

# CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RECARGA E DESCARGA DO SAG EM RIVERA/LIVRAMENTO E QUARAÍ/ARTIGAS

LUIS CARLOS FRANTZ<sup>1</sup>; JOSÉ LUIZ SILVERIO DA SILVA<sup>2</sup>; ISABEL CAMPONOGARA<sup>3</sup>; ELIANE FERREIRA DOS SANTOS<sup>4</sup>

## RESUMO

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) na fronteira política Brasil-Uruguai demonstra uma importante variação regional do nível piezométrico. Na porção Oeste do Município de Rosário do Sul, com nível piezométrico em torno de 180m, compreende uma zona de recarga que permite acesso à água subterrânea do SAG. Em contrapartida, na cidade de Artigas este nível piezométrico decresce a 120m, atingindo cerca de 55m em Quaraí, abrangendo uma área de descarga regional e/ou local. Este condicionamento deve-se a compartimentação tectônica existente entre derrames vulcânicos e rochas sedimentares. A CPRM/1973, no Município de Quaraí cadastrou 51 poços apresentando informações hidrodinâmicas e 21 com perfis geológicos. Também se obteve informações do SIAGAS/CPRM e da CORSAN. A partir de poços localizados em pontos estratégicos, busca-se informações relativas ao possível relacionamento hidráulico subterrâneo entre as zonas de recarga em Rivera/Santana do Livramento e de descarga Artigas/Quaraí, do qual apresenta-se e discute-se informações georreferenciadas associadas a rochas vulcânicas sotopostas, com arenitos em camadas interderrames, que demonstram a inexistência de conexão hidráulica contínua nesse sistema aquífero. Conclui-se que as águas subterrâneas contribuem para a manutenção do nível das águas do Rio Quaraí e que esta área encontra-se bastante compartimentada. Este projeto tem parceria com a UDELAR/IMFIA.

## ABSTRACT

The Guarani Aquifer System (GAS) situated in the politics boundary Brazil-Uruguay shows one important regional variation of the potentiometric surface. In the West portion of Rosario do Sul city

---

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Civil, CT/UFSM/RS/Brasil/luis\_frantz@mail.ufsm.br

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Geociências, CCNE/UFSM/RS/Brasil /silverio@base.ufsm.br

<sup>3</sup> Mestranda em Geografia, CCNE/UFSM/RS/Brasil/isacamponogara@mail.ufsm.br

<sup>4</sup> Especialista em Geociências/Acadêmica de Licenciatura em Geografia, CCNE/UFSM/RS/Brasil/efdossantos@bol.com.br

with potentiometric surface around 180m, involves the recharge zone that allows access to groundwater of GAS. In compensation, at Artigas City this potentiometric surface decrease until 120m, reaching around 55m at Quaraí, including one regional and/or local discharge area. This conditioning is due the tectonic compartmentation existent between volcanic lava flows and the sedimentary rocks. The CPRM/1973, at Quaraí city has registered 51 wells that shows hydrodynamic information and 21 with geological profiles. Also we got information of the SIAGAS/CPRM and of the CORSAN departments. Starting from located wells in strategic points, it is looked for relative information to the possible underground hydraulic relationship among the recharge areas at Rivera/Santana do Livramento and discharge areas of Artigas/Quaraí, of which comes and GIS System information associated to volcanic overlying rocks, with sandstones intertraps layers, that demonstrate the inexistence of continuous hydraulic connection in that aquifer system . Was ended that the underground waters contribute to the maintenance of the level of Quaraí's River and that this area is quite compartmentalized. This project has partnership with UDELAR/IMFIA.

Palavras-chaves: SAG, Transfronteiriço, SIG

## INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

O projeto visa fornecer subsídios técnicos para a Gestão Integrada do Sistema Aquífero Guarani (SAG) na área transfronteiriça Rivera (Uruguai) com Santana do Livramento (Brasil) e Artigas (Uruguai) com Quaraí (Brasil). Através deste projeto, de cunho social, se busca um melhor entendimento quanto a sua vulnerabilidade, para sua melhor proteção. Ampliar os conhecimentos sobre a evolução hidroquímica através dos mecanismos de circulação das águas no SAG, com base em avaliações físico-químicas, associadas às características hidráulicas e hidrogeológicas do SAG. Estabelecer um modelo conceitual buscando-se avaliar as áreas de recargas e de descargas deste sistema, bem como realizar um estudo de vulnerabilidade natural em Quaraí/Artigas. Realizar trocas de experiências entre pesquisadores e também na formação de recursos humanos de alto nível.

