



---

---

## ARCABOUÇO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUARAÍ - RIO GRANDE DO SUL/BRASIL

SILVÉRIO DA SILVA, JOSÉ LUIZ

Professor Adjunto do Departamento de Geociências, CCNE/UFSM silverio@base.ufsm.br

SANTOS, ELIANE FERREIRA DOS

Especialista em Geociências, Bacharel em Geografia, CCNE /UFSM efdosantos@bol.com.br

FRANTZ, LUIS CARLOS

Mestrando do Programa de Engenharia Civil e Saneamento Ambiental do Centro de Tecnologia, CT/UFSM

luis\_frantz@mail.ufsm.br

MALHEIROS, RUI PINTO

Acadêmico do Curso de Química Industrial, DAGEO/CCNE/UFSM ruipm1974@hotmail.com

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, hidrogeologia, transfronteiriça

### RESUMO:

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí (U-60), Estado do Rio Grande do Sul situada no Planalto Meridional Brasileiro na borda da Bacia Intracratônica do Paraná, no extremo Sudoeste do Brasil na divisa com a República Oriental do Uruguai, formando uma bacia transfronteiriça. A importância da área deve-se a ocorrência de águas subterrâneas pertencentes ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), uma das maiores reservas de água doce do planeta. Nesta bacia o SAG ocorre em subsuperfície e em alguns afloramentos “janelas”. Este trabalho tem como objetivo analisar a compartimentação geológica-geomorfológica da Bacia do Rio Quaraí. Como metodologia buscou-se uma atualização dos conceitos utilizados por diversos autores em diferentes épocas. Os dados referentes aos poços foram obtidos do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e da CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento). Os resultados da pesquisa, apresentam e discutem informações disponíveis em perfis hidrogeológicos, e de poços existentes no município de Quaraí, simulando-se de 17 poços, com o uso do Programa Surfer 6.0. O parâmetro hidrodinâmico da superfície potenciométrica, indicou uma contribuição do fluxo subterrâneo de direção NE-SO, para a perenização das águas do Rio Quaraí. Seu arcabouço constitui-se de derrames de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, em formato de antifforma, parte de uma estrutura denominada de *Cuesta* do Haedo, de direção aproximada SO-NE e com caimento para noroeste. As nascentes do Rio Quaraí situam-se em cotas altimétricas em torno de 376 metros, enquanto que sua foz, no encontro com o Rio Uruguai em altitude de 40 metros. Em função do exposto, este trabalho traz como contribuição, uma avaliação preliminar, baseada em dados existentes, visando ampliar os conhecimentos do Sistema Aquífero Guarani, avaliando-se sua conexão hidráulica na Bacia Hidrográfica e suas áreas de recarga e de descarga.

### INTRODUÇÃO



Considera-se que o homem ao priorizar o desenvolvimento econômico tende a alterar o meio ambiente, resultando, em certos casos, na diminuição dos recursos naturais. Relacionado a este fato, destaca-se que nos últimos anos há uma considerável diminuição das reservas hídricas, decorrentes do aumento da demanda e da degradação da qualidade das águas, em função da expansão populacional, agrícola e industrial.

Neste contexto, a preservação da quantidade e qualidade do recurso hídrico, depende tanto de profissionais da área das Ciências da Terra, tanto quanto de cada indivíduo da sociedade, a partir do conhecimento básico, para que se tome conscientização da importância deste recurso natural.

Portanto, o estudo da hidrogeologia tem papel fundamental, pois este está associado à questão da contaminação dos recursos hídricos, em decorrência do mau uso de produtos e resíduos por parte da sociedade tais como lixões, agrotóxicos, cemitérios, outros.

Deste modo, o presente trabalho tem como meta principal realizar um estudo sobre a compartimentação geológica-geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí, com base nos perfis hidrogeológicos de poços existentes no município de Quaraí/RS, a partir dos bancos de dados da CORSAN; CPRM/SIAGAS e DNPM/SISON.

É importante o conhecimento do perfil hidrogeológico do subsolo, pois este revela a permeabilidade de cada litologia, a qual podem por em risco a qualidade das águas superficiais e/ou subterrâneas, suas conexões hidráulicas e permite conhecer-se o subsolo.

## CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

A Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí, U<sup>1</sup>-60, de acordo com o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (SEMA, 2003), está situada no Planalto Meridional Brasileiro na borda da Bacia Intracratônica do Paraná, no extremo sudoeste em zona de fronteira entre o Brasil e o Uruguai, compreendendo os municípios de Santana do Livramento, Quaraí, Uruguaiana e Barra do Quaraí. O município de Quaraí abrange uma extensão de cerca de 3.238 km<sup>2</sup> (Prefeitura Municipal, 1998), compreendendo a maior área desta bacia. Uma população de 24.002 habitantes, sendo que 22.060 residentes na zona urbana e 1.942 habitantes na zona rural, perfazendo 91,9% e 8,1%, segundo (IBGE, 2000).

A Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí apresenta amplas planícies de inundação, em grande parte utilizadas para o pastoreio e para a cultura do arroz (Suertegaray, 1998), pois a base econômica da região está fundamentada na atividade agropecuária, com ênfase na

---

<sup>1</sup> U- Região Hidrográfica do Rio Uruguai- SEMA (2003).



criação de bovinos de corte e ovinos para produção de lã. A agricultura tem no arroz irrigado a sua mais expressiva cultura (EMATER, 1996).

Quanto ao clima enquadra-se como temperado chuvoso e quente, conforme classificação de Köppen. Porém, adaptado ao Brasil, o clima denomina-se subtropical úmido com verões quentes (Cfa), precipitação pluviométrica média anual de 1461 mm, não havendo estação seca (Nimer, 1989). Este valor pode ser utilizado para inferir-se a recarga subterrânea para os aquíferos, o que de acordo com Gregoraushuk (2001) é de 1 a 3% da precipitação média anual, portanto entre 15 a 45 mm/ano. Já Hausman (1995) estimou para a infiltração profunda da área da Bacia Hidrográfica em estudo, valores entre 50 e 100 mm/ano, sem fazer distinção entre os tipos litológicos.

A vegetação predominante são as formações campestres. A presença de matas restringe-se praticamente a manchas concentradas nas encostas dos chapadões de arenito, bem como as faixas que acompanham os cursos d'água (Marchiori, 1992).

A faixa de variação da evapotranspiração média, estimada por (Hausman, 1995) foi de 800 a 900 mm/ano. O que resulta num balanço hídrico positivo.

As nascentes do Rio Quaraí são formadas pelo Arroio Quaraizinho, Arroio do Inglês, Sanga Capão do Inglês, Arroio Espinilho, Arroio Passo da Lagoa, Arroio Jeromito, Sanga da Unha de Gato, Sanga da Tuna, Arroio dos Trilhos, Arroio Gaspar, Arroio Moirões e Arroio Invernada.

São afluentes do Rio Quaraí dentro do município de Quaraí os arroios: Quaraí-Mirim, Salso, Areal, Cati, Pai-Passo, Garupá, Mancarrão e as sangas da Divisa e do Lajeado (Prefeitura Municipal de Quaraí, 1998).

O Rio Quaraí tem suas nascentes no reverso da *Cuesta* de Haedo, em altitudes em torno de 376 metros, constituindo-se num rio cataclinal, bastante encaixado, indo desaguar no Rio Uruguai, na fronteira com o Uruguai e da Argentina, em altitudes inferiores a 40 metros, próximo ao município de Barra do Quaraí. A estrutura em antiforma, conforme Maciel Filho e Sartori (1975), também denominada de abóbada por Lisboa (1996), faz parte da *Cuesta* de Haedo.

A província geomorfológica denominada *Cuesta* do Haedo, expressão utilizada por estudiosos de geomorfologia do Rio Grande do Sul, entre os quais, Müller Filho (1970), Maciel Filho e Sartori (1979), IBGE (1986), Hausman (1966 e 1995), Suertegaray (1998), é uma estrutura de direção aproximada NE-SO, mantida por derrames vulcânicos da Formação Geral e por arenitos intertrapeanos (interderrames) da Formação Botucatu. A



*Cuesta* do Haedo está delimitada ao norte pelo Rio Ibicuí e ao sul pelo Rio Negro, no Uruguai.

As feições estão representadas pelas coxilhas, cujas altitudes estão em torno de 400m. A Oeste destas coxilhas diminui sucessivamente a altitude, reduzindo-se na calha do Rio Quaraí a 80-100m (Suertegaray, 1998).

De acordo com Maciel Filho e Sartori (1979), o reverso da *Cuesta* do Haedo apresenta caimento suave, em direção a noroeste. No *front*, pode-se visualizar uma série de relevos residuais alinhados, com topos tabulares, constituídos por arenitos silicificados da Formação Botucatu ou por derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, formando relevos dissimétricos com vertentes íngremes a quase verticalizadas. Localmente são resultado de tectônica fissural e movimentação de blocos de falhas, deixando arenitos em cotas altimétricas superiores as das rochas vulcânicas.

Associados as principais linhas tectônicas ocorrem sils e diques de diabásio, os quais podem estar interdigitados aos arenitos, conforme constatado em perfis geológicos de São Francisco de Assis, Mata, São Pedro do Sul e outros Silvério da Silva (1997).

Outra feição importante na Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí é a ocorrência de sedimentos arenosos, inconsolidados ou já consolidados formando depósitos de origem eólica, a partir do retalhamento dos arenitos intertrapeanos da Formação Botucatu.

Salienta-se que os processos morfotectônicos na borda do Paraná foram intensos e possivelmente associados ao Arco do Rio Grande, de direção aproximadamente noroeste, onde deve encaixar-se a maior parte do leito do Rio Quaraí (IBGE, 1986; Araújo *et al.*, 1995).

