalhos de campo na faixa de afloramentos e revisões históricas e conceituais da estratigrafia auxiliaram estas interpretações. As interpretações são resultantes dos estudos realizados por Machado (2005), Machado & Freitas (2005), Machado (2013) e Argentina/Brasil/Paraguai/Uruguai/GEF/BM/OEA (2009).

Mesmo com a reconhecida importância que esse sistema aquífero possui para estes estados, até a presente data não foram apresentados estudos de caracterização geológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica, integrados em escala regional para esse manancial subterrâneo que comparasse seu modo particular de ocorrência nestes estados. Concomitante com a falta de estudos integrados sobre esse sistema aquífero existe também uma grande carência de dados hidrogeológicos cartografados em escala de maior detalhe.

O interesse em estudar o SAG nestes vários aspectos e em maior detalhe justifica-se pela importância que ele pode representar para o desenvolvimento dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, tendo em vista ser este um dos maiores reservatórios mundiais de água subterrânea em condições de ser utilizado como reserva estratégica.

A proposição do SAG, através de uma abordagem cronoestratigráfica, delimitando o sistema através das idades das unidades hidroestratigráficas de topo e base e não da litoestratigrafia, como mundialmente é aceito nos estudos hidrogeológicos, é na realidade um grande complicador na análise da hidrodinâmica, hidráulica e hidrogeoquímica do sistema. Esse direcionamento na definição do sistema aquífero, leva à constatação de que o posicionamento na coluna geológico-estratigráfica pode variar de acordo com os avanços nos estudos estratigráficos. Por exemplo, o sistema aquífero juro-triássico, a despeito do grande intervalo de topo e base, hoje mais propriamente seria estabelecido do Neopermiano ao Eocretáceo, ampliando ainda mais esse intervalo. Também deve ser salientado que as unidades litoestratigráficas formais mostram evidências de lacunas nos registros estratigráficos, o que impossibilitaria a definição de uma hidroestratigrafia única para os dois estados.

Devido ao fato do SAG comportar-se como um aquífero multicamada, de acordo com a concepção de um grande sistema aquífero, tem a sua arquitetura ainda desconhecida em escala macro e a influência que esta conformação tem nas suas reservas e qualidade da água. Os

mapeamentos hidrogeológicos dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul aprofundaram o conhecimento da sua hidroestratigrafia e estruturação.

## 2. O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI EM SANTA CATARINA

O Sistema Aquífero Guarani, um dos mais importantes aquíferos transfronteiriços do mundo ocorre predominantemente da porção central ao oeste do estado de Santa Catarina, ocupando uma área aproximada de 49.200 km<sup>2</sup>(Fig. 1). Durante as atividades de mapeamento hidrogeológico do estado ele foi estudado e cartografado em escala regional, resultando na determinação da sua potenciometria e como encarte do mapa final na escala 1:500.000, a carta estrutural do topo do aquífero. Ele é tratado sob duas formas: área aflorante e área confinada.