Apoio técnico e operacional a comunidade de usuários dos recursos hídricos subterrâneos transfronteiriços. Avaliar as áreas de recarga e descarga do SAG em Rivera/Santana e Quaraí-Artigas, visando obter-se elementos para avaliar-se a sustentabilidade do uso destes recursos ambientais, visando à preservação da qualidade-quantidade para as atuais e futuras gerações.

A Organização dos Estados Americanos (OEA) juntamente com bancos europeus forneceram recursos para Proteção Ambiental do Sistema Aquífero Guarani (SAG) através do Fundo das Universidades, onde concorreram 30 projetos de quatro países, os quais complementarão as avaliações que ocorrerão nas 4 áreas piloto (Ribeirão Preto-Brasil; Santana do Livramento/Rivera-Brasil/Uruguai; Concórdia/Salto Argentina/Uruguai; Encarnación-Caagazú-Ciudad del Este Argentina/Paraguai. [www.sg-guarani.org/2004](http://www.sg-guarani.org/2004)).

Portanto, o trabalho tem um cunho social muito importante, pois o cadastro das informações sobre água subterrânea, além de avaliarem as reais necessidades de água de populações urbanas e principalmente rurais, também terá ênfase nos aspectos de qualidade físico-química e bacteriológica avaliando-se os padrões de consumo humano das águas, com o intuito de prevenir doenças transmissíveis pela água. Outro fator importante relaciona-se ao uso sustentável deste recurso natural em qualidade e quantidade, assim como a gestão entre os dois países Brasil e Uruguai.

A área de estudo situa-se na região de fronteira sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Santana do Livramento e Quaraí) e o Uruguai (Rivera/Artigas) e, em parte uma fronteira seca e noutra separada pelo Rio Quaraí, portanto área total no entorno das cidades, estima-se uma área total de estudo de 300 km<sup>2</sup>. As áreas do estudo, encontram-se situadas aproximadamente entre as coordenadas UTM, Quadro 1.

Quadro 1- Coordenadas aproximadas UTM da área de estudo, origem Equador e 57° W de Greenwich.

Cidades	N	E
Quaraí	6647000	544000
Artigas	6634000	544000
Livramento	6586000	643000
Rivera	6576000	643000

Elaboração: Autores

## METODOLOGIA

a) Inventário de poços existentes, foi realizado com busca de dados de empresas perfuradoras de poços, empresas de exploração de águas subterrâneas (Obras Sanitárias del Estado O.S.E., Dirección Nacional de Minería y Geología/DINAMIGE, Departamento de Águas e Esgoto/D.A.E.), Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais/CPRM, Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Brasil /SIAGAS, Companhia Riograndense de Saneamento/CORSAN, Programa de Açudes e Poços/PAP/Secretaria de Obras Públicas/SOPS/RS, Secretaria da Agricultura/Divisão de Comandos Mecanizados/DCM, Departamento Nacional de Produção Mineral D.N.P.M./Sistema de Informações de Sondagens SISON e outras. Nos trabalhos de campo está sendo utilizado o *GPS Garmin 12* para o Georreferenciamento das informações. Coleta de dados sobre perfis geológicos, métodos construtivos dos poços, além da confirmação da existência ou não de ensaios de bombeamento e informações sobre os parâmetros hidrodinâmicos desses poços. Utilizando-se como *Datum* Horizontal SAD 69 (Minas Gerais/BR) e *Datum* vertical Imbituba (Santa Catarina), em Projeções *Universal Transversa de Mercator/UTM*, origem da quilometragem UTM “Equador e Meridiano 57° W de Greenwich acrescidas as constantes 10.000km e 500km respectivamente”. Informa-se que o *Datum* horizontal oficial do Uruguai (Yacaré), o *Datum* vertical segue o nível médio da água no porto de Montevideú, utilizam o elipsóide Hayford (1924), quadrícula plana a cada 2 Km, origem Xo: 500km a oeste do meridiano 62<sup>G</sup>, Yo: Pólo Sul, projeção Gauss (meridiano de contato 62<sup>G</sup>). Fonte: Folha de Artigas, escala 1: 50.000, edição outubro/1986. Portanto teve-se a necessidade de transformar as coordenadas para um sistema único (*South América 69*), utilizando-se o Programa *TatukGIS*, disponível na INTERNET.