Observando-se o mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul de 1980, na escala 1:1.000.000, os derrames de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral constituem a parcela mais importante do reverso da *Cuesta* do Haedo. Já os afloramentos de arenitos da Formação Botucatu, constituem as chamadas “janelas de Botucatu”, onde se desenvolvem muitos dos areais do sudoeste do Estado (Suertegaray, 1998).

Suertegaray (1998), descreveu três areais mais importantes do município de Quaraí, correspondendo a 220,88 ha, “no conjunto, estes areais localizam-se sobre o divisor de águas dos arroios Areal e Cati, ambos afluentes do Rio Quaraí, que faz divisa com o Departamento de Artigas no Uruguai”.

Ainda a autora descreveu a topografia local, apresentando baixas altitudes, encontrando-se as maiores elevações em torno de 240m. De maneira geral, o relevo apresenta-se composto de vertentes côncavo-convexas (coxilhas), recobertas de vegetação



de gramíneas. Na grande maioria das vertentes é visível um recobrimento de cascalho e seixos (pavimento detrítico).

Estudos sobre a gênese e distribuição dos areais em escala regional foram realizados por (Veiga, Medeiros e Suertegaray, 1977), onde ficaram descritas duas unidades geológicas informais, a unidade A e a unidade B.

- Unidade A: situada em uma cota de 120m em alguns pontos de observação, apresenta coloração avermelhada, recobrimdo por vezes topos de colinas e fundos de vales. Granulometricamente forma um conglomerado basal, manifestando seixos mal classificados e angulosos, dispersos em matriz arenosa, de espessura média 20cm, sobreposto por um arenito, com estratificação cruzada, indicativa de paleocorrentes em canais fluviais. A espessura desta camada arenosa é da ordem de 2,5m. Sobrepondo-se ao conjunto ocorre uma camada areno-argilosa, com estratificação paralela pouco pronunciada, de espessura em torno de 3m.

- Unidade B: está bem apresentada no corte da estrada BR – 293, entre Quaraí-Livramento, no km 20, em cota altimétrica de 160m. Litologicamente constitui-se de depósitos arenosos médios a finos pouco consolidados. Observa-se mergulho de 26°SW nos planos de estratificação, inferindo paleoambiente eólico. A espessura deste depósito é variável, e aflora em cotas entre 120m e 180m. Nas cotas altimétricas inferiores a 100m registra-se a presença de depósitos aluviais.

Posteriormente, com a ampliação dos reconhecimentos regionais em campo, no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, Medeiros *et al.* (1995), apresentaram uma nova visão da estratigrafia do centro-oeste do Estado. Sugeriram informalmente, as seqüências Cerro do Tigre e São João, ambas localizadas no município de Alegrete no deserto São João, de idade pós-vulcânicas, devido à ocorrência de calcedônias e/ou fragmentos de ágatas (minerais típicos de geodos de rochas vulcânicas).

A Seqüência Cerro do Tigre seria a mais antiga. Trata-se de um paleoambiente fluvial. Litologicamente é arenosa a areno-conglomerática, de cor amarela a amarelo-avermelhada, tornando-se amarelo-esbranquiçada a arroxeadada em direção ao topo. São comuns conglomerados intraformacionais e bancos espessos de coloração vermelha. A mineralogia é quartzosa (grânulos), feldspatos alterados e calcedônia.

A litologia da Seqüência São João é expressivamente arenítica, teor de argila menor de 5%, na sua base apresenta areno-conglomerática, de cores vermelho ocre a escuro até amarelo ocre claro. Predominância de quartzo, seixos e grânulos de calcedônia, quartzo



leitoso, bolas de argila vermelha, fragmentos de lenhos silicificados retrabalhados. Paleambiente de enxurradas, alternância de períodos secos e úmidos.

De acordo com Hausman (1995) na bacia ocorrem duas Províncias Hidrogeológicas, Gondwânica Mesozóica e a Basáltica, esta classificação leva em consideração as características geológicas, morfológicas e climáticas, uma vez que a ocorrência e o comportamento das águas subterrâneas são em parte reflexo delas.

A Província Gondwânica foi subdividida em subprovíncias, as quais ocorrem na região; a Subprovíncia Rosário do Sul e Subprovíncia Botucatu, as quais juntas receberam a denominação de Aquífero Gigante do Mercosul (Araújo *et al.*, 1995) e atualmente é conhecida como Aquífero Guarani ou Sistema Aquífero Guarani (ABAS, 2003). A Província Basáltica faz parte de um dos maiores derrames de lava do Planeta, recobre cerca de 1.200.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se por quatro países, Brasil, Uruguai, Paraguai e Uruguai. Recobre as rochas Gondwânicas da Bacia do Paraná, com idade estimada entre 135 e 95 milhões de anos. No Mapa Hidrogeológico do Brasil DNPM (1983) é denominada de Paraná.