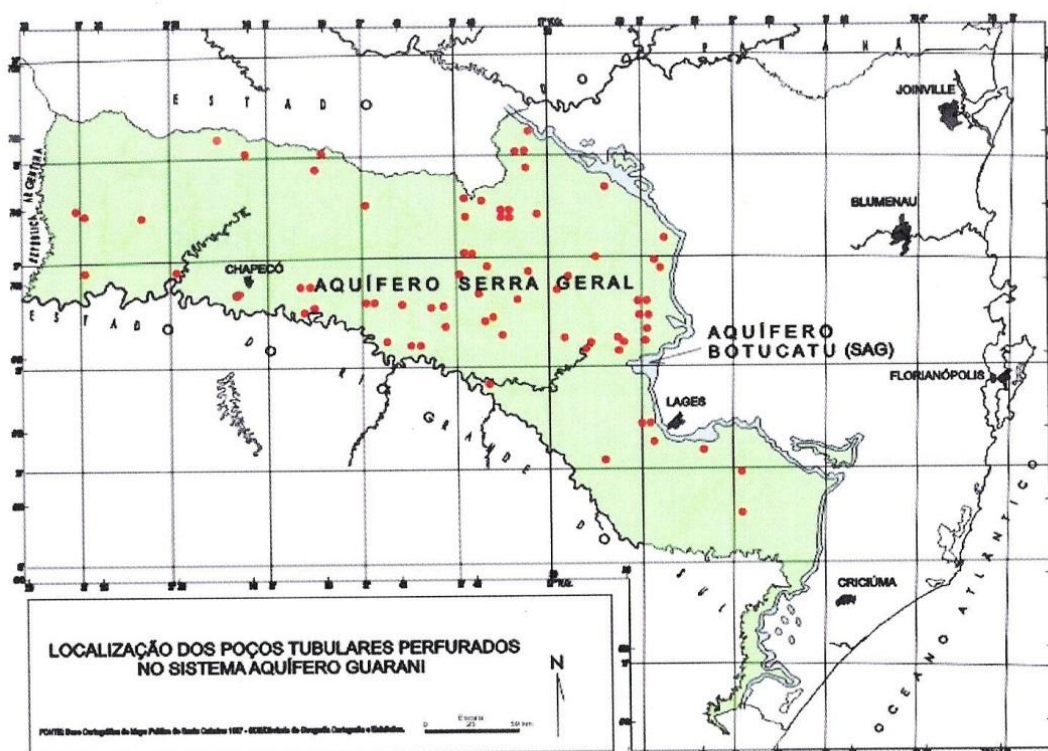


Figura 1. Localização do Sistema Aquífero Guarani e dos poços utilizados no estudo.

### 2.1 Área Aflorante

O Sistema Aquífero Guarani aflora em uma faixa estreita na região correspondente à borda dos derrames vulcânicos de Santa Catarina, entre a região carbonífera no sudeste e o norte do estado. Está presente em municípios tão distantes quanto Praia Grande na divisa com o estado do Rio Grande do Sul, Lages e Porto União na divisa com o estado do Paraná. Ele é constituído por duas unidades hidroestratigráficas: Botucatu e Piramboia, sendo que nas áreas aflorantes ocorrem exclusivamente litologias correspondentes à unidade hidroestratigráfica Botucatu.

Como é composto por apenas uma unidade litoestratigráfica na área aflorante, suas litologias

apresentam-se quase homogêneas, predominando arenitos de granulometria média a localmente grossa, quartzosos, bem selecionados, foscos e com cimento ferruginoso. Como regra geral, as litologias apresentam cores avermelhadas, que localmente podem ser amareladas ou rosadas, onde se observam estratificações cruzadas de grande porte, típicas de ambiente eólico sem influência de umidade, como é o caso da sedimentação desértica da Formação Botucatu.

A unidade hidroestratigráfica Botucatu apresenta área de exposição e espessura muito restrita na região de afloramento, com pacotes arenosos que raramente ultrapassam a 70 metros de espessura, e os poços que a captam são sempre pouco produtivos apresentando vazões insignificantes quando comparados com os poços em que os arenitos estão confinados.

A pequena produtividade dos poços deve-se a vários fatores, dos quais se destaca a acentuada diagênese devida às variações climáticas, que reduziu muito a porosidade dos arenitos, apesar de sua granulometria favorável. Como consequência da cimentação ferruginosa e silicosa, a condutividade hidráulica fica drasticamente reduzida, diminuindo a transmissividade do aquífero e conseqüentemente a sua produção. Outro fator determinante da pequena produtividade é que nas porções aflorantes, as camadas arenosas estão em uma situação topo-estrutural muito desfavorável para o armazenamento e também a transmissão de águas subterrâneas. Esta situação proporciona que os níveis potenciométricos estejam muito profundos, propiciando a captação apenas de pequenas vazões.

Quanto à qualidade das águas, geralmente a unidade hidroestratigráfica Botucatu apresenta baixos valores de salinidade, entre 50 e 150 mg/L, valores estes obtidos de poços escavados e fontes, devido à escassez de poços tubulares produtivos. Quase sem exceção, os poços perfurados nas áreas de afloramento do SAG captam águas da unidade hidroestratigráfica Rio do Rasto, possuindo também águas de baixa salinidade, apropriadas para todos os usos.

## **2.2 Área Confinada**

O Sistema Aquífero Guarani está confinado pelas litologias resultantes dos derrames vulcânicos que compõem a unidade hidroestratigráfica Serra Geral desde a região carbonífera próxima do litoral até a região da divisa norte com o estado do Paraná(Fig. 2).



Figura 2. Afloramentos em escarpa dos arenitos do Sistema Aquífero Guarani acima estão os basaltos da Formação Serra Geral e abaixo as litologias areno-argilosas da Formação Rio do Rasto.