b) Elaboração de um banco de dados em ambiente SIG, sistematizando as informações relativas a cada poço, com informações sobre os usos da água, existência ou não de análises físico-químicas e bacteriológicas, parâmetros hidrodinâmicos e hidráulicos entre outras, apresentados em planilhas padrão do tipo CPRM/SIAGAS (<http://www.cprm.gov.br>).

c) Armazenamento das informações em microcomputadores pessoais, ou *Notebooks* para facilitar informações de campo. As planilhas serão formatadas em programa Microsoft *EXCEL*, padronizando-se as informações que serão disponibilizadas numa página da INTERNET a comunidade interessada.

d) Mapeamento Geológico de Superfície na escala de 1: 25.000 de parte da cidade de Rivera, pois o lado brasileiro, na área urbana de Livramento já foi executado por Eckert & Caye (1995) nesta escala. Na área rural, existe em escala 1: 100.000 (1986) e 1:250.000 (1973) no lado brasileiro. Abrangendo uma área urbana de aproximadamente 100 km<sup>2</sup> na área piloto Rivera-Livramento e de cerca de 200 km<sup>2</sup> entre Quaraí e Artigas, buscando-se como limites naturais o Rio Quaraí, os arroios (Mancarrão, Areal e Cuñapiru), sangas, banhados, afloramentos rochosos, rodovias, outros. As informações serão apresentadas em ambiente Sistema de Informações Geográficas/SIG. Serão identificadas e separadas as unidades hidrogeológicas aflorantes, preparando-se uma carta de vulnerabilidade natural do SAG, utilizando-se a Metodologia DRASTIC (EPA), confeccionando-se cartas temáticas para cada um dos parâmetros georreferenciados. Neste modelo cada parâmetro recebe um peso padronizado.

D= Profundidade do Nível Estático será obtido de informações de poços perfurados, podendo ser complementada por Prospecção Geofísica (SEVs) ou medição direta com uso do medidor automático, com cabo de 100m, Tipo Jaciri. Peso 5.

R= Recargas *neto*, modelada matematicamente considerando-se as superfícies freáticas obtidas em poços da O.S.E., D.A.E., CORSAN e/ou ajustada mediante modelação numérica do terreno, relacionando-se os cursos d'água superficiais, banhados, precipitação média anual, evapotranspiração potencial. Peso 4.

A= Meio Aquífero (Tipos litológicos identificados em superfície e/ou complementados em perfis geológicos de poços), Peso 3.

S= Solo será obtido a partir das texturas das rochas aflorantes e avaliações em campo, Peso 2.

T= Topografia, as classes de declividade do terreno serão avaliadas a partir de cartas topográficas 1:50.000 e digitalizadas, utilizando-se programas (SITER, AUTOCAD, CARTA LINX, outros); as classes serão divididas em faixas de percentagens (%): 0-2; 2- 6; 6-12; 12-18; > 18%. Peso 1

I= Impacto do tipo de Zona vadosa em função as unidades hidrogeológicas mapeadas, Peso 5.

C= Condutividade hidráulica será obtida através do uso de programas computacionais (*GWW for windows*) apoiados em ensaios de bombeamento e/ou recuperação de poços (informações calibradas em campanhas de campo em poços com ensaios pré-existentes). Peso 3.

Nesta fase as informações serão digitalizadas a partir de cartas topográficas do exército 1: 50.000 ou 1: 25.000, para posterior cruzamentos com outras informações georreferenciadas, apoiadas em fotografias aéreas que servirão para inferir-se a tectônica.

e) Avaliar e realizar testes de bombeamento e/ou recuperação com apoio das equipes da *O.S.E.* e do *D.A.E.* e *CORSAN*, sendo avaliados os principais parâmetros hidrodinâmicos (Transmissividade, Abaixamento, Permeabilidade do terreno) associados às vazões, e níveis Estático e Dinâmico. Os parâmetros obtidos servirão para calibrar o Modelo Conceitual e a direção dos fluxos subterrâneos. Serão utilizados programas computacionais tais como: *SURFER 8.0* para a obtenção de informações de isovalores e distribuição espacial dos poços. O programa *GWW for Windows* servirá para calibração e avaliação da geometria das unidades hidrogeológicas.