## METODOLOGIA

A primeira fase desta pesquisa fez-se uma revisão bibliográfica do tema geologia e geomorfologia, buscando-se uma atualização dos conceitos utilizados em diferentes épocas. Coleta de informações hidrodinâmicas e confecção de um banco de dados com o uso do Aplicativo Microsoft EXCEL. A espacialização das informações foi executada com o auxílio do Programa Surfer 6.0, a partir da *Krigagem*, traçando-se a interpolação de linhas de isovalores.

Os dados referentes aos poços subterrâneos foram obtidos a partir de bancos de dados, via Internet e pesquisa na instituição, cadastrados junto à Companhia Riograndense de Saneamento/CORSAN, do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral/DNPM/SISON – e da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais/CPRM (2003), este pelo cadastro de usuários de poços subterrâneos SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas).

A superfície potenciométrica foi detalhada, obtendo-se a partir da subtração entre a cota altimétrica da cabeça do poço e a profundidade do nível estático do poço. Indica o peso de uma coluna de água em relação a *datum* de referência (nível médio do mar), seu traçado dá-se perpendicularmente as linhas isopotenciométricas ou superfície potenciométrica e indica a direção do fluxo subterrâneo.



A distribuição espacial destas informações foi possível com o uso do Programa Surfer 6.0, através da técnica da *Krigagem*, que interpola matematicamente as informações a partir de uma planilha de dados contendo coordenadas de cada poço no Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) utilizando-se o *datum* horizontal - Minas Gerais SAD 69. Foi simulado um total de 17 poços que continham todas as informações necessárias, como coordenadas cartográficas, altitude e nível estático do poço.

As cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, escalas 1:25.000 e 1:50.000, serviram de documentação cartográfica para georeferência. Também se utilizou o mapa geológico da CPRM 1973, na escala de 1: 250.000.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Notou-se que o reconhecimento geológico realizado pela CPRM em 1973, naquela escala de trabalho, possibilitou a individualização de quatro formações geológicas. A mais antiga, a Formação Rosário do Sul, constituída por arenitos finos a muito finos, argilosos, micáceos, cor vermelho tijolo, com intercalações de siltitos argilosos e estratificação acanalada típica de ambiente fluvial. Salienta-se que não é descrita a existência de níveis de concreções carbonáticas identificadas em outras localidades do Estado, como na região de Santa Maria, São Pedro do Sul, Mata, São Vicente do Sul (Silvério da Silva, 1997). Neste mapa a Formação Rosário do Sul não foi identificada em afloramentos.

Entretanto, no poço (ID 4300000886 CPRM/SIAGAS/2003), localizado no Hospital de Caridade de Quaraí penetrou 39m na Formação Serra Geral, 54m na Formação Botucatu e 17m na Formação Rosário do Sul, portanto totalizando 71m nos arenitos do Sistema Aquífero Guarani.

A Formação Botucatu é constituída de arenitos eólicos, de granulação média a fina, friáveis, vermelhos a amarelos, com estratificação cruzada de alto ângulo. De acordo com o mapeamento geológico e hidrogeológico do ano de 1973, esta formação apresenta espessuras indicadas pelos poços tubulares de até 200m, aparecendo aflorante na região do Arroio Areal.

O poço tubular localizado na vila Sai-Sai, (4300000887 CPRM/SIAGAS/2003), coordenadas UTM (N 6636250 e E 577400), apresentou nível estático em 30,6m, isto é, representando um aquífero do tipo livre ou freático. Penetrou em quatro camadas de arenitos (13,6m em arenito com seixos quartzosos; 18,6m em arenito fino; 9,0m em arenito médio e 18,8 em arenito argiloso), todos considerados naquela época pertencentes à



Formação Botucatu. A camada de arenitos com seixos quartzosos corresponde a unidade definida por Veiga *et. al.* (1977) como equivalente a Sequência Cerro do Tigre (Medeiros *et. al.*, 1995).

Acredita-se que estes seixos quartzosos, sejam de origem pós-vulcânica, formados pelo intemperismo de geodos, de quartzo, portanto, constituídos de calcedônias e outras variedades de quartzo, todos de origem vulcânica retrabalhados e depositados em depressões, vales pré-existentes, associadas aos processos de tectonismo, falhas, basculamento de blocos e/ou depósitos de escorregamento de encostas (tálus).

A Formação Serra Geral constituída de efusivas basálticas e intercalações de arenitos eólicos intertrapeanos, apresentam afloramentos constituindo relevos residuais “janelas”, ocorrendo principalmente próximo da sede do município de Quaraí. A localização pontual destas “janelas” sugere um processo de tectonismo com subida e descida de blocos, podendo sofrer evolução local a partir de afloramentos do lençol freático pretérito e atual.

Por outro lado, a espessura máxima dos derrames basálticos na Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí foi de 280m de acordo com o mapa da CPRM (1973).