Ele é compartimentado em dois blocos principais: Leste e Oeste, sendo também constituído por duas unidades hidroestratigráficas: Botucatu e Piramboia. O Bloco Leste está associado com os fenômenos resultantes do levantamento tectônico da Serra do Mar, limitando-se com as áreas de influência do Domo de Lages. Este bloco está geneticamente associado com o Compartimento Leste do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul (Machado, 2005), apresentando características hidrogeológicas similares. O Bloco Oeste ocupa o restante do estado, da região de Lages até o extremo-oeste, estando associado com o Compartimento Norte - Alto Uruguai do SAG no Rio Grande do Sul, do qual compartilha muitas características hidrogeológicas, hidrodinâmicas e hidroquímicas.

Compõe-se de duas unidades hidroestratigráficas, diferentemente da área aflorante. A unidade hidroestratigráfica Piramboia, inferior, apresenta-se quase sempre associada com a unidade Botucatu, em poços de maior profundidade e conseqüentemente maior confinamento pela unidade hidroestratigráfica Serra Geral. Esta associação, que está restrita mais para o interior do estado forma um sistema aquífero, denominado de Botucatu/Piramboia. A unidade hidroestratigráfica Piramboia constitui-se predominantemente de arenitos, de granulometria fina a muito fina, raramente médios, mal selecionados e com matriz argilosa. Diferencia-se das litologias arenosas da unidade Botucatu por apresentar intercalações de camadas e lentes sílticas e argilosas. Caracteriza-se pelas colorações levemente avermelhadas a amareladas quando então ocorreram lixiviações de

cimento ferruginoso. Sua descrição litológica indica que as camadas estão relacionadas com sedimentação fluvial predominante.

A unidade hidroestratigráfica Botucatu é a que apresenta maior distribuição na área confinada, sendo também o principal aquífero captado pelos poços profundos. Ela abrange um conjunto de sedimentos depositados em ambiente do tipo continental eólico, extremamente seco, cuja espessura máxima raramente ultrapassa os 100 metros. É constituída, predominantemente, por arenitos quartzosos foscos, com seleção variando de regular a boa, classe modal dominante de areia fina e localmente média, ocorrendo pouca matriz. Caracterizam-se também por possuírem coloração vermelha, rósea ou amarelo-clara, serem maduros e apenas localmente feldspáticos. É característica dessa formação a presença de estratificação de grande porte, correspondendo a um empilhamento de corpos prismáticos ou cuneiformes, achatados, podendo alcançar espessuras da ordem de 20 metros.

Em subsuperfície, no regime de confinamento gradativo, de acordo com as maiores profundidades de ocorrência, o sistema aquífero constituído pelas unidades hidroestratigráficas Botucatu e Piramboia alcança sua maior potencialidade. Os dados hidrogeológicos, hidrodinâmicos e hidráulicos apresentados a seguir não representam médias para o sistema aquífero, mas valores estimados de vazão, transmissividade, condutividade hidráulica e coeficiente de armazenamento, relacionados com os poços localizados nos seguintes municípios: Paniel, São Cristóvão do Sul, Timbó Grande, Capinzal, Presidente Castelo Branco, Seara, São Carlos, São Lourenço do Oeste e Maravilha. As capacidades específicas variam de um mínimo de  $0,11 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  (correspondente ao Bloco Leste do SAG) e um máximo de  $5,83 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  para o Bloco Oeste, indicando um aumento significativo na capacidade produtiva dos poços. As vazões captadas podem variar entre  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  até  $350,0 \text{ m}^3/\text{h}$  em poços bem construídos. As transmissividades são baixas no Bloco Leste ( $3,07 \text{ m}^2/\text{dia}$ ) e alcançam valores significativos no Bloco Oeste ( $194,21 \text{ m}^2/\text{dia}$  em regime de grande confinamento), sendo diretamente proporcionais aos valores de condutividade hidráulica para o Bloco Leste ( $0,04 \text{ m}/\text{dia}$ ) e aqueles maiores correspondentes ao Bloco Oeste ( $1,73 \text{ m}/\text{dia}$ ). As profundidades dos poços tubulares perfurados na zona confinada variam entre 90,0 e 1560,0 metros e o coeficiente de armazenamento elástico varia de  $2,7 \cdot 10^{-4}$  a  $8,0 \cdot 10^{-4}$ .