Os depósitos aluviais e eluviais Cenozóicos, compostos de areias e cascalhos inconsolidados ocorrem principalmente, no médio curso do Rio Quaraí até sua foz com o Rio Uruguai. Também ocorrem associados a arroios e sangas encaixadas em falhas de direção aproximada NE-SO, como exemplo, Arroio Areal, Arroio Garupá e Arroio Cati. Já as nascentes do Rio Ibirapuitã e do Arroio Pai-Passo encaixam-se em falhas de direção preferencial N-S, e já fazem parte de outra bacia, Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí (U-50).

Suertegaray (1998), apresentou um perfil geológico-geomorfológico da *Cuesta* do Haedo, de direção Oeste-Leste, numa extensão de cerca de 96,5 km. Identificou a ocorrência de quatro formações geológicas; a Formação Rosário do Sul, a Formação Botucatu, a Formação Serra Geral e os aluviões Cenozóicos.

A *Cuesta* do Haedo, de acordo com Müller Filho (1970), é um relevo homoclinal dissimétrico com *front* voltado para Leste, e cujo reverso suave, decai em direção ao Rio Uruguai. Suas litologias características são do Triássico Superior (arenitos Botucatu e basaltos). O *front* alcança 200 a 300m de altitude (Livramento e proximidades de Rosário do Sul), e nas margens do Rio Uruguai não alcança os 100m (70 metros em Uruguaiana). É entalhada por diversos rios conseqüentes que confluem para o Rio Uruguai, tais como o: Rio Ibicuí, cujo vale assinala a passagem para o Planalto basáltico, o Rio Quaraí, o Rio Taquarembó e o Rio Negro, os dois últimos em território uruguaio.



Optou-se neste trabalho pela denominação de *cuesta* como uma unidade geomorfológica independente, em função de algumas características litológicas, apresentar rochas com diferentes graus de dureza ou de resistência ao intemperismo, isto é basaltos e arenitos silicificados ou não silicificados. Estruturais, por apresentar camadas inclinadas, onde os topos dos derrames vulcânicos são subhorizontais, e os arenitos podem ser intertrapeanos ou formar depósitos em camadas de espessura superior a 50m, apresentando suave inclinação para NO (Hausman, 1966). Também apresenta uma variação de cotas entre 376m até 40m, numa distância de linear, em linha reta de 182km, o que indica um caimento de 1,8m/km. A drenagem é do tipo cataclinal no Rio Quaraí, que desenvolve seu curso principal ao longo de uma falha de direção NO-SE. Enquanto no *front* da *cuesta*, ocorrem os rios Ibicuí da Cruz e Santa Maria, ambos afluentes do Rio Uruguai.

Em outro trabalho a ser apresentado neste evento, será apresentada a contribuição do fluxo subterrâneo, de direção SO-NE, para tornar perenes os citados rios (Silvério da Silva *et al.*, 2004).

De acordo com Hausman (1966) a *Cuesta* Uruguiaia “secciona a porção meridional ocidental do derrame basáltico, pela drenagem do Rio Ibicuí, ficando ela isolada da porção setentrional, criando uma escarpa estrutural que deu individualidade morfológica a ambas as porções do basalto. Para o Norte o Planalto estendendo-se até os estados de Goiás e Mato Grosso, e para o Sul, a *cuesta* penetrando pelo território da República Uruguiaia”. Salienta-se que esta ruptura no Planalto Meridional Brasileiro, da Bacia do Paraná, pode estar relacionada com reativações tectônicas associadas ao Arco do Rio Grande (de direção NO-SE) Araújo *et al.* (1995). Esta hipótese poderá ser futuramente comprovada com a ampliação das informações de poços tubulares. Ainda de acordo com Hausman (1966) ao contrário do que acontece no Planalto, o pacote sedimentar coberto pelo derrame, mergulha em direção ao Uruguai, formando um verdadeiro monoclinal que permitiu a estruturação da *cuesta* cuja escarpa esta voltada para Leste e o reverso para Oeste.

Neste trabalho merece ser destacado que o conceito de Bacia Hidrográfica aplicado a Gestão dos Recursos Hídricos previsto na Lei Federal Nº 9.433/97, como unidade básica de pesquisa necessita ser adequado às peculiaridades dos recursos hídricos subterrâneos previsto nas resoluções Nº 9 (11/06/2000) e Nº 15 de (11/01/2001) do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), devido aos seguintes aspectos.

Considerando-se que as águas meteóricas, superficiais e subterrâneas são partes integrantes do Ciclo Hidrológico, e que os aquíferos podem apresentar zonas de descargas e de recarga pertencentes a uma ou mais Bacias Hidrográficas sobrejacentes, uma vez que



os reservatórios subterrâneos funcionam como condutos, sob pressão, podendo interconectar Bacias Hidrográficas dispostas a vários quilômetros umas das outras.

De acordo com o previsto na Resolução Nº 15 do CNRH, entende-se por:

-Águas Subterrâneas- as águas que correm naturalmente ou artificialmente no subsolo.

-Aqüífero- corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos;

-Corpo Hídrico Subterrâneo – volume de água armazenada no subsolo.

De acordo Wrege (2002), a Província Hidrogeológica é uma região que possui sistemas aquíferos com condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água. Define como Sistema Aquífero o domínio aquífero contínuo, ou seja, as partes estão contidas por limites (finito) e estão ligadas hidraulicamente (dinâmico).

Hausman (1995) sugere que na classificação de aquíferos granulares, além do conceito de aquífero seja levado em consideração a “Unidade Hidroestratigráfica” definida como um conjunto de horizontes aquíferos confinados e interconectados hidraulicamente, formando parte integrante de uma coluna estratigráfica”. Neste conceito reuniu as rochas sedimentares, como os arenitos na definição de aquíferos granulares e as rochas cristalinas e/ou cristalofílicas como aquíferos fraturados, ex. derrames de rochas vulcânicas, como os da Formação Serra Geral.

Buscando-se exemplificar estes conceitos utilizou-se para esclarecimento o termo Aquífero Gigante do Mercosul, segundo Araújo *et al.* (1995) é a denominação formal dada a parte do Sistema Hidroestratigráfico Mesozóico, constituído por estratos do Triássico (formações Pirambóia e 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). Abrangendo parcialmente oito Estados brasileiros, parte do Uruguai, da Argentina e do Paraguai, englobando várias Bacias Hidrográficas e uma Província Hidrogeológica, denominada Paraná.

Salienta-se que litologicamente a Formação Botucatu, um arenito, tem sua secção-tipo na cidade homônima no Estado de São Paulo, aflorando ou em subsuperfície em oito estados brasileiros. Já a Formação Rosário do Sul, arenitos de ambiente flúvio-eólico, apresenta sua secção-tipo no Município de Rosário do Sul (região central do estado), é estratigraficamente equivalente temporal e paleoambiental da Formação Pirambóia, identificada por exemplo, nos estados do centro do país, como São Paulo e Paraná. As



características faciológicas que ocorrem muitas vezes em alguns locais e não em outros, isto faz destes aquíferos serem corpos anisotrópicos, com variações laterais e na vertical, em função da tectônica e de sua evolução paleoambiental. No Estado do Rio Grande do Sul, a Formação Rosário do Sul apresenta localmente cimento carbonático, ou até níveis de concreções carbonáticas como os calcretes e as concreções silicosas (silcretes), não citadas nos registros do Estado de São Paulo.

Por outro lado, os modelos de fluxo subterrâneos de escalas regionais e locais, indicam que existe uma conexão hidráulica entre as águas subterrâneas infiltradas no centro da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo, Mato Grosso, em direção a calha do Rio Paraná (Araújo *et al.*, 1995). Campos (2000) propôs um fluxo subterrâneo de direção Leste para Oeste para as camadas pertencentes ao Aquífero Guarani, contribuindo para a perenização do leito do Rio Uruguai, no Estado do Rio Grande do Sul na divisa com a Argentina.

Araújo *et al.* (1995) salientaram que as características hidrogeológicas do aquífero variam significativamente dentro desta gigantesca bacia intracratônica do Paraná. Estas variações advêm do ambiente de deposição, da evolução estrutural da bacia e do tempo de residência das águas. As condições hidráulicas do aquífero variam espacialmente. A variação lateral de estratos com características de aquífero para aquitarde (rochas de baixa permeabilidade) é controlada pela mudança faciológica causada por diferentes ambientes deposicionais. O Aquífero Gigante do Mercosul é confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral (Cretáceo) e por rochas permo-triássicas de baixa permeabilidade.

Nesta pesquisa realizou-se a avaliação de nove perfis hidrogeológicos de poços da porção central do município de Quaraí, notou-se que existe uma variabilidade de espessuras dos arenitos intertrapeanos. Estes resultados são ilustrados no Quadro 1.

A partir da simulação de dezessete poços situados tanto na área urbana quanto rural do município de Quaraí, obteve-se o cartograma da Superfície Potenciométrica ilustrado na Figura 1. Notar a direção regional preferencial do fluxo subterrâneo, indicado pela direção Nordeste para Sudoeste, sugerindo uma contribuição do Sistema Aquífero Guarani, para a perenização do curso do Rio Quaraí, situado ao Sul do cartograma, não representado. Informa-se que a direção do médio curso do Rio Quaraí, neste trecho encontra-se encaixado em falhas de direção NW-SE. Esta figura ilustra um cartograma, que cobre uma superfície de 1.068 km<sup>2</sup> ou sejam 106.800 ha, na escala numérica de 1:360.000. Origem da quilometragem UTM “Equador e Meridiano 57° W. GR.” Acrescidas as constantes de



10.000 km e 500 km, respectivamente; *datum* horizontal: SAD 69 - Minas Gerais e *datum* vertical: Imbituba - Santa Catarina.

Quadro 1- Ilustra secções geológicas de cada poço tubular com descrição dos perfis geológicos (espessuras em metros).