O mapa de contorno estrutural do topo do Sistema Aquífero Guarani, corresponde ao topo da unidade hidroestratigráfica Botucatu, que nas áreas confinadas pode estar associado com a unidade Piramboia. Através dele verifica-se que existe um grande mergulho do SAG em direção do centro da Bacia do Paraná, onde nas áreas de afloramento a leste o topo pode estar a 1200 metros de altitude, enquanto no oeste, junto à divisa com o Rio Grande do Sul, encontra-se a mais de 950 metros abaixo do nível do mar, totalizando um desnível de mais de 2150 metros. No Bloco Leste, o desnível entre o topo do SAG na região do Campo dos Padres (entre Urubici e Bom Retiro) e a

divisa com o Rio Grande do Sul varia entre 1300 metros e 50 metros de altitude. O Mapa de Contorno Estrutural do SAG pode ser visualizado na Fig.3.

Quanto à qualidade das águas, ela é variável de acordo com o grau de confinamento das unidades hidroestratigráficas Botucatu e Piramboia, seu posicionamento quanto à direção de fluxo desde as áreas de recarga e a influência eventual de fluxo indireto proveniente de outras unidades hidroestratigráficas pré ou pós-SAG. Os valores de salinidade são muito variáveis, com STD que iniciam em 60,0 mg/L e alcançam até 1231,0 mg/L nos poços analisados. Geralmente os poços com profundidades menores do que 600 metros apresentam salinidades da ordem de 400 mg/L, a partir desta profundidade o confinamento aumenta substancialmente os valores de STD. No caso de poços muito profundos com em Maravilha e São Lourenço do Oeste, os baixos valores de salinidade estão relacionados com a presença de zonas de fluxo não interligadas com as áreas de afloramento do limite leste do sistema aquífero. A presença de fluxos ascendentes de unidades pré-

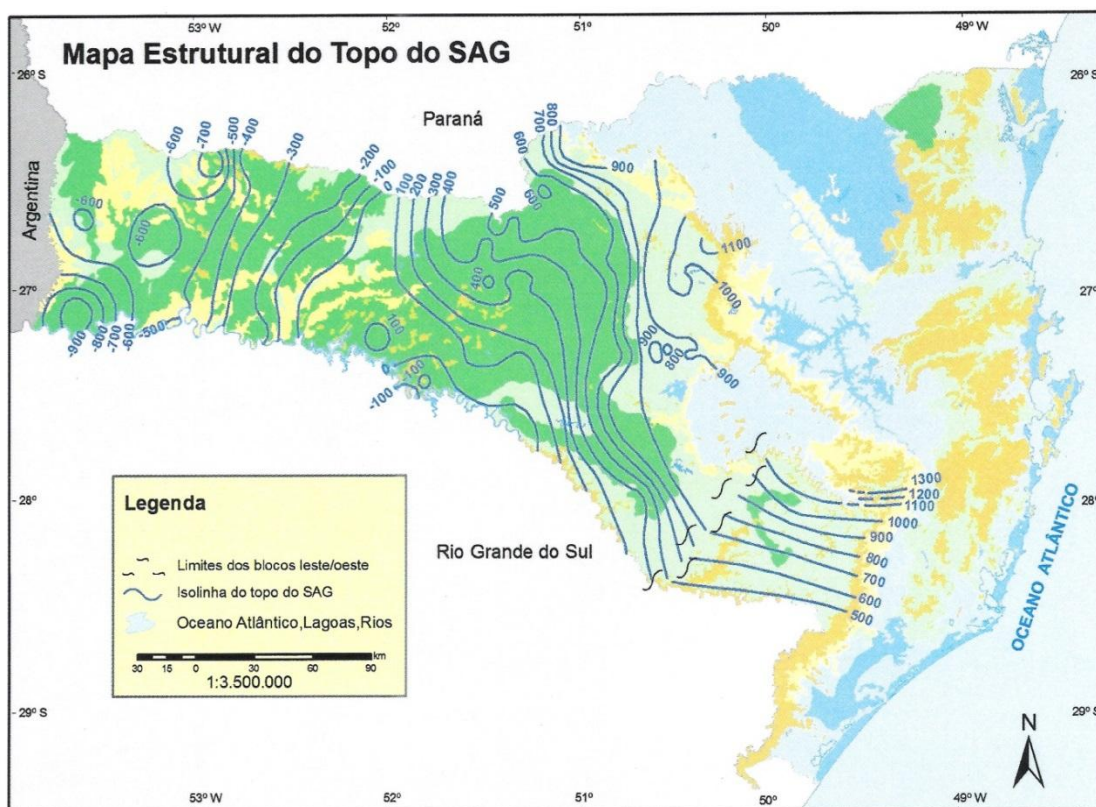


Figura 3. Mapa de contorno estrutural do topo do Sistema Aquífero Guarani (Unidades Hidroestratigráficas Botucatu/Piramboia).

SAG, espessuras pequenas das unidades Botucatu/Piramboia e localmente a ausência completa das litologias dessas unidades propiciam nas áreas de maior confinamento que os valores de STD alcancem valores como 4425,0 mg/L, fora dos limites de potabilidade, como é o caso do poço de São João do Oeste, onde predominam litologias da unidade hidroestratigráfica Rio do Rasto. A

presença de teores mais elevados de flúor nos poços de maior profundidade exige um monitoramento deste elemento, devido principalmente aos problemas graves de saúde que pode gerar. Alguns poços podem apresentar águas com acentuado cheiro de gás sulfídrico e, dependendo das condições de oxidação-redução no aquífero, teores mais elevados de ferro e manganês.

No Bloco Oeste, o condicionamento estrutural do SAG fez com que sua ocorrência gradativamente alcançasse grandes profundidades, favorecendo a ocorrência de águas termais. Esta é a região do estado onde estão localizadas as principais estâncias turísticas termais.

### 3. O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO RIO GRANDE DO SUL

O Sistema Aquífero Guarani foi estudado e cartografado em escala regional como mapa de encarte do Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. Ele é tratado sob duas formas: área aflorante e área confinada (Fig. 4). Os dados foram extraídos de Machado (2005).

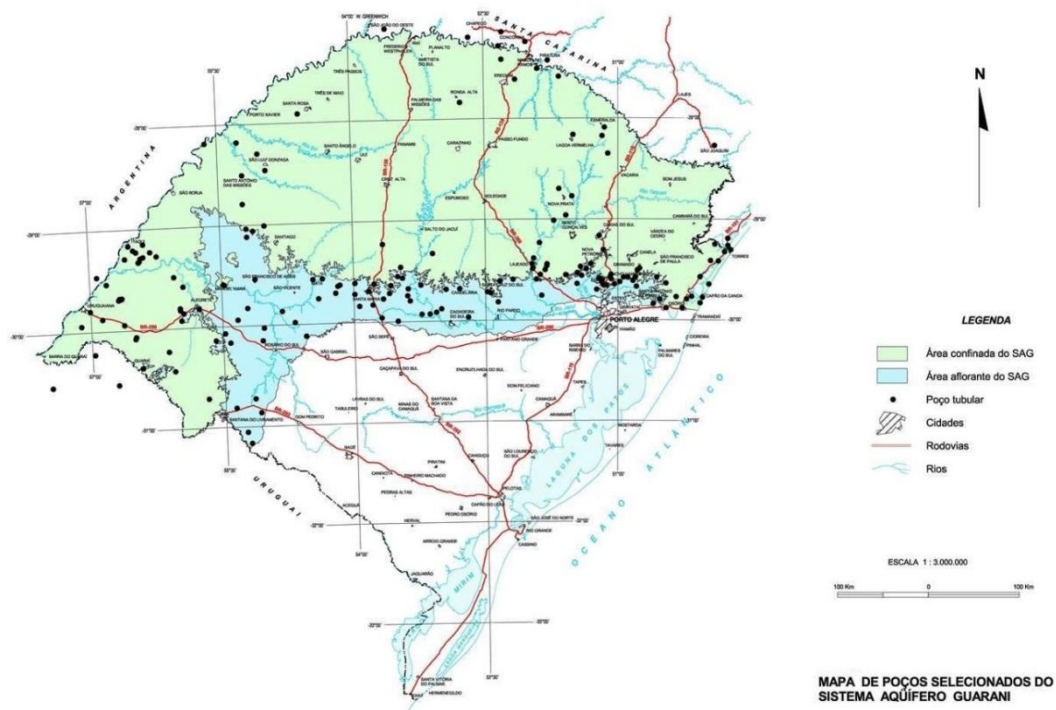


Figura 4. Localização do Sistema Aquífero Guarani e dos poços utilizados no estudo.

#### 3.1 Área Aflorante

O Sistema Aquífero Guarani aflora na região correspondente à depressão central do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Santana do Livramento à oeste e Santo Antônio da Patrulha à leste. Ele é constituído por nove unidades hidroestratigráficas: Botucatu, Guará, Arenito Mata, Caturrita, Alemoa, Passo das Tropas 1 e 2, Sanga do Cabral e Piramboia.