Nº Poço	Derrames vulcânicos (Fm. Serra Geral)		Arenitos (Fm. Botucatu e Fm. Rosário do Sul)		Profundidade Dos poços (m)
	1º Derrame (m)	2º Derrame (m)	1ª Camada (m)	2ª Camada (m)	
10	39	-	54	18	110
9	25	77	6	60	168
5	49	-	500	-	54
6	16	44	16	26	102
7	79	20 (basalto + ar. intertrapeano)	71	-	170
1	58	-	76	-	134
8	52	49	18	25	144
4	60	33	3	16	112
2	53	-	73	-	126

Fonte: CORSAN e SIAGAS/CPRM(2003)

Organização: Santos, E. F. dos; Silvério da Silva, J. L. e Frantz, L. C.

A partir destas informações pode-se concluir que os derrames e as camadas de arenitos intertrapeanos não apresentam continuidade lateral, bem como conexão hidráulica, portanto indicativas da existência de movimentações tectônicas ao longo de blocos de falhas e/ou basculamentos. O mergulho das camadas de arenitos para a República Oriental do Uruguai, ainda necessita mais estudos do lado do Departamento Artigas. Salienta-se que em todos os poços tubulares avaliados neste quadro, a cobertura inicial do terreno é de constituição vulcânica. A profundidade dos poços tubulares atualmente encontra-se entre 54 e 170 metros.

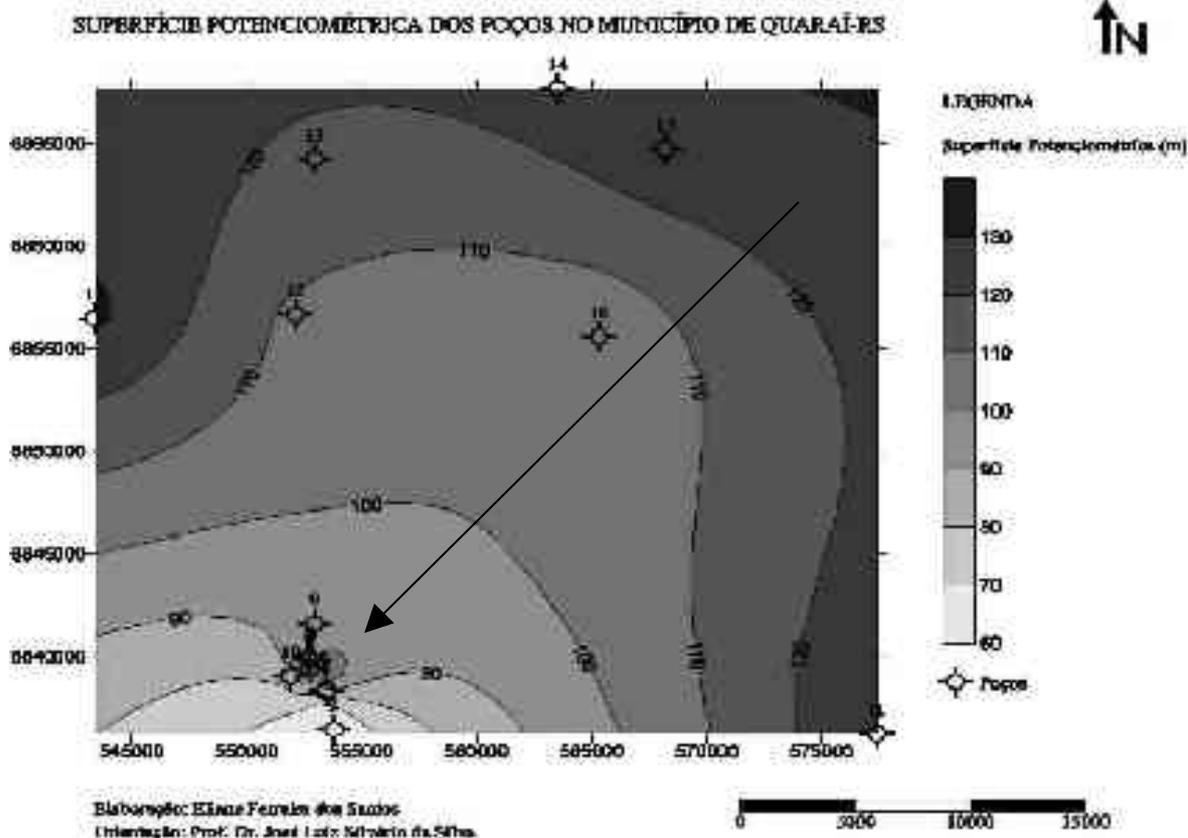


Figura 1 - Cartograma da Superfície Potenciométrica dos poços no município de Quaraí-RS

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A confirmação da hipótese de haver conexão hidráulica entre as camadas de arenitos do SAG, entre Santana do Livramento e Quaraí, bem como a possível inclinação das camadas da *Cuesta* do Haedo em direção do Departamento de Artigas, no Uruguai estará sendo testada através da pesquisa conjunta entre a UFSM, Departamento de Geociências e o Departamento de Hidráulica e Saneamento com a Universidade da República do Uruguai, UDELAR/Instituto de Mecânica dos Fluidos, em projeto financiado pela Organização dos Estados Americanos, intitulado “Caracterização de áreas de recarga e de descarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Em Rivera/Livramento e em Artigas/Quaraí. Estudo da vulnerabilidade em Artigas/Quaraí”.