Devido ao fato de ser composto por várias unidades hidroestratigráficas, suas litologias são muito variáveis, sendo localmente arenosas de granulometria média a grossa (Botucatu, Guará,



Passo das Tropas 1 e 2) ou então muito finas, com siltitos e arenitos argilosos (Alemoa e Sanga do Cabral). Como regra geral, as litologias apresentam cores avermelhadas, que localmente podem ser amareladas ou rosadas.

A unidade hidroestratigráfica Botucatu apresenta área de afloramento e espessura muito restrita na fronteira oeste do estado, e os poços que a captam são sempre menos produtivos quando comparados com os poços em que os arenitos estão confinados. Mais importante é a unidade hidroestratigráfica Guará, com capacidades específicas médias entre 2 e 4 m<sup>3</sup>/h/m, e vazões que alcançam a mais de 100 m<sup>3</sup>/h(Fig. 5). A unidade hidroestratigráfica Piramboia apresenta grandes



Figura 5. Relação entre os aquíferos Botucatu e Guará (SAG) e os basaltos da Formação Serra Geral no Compartimento Oeste do Rio Grande do Sul.

variações de produtividade entre as porções oeste e leste do Estado. No oeste do Estado as vazões variam entre 20 e 100 m<sup>3</sup>/h, no centro raramente ultrapassam a 3 m<sup>3</sup>/h e no leste as vazões raramente excedem a 10 m<sup>3</sup>/h. Restritas à porção central do Estado, as unidades hidroestratigráficas Passo das Tropas 1 e 2 apresentam capacidades específicas que variam de 0,5 a 4 m<sup>3</sup>/h/m (Fig. 6). As unidades hidroestratigráficas Arenito Mata, Caturrita, Alemoa e Sanga do Cabral possuem menor importância hidrogeológica.

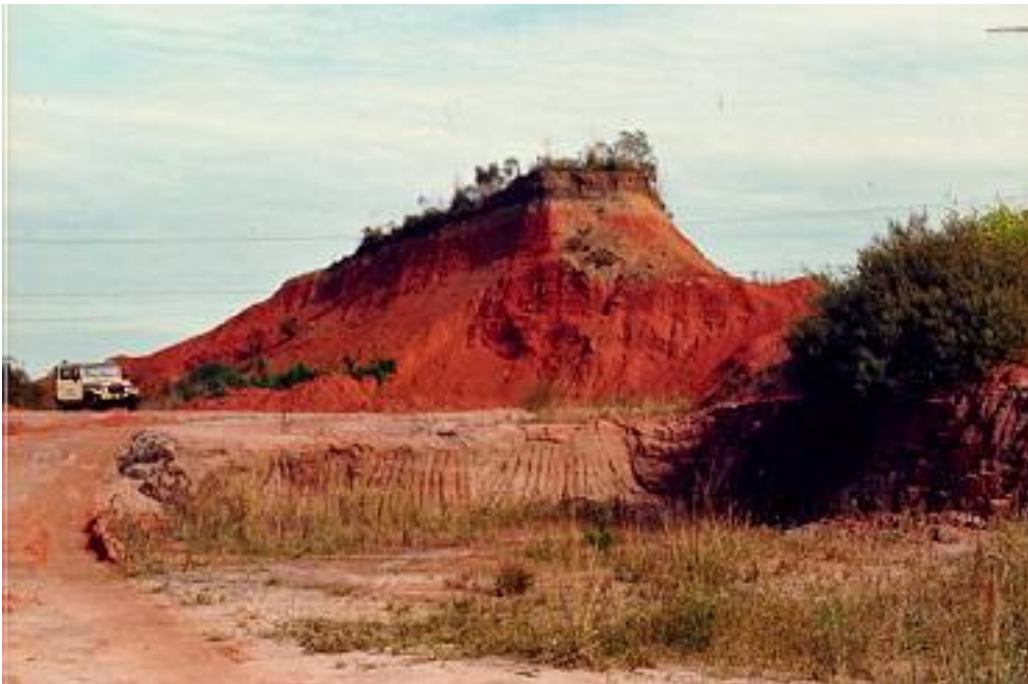


Figura 6. Afloramento do SAG Triássico representado pela Formação Santa Maria (Membros Alemoasíltico-argiloso avermelhado e Passo das Tropas arenoso rosado) no Compartimento Central.

Quanto à qualidade das águas, geralmente as unidades hidroestratigráficas Botucatu, Guará e Piramboia apresentam baixos valores de salinidade, entre 100 e 400 mg/L. Exceção é a ocorrência de águas de maior salinidade da unidade hidroestratigráfica Piramboia em Santa Maria, com valores de STD que podem superar a 3000 mg/L. As unidades hidroestratigráficas Passo das Tropas 1 e Caturrita possuem água doce em pequenas profundidades. A unidade hidroestratigráfica Passo das Tropas 2 possui águas com valores de alcalinidade altos, STD com valores que podem ser muito superiores a 1.000 mg/L e, localmente, presença de flúor acima dos limites de potabilidade.

### 3.2 Área Confinada

O Sistema Aquífero Guarani está confinado pelas litologias vulcânicas da unidade hidroestratigráfica Serra Geral desde a região da *Cuesta do Haedona* região da fronteira oeste até a região litoral norte do estado.

Ele é compartimentado em quatro blocos: Oeste, Leste, Central - Missões e Norte - Alto Uruguai, sendo também constituído por nove unidades hidroestratigráficas: Botucatu, Guará, Arenito Mata, Caturrita, Alemoa, Passo das Tropas 1 e 2, Sanga do Cabral e Piramboia. Como se compõe das mesmas unidades da área aflorante, suas litologias variam de arenosas finas, a médias, avermelhadas, com intercalação de leitos e camadas e de siltitos e argilitos.

A unidade hidroestratigráfica Botucatu é a que apresenta maior distribuição na área confinada, sendo também o principal aquífero captado pelos poços profundos. O mapa de contorno estrutural

do topo do Sistema Aquífero Guarani, que corresponde à unidade hidroestratigráfica Botucatu pode ser visualizado na Fig. 7 (Machado, 2005). Nela podem ser obtidas vazões superiores a  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Geralmente na fronteira oeste do Estado as capacidades específicas variam de 5 e  $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . em outras regiões as capacidades específicas variam entre 0,5 e  $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . A unidade hidroestratigráfica