Os estudos preliminares, realizados até o presente momento, indicaram a direção do fluxo subterrâneo de NE para SO, bem como nos perfis geológicos do município de Quaraí, observou-se que não existe uma conexão hidráulica direta, entre derrames vulcânicos, fraturados, de diferentes espessuras, bem como nas camadas de arenitos



intertrapeanos, que também apresentaram diferentes espessuras, mostrando-se seccionadas em blocos de falhas e/ou basculadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B. e POTTER, P. E. **Aqüífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: Mapas Hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Taquarembó.** Curitiba/PR: PETROBRÁS/UFPR, Set/1995, 16 p., 8 mapas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS/ABAS, <http://www.abas.org.br/html>, WREGE, M. Conceitos. Acesso em Jun/2002.

CAMPOS, H. C. N. S. **Modelación conceptual y matemática del acuífero guaraní, cono sur. mapa hidrogeológico do aquífero guaraní.** escala 1:2.500.000. estudos tecnológicos – *Acta geológica leopoldensia*. Série Mapas, XXIII/4, UNISINOS, p.50 (2000).

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS/CPRM/SIAGAS/ <http://www.cprm.gov.br/html>. Acesso em Dez/2003.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS/CNRH/Resoluções Nº 9 (11/06/2000) e Nº 15 de (11/01/2001): Disponível em: <http://www.ana.gov.br/resoluções/html>. Acesso em Dez/2003.

CPRM/ **Projeto Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, Mapeamento Geológico Folha SH.21-Z-A, Livramento**, de 1:250.000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL/DNPM - **Mapa Hidrogeológico do Brasil (1983)**, Escala de 1: 5.000.000.

EMATER/RS. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Quaraí, 1996.

GREGORAUSCHUK, J.D.L. Disponível em: <http://www.sg-guarani.org/html>. Acesso Jul/2001.

HAUSMAN, A. **Comportamento do Freático nas áreas Basálticas do Rio Grande do Sul.** Boletim Paranaense de Geografia. n. 18 a 20, Out. 1966. p. 177-214.

————— **Província Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul – RS.** *Acta geologica leopoldensia*. Série Mapas, Nº 2, UNISINOS, 1995. p.1-127.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/IBGE: Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/população/html>. Acesso em Mar/2004.

Lei Federal Nº 9.433/97, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/>

MACIEL FILHO, C. L. e SARTORI, P. L. P. Aspectos estruturais da Região de São Francisco de Assis, RS. **Ciência e Natura**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa, (1): 1979. p.53-65.



MARCHIORI, J. N. C. **Areais no Sudoeste do Rio Grande do Sul: Elementos para uma História Natural.** *Ciência e Ambiente*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, v. 3, n. 5, jul/dez. 1992. p. 65-90.

MEDEIROS, E.R.; ROBAINA, L.E.; MACIEL FILHO, C. L. **Uma nova visão estratigráfica do centro-oeste do Rio Grande do Sul.** In: **6º Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia do Cone Sul.** UFRGS/SBG, Porto Alegre. p.233-234, 1995.

MÜLLER FILHO, I.L. **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil.** Ministério da Educação e da Cultura – UFSM - Departamento de Geo- Ciências, nº 1, p.34 (1970).

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUARAÍ. Secretaria de Saúde e Meio Ambiente. Plano Municipal de Saúde de Quaraí, 1998.

RADAMBRASIL/FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796 p. 6 mapas; il. (Levantamento de recursos naturais; v. 33).

SERETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL/ SEMA Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/>. Acesso em 2003.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L. **Estudo dos Processos de Silicificação e Calcificação em Rochas Sedimentares Mesozóicas do Rio Grande do Sul, Brasil.** Tese de doutorado em Geociências. UFRGS, 1997. 156 p.

SILVÉRIO DA SILVA, J.L. e Garcia A. J. V. **Avaliação Petrológica Preliminar de Arenito das Formações Mata e Santa Maria (Membro Passo das Tropas), na região de Santa Maria – RS.** *Acta geologica leopoldensia*. Ano XVI, Nº 38, UNISINOS, p.199-223, 1993.

SILVÉRIO DA SILVA, J.L.; PAVÃO, A. D. M.; BERRO, S. V. CRUZ, R. C. E WANDSCHEER, E.A.R. Avaliação da Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, RS. In: **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Curitiba-PR, 23 a 27 Nov 2003. CD-ROM.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsia.** 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 109 p.

VEIGA, P.; MEDEIROS, E.R. e SUERTEGARAY, D.M.A. Gênese dos campos de areia no município de Quaraí-RS. In: **Anais do I Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.** Porto Alegre: UFRGS, Jul.1987.