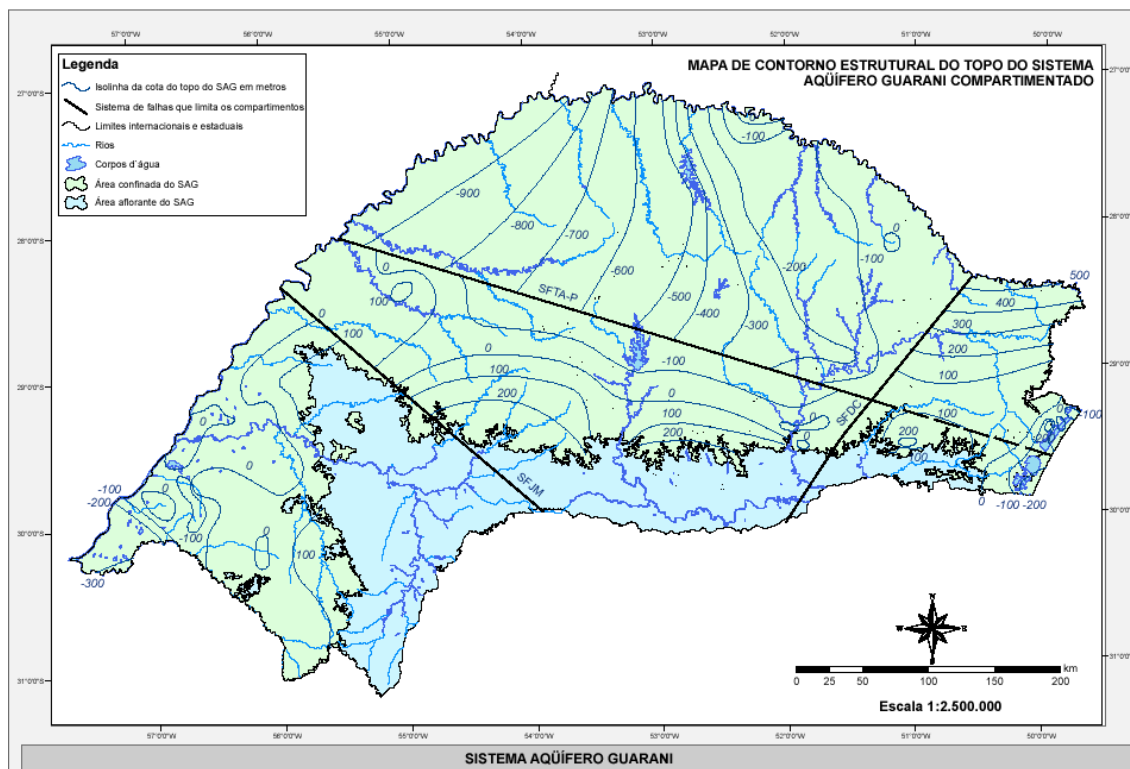


Figura 7. Contorno Estrutural do Topo do Sistema Aquífero Guarani.

Guará restringe-se à fronteira oeste do Estado e forma um sistema aquífero com a unidade Botucatu. Suas capacidades específicas são em geral mais baixas, variando entre 0,5 e  $4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . Das restantes unidades hidroestratigráficas poucas informações são disponíveis, porque os poços de grande profundidade geralmente restringem-se a captar a unidade hidroestratigráfica Botucatu. Raros poços captam as unidades hidroestratigráficas Passo das Tropas 2 e Piramboia, nas regiões central e leste. Como regra geral, apresentam potencialidades semelhantes àquelas das regiões aflorantes.

Quanto à qualidade das águas, ela é variável de acordo com o grau de confinamento das unidades hidroestratigráficas. Botucatu e Guará na fronteira oeste apresentam águas doces com menos de  $400 \text{ mg/L}$  de sais. Na porção norte do planalto meridional, o Botucatu é a principal unidade hidroestratigráfica, apresentando valores de salinidade em geral superiores aos padrões de potabilidade, geralmente acima de  $800 \text{ mg/L}$ . O sistema aquífero Botucatu/Piramboia na região leste contém águas de baixa salinidade, geralmente abaixo de  $400 \text{ mg/L}$ . A unidade hidroestratigráfica Passo das Tropas 2 confinada apresenta altos valores de salinidade e localmente teores elevados de flúor, inviabilizando seu uso em abastecimento público.

No compartimento Norte-Alto Uruguaí, o condicionamento estrutural do Sistema Aquífero Guarani fez com que sua ocorrência a grandes profundidades favorecesse a ocorrência de águas termais. Esta é a região do Estado onde estão localizadas as principais estâncias turísticas termais.

#### **4. CONCLUSÕES**

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) comporta-se como um sistema heterogêneo e predominantemente anisotrópico em decorrência de representar um intervalo cronoestratigráfico e não litoestratigráfico, mais comumente utilizado nos estudos hidrogeológicos.

Os condicionamentos hidrodinâmico, hidráulico e hidrogeoquímico estão muito afetados pelo tectonismo Terciário que afetou a geologia dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Além deste condicionamento tectônico, entre o final do Permiano (Paleozóico) e o Cretáceo (Mesozóico), a estruturação da Bacia do Paraná apresentou no Rio Grande do Sul espaços de acomodação que propiciaram uma sedimentação Triássica característica deste estado, que resultou em uma hidroestratigrafia muito particular quando correlacionada com o restante do sistema aquífero.

O estado de Santa Catarina, ao contrário, apresenta unicamente como componente do sistema aquífero, as litologias das formações Botucatu e Piramboia. No Rio Grande do Sul, extensos sistemas de falhamentos compartimentaram o estado em pelo menos quatro (4) grandes blocos, onde o aquífero apresenta potencialidades bastantes distintas com relação à quantidade e qualidade de seus recursos hídricos subterrâneos.

A diversidade de ocorrência do SAG nestes dois estados indica a necessidade de técnicos especializados para a prospecção e exploração de seus recursos hídricos, visando o melhor aproveitamento de suas reservas e a preservação deste sistema aquífero.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ARGENTINA/BRASIL/PARAGUAI/URUGUAI/GEF/BM/OEA 2009. Avanços no Conhecimento do Sistema Aquífero Guarani. Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. 9 Tomos, 32 volumes.
- MACHADO, J. L. F. 2005. Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). São Leopoldo, RS. 237 p. ilustr. Mapas.
- MACHADO, J. L. F.; Freitas; M. A. 2005. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: Relatório Final. Porto Alegre: CPRM, 65 p.: il.; mapa.
- MACHADO, J. L. F. 2013. Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina. Porto Alegre: CPRM, 1 CD-ROM.