f) Diagnosticar os usos atuais dos recursos hídricos subterrâneos, apoiados em pesquisa de campo, onde serão avaliadas as condições construtivas dos poços e a existência de selo sanitário protetor, analisados em trabalhos de campo, buscando-se identificar a situação.

g) Monitoramento com coletas sistemáticas de águas subterrâneas em poços especializados estrategicamente. Na área urbana de Livramento poderão ser utilizados cerca de 5 poços do *D.A.E.* já avaliados em termos de qualidade da água por (Eckert & Caye, 1995). Também serão escolhidos cerca de 5 poços da *O.S.E.*, localizando alguns próximos de arroios que recebam despejos industriais e/ou residenciais tanto em Rivera, quanto em Artigas. Em ambas as cidades também serão amostradas fontes naturais, principalmente associadas aos afloramentos da Formação Botucatu (*Fuente Oriente*, mineral e *Fuente La Bicca* ambas localizadas em Rivera, bem como do lado brasileiro a Fonte Santo Ignácio localizada na Vila Registro – Santana do Livramento). Em Quaraí serão selecionados poços da *CORSAN*, ou outros para análises. Serão tomadas 4 amostras de águas superficiais para confrontação com os poços próximos. Frequência de coletas será anual, com repetição no segundo ano. As análises serão realizadas com uso do Espectrofotômetro *DR/2400 Hach*, de campo, para os parâmetros: cor aparente, Turbidez, Dureza, Fe, Mn, Al, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>3-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, C<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. O pH a condutividade elétrica, e os Sólidos Totais Dissolvidos STD, serão avaliados com sondas de multiparâmetros.

h) Avaliação do grau de vulnerabilidade natural, que será apoiado nas informações do mapa geológico, do inventário das fontes pontuais e/ou dispersas de contaminação, seus graus de contaminação, principalmente associados a depósitos de resíduos sólidos, industriais e de agricultura, bem como fossas em habitações. Poderão ser coletadas amostras de rochas para estudo da composição dos argilominerais em Difração de Raio-X, uma vez que cada um apresenta diferentes Capacidades de Troca de Cátions/CTC, portanto diferentes graus de atenuação natural. Interpretação da influência dos distintos parâmetros que podem afetar a vulnerabilidade natural.

i) Prospecção Geofísica, as campanhas poderão utilizar Sondagens Elétricas Verticais (SEV) buscando-se calibrar as informações de níveis piezométricos, da geometria das unidades hidrogeológicas, e o modelo numérico conceitual. Os perfis serão avaliados ao longo das pesquisas de campo e apoiados em informações de perfis de poços já existentes, e em funcionamento ou desativados como poços de observação.

j) Preparação de recursos humanos na Pós-Graduação de alunos de Mestrado da UFSM (02) um da área de Engenharia Civil e outro de Geografia, bem como dois da Udelar/IMFIA..

k) Identificar as principais atividades ou vias potenciais de contaminação dos recursos hídricos postos de combustíveis (23 em Santana do Livramento e 3 em Rivera; 8 em Quaraí e 3 em Artigas), identificando-se inclusive os locais onde existem lavagem de veículos (lava-rápidos), monitorando-se as oficinas mecânicas, locais potencialmente produtores de óleos e graxas. Os cemitérios avaliados foram 4 em Santana do Livramento, sendo que apenas um deles apresenta licença ambiental da Fundação Estadual de Proteção Ambiental/FEPAM, 3 em Rivera, um em Artigas. Também serão avaliadas fontes difusas de contaminação das águas subterrâneas, avaliando-se as atividades agropecuárias (incluindo culturas irrigadas de arroz, fumo, florestamento de *pinus* e *eucaliptus*). Identificar-se-á os locais de disposição de resíduos sólidos e esgotos, identificadas com o uso do SIG. A partir dessas informações espacializadas em cartogramas utilizando o programa *SURFER 8.0*, bem como mapas temáticos serão propostas recomendações para minimizar ou evitar os impactos potenciais destas fontes nos cursos de água superficial e/ou subterrâneas.

l) Propor protocolos de coletas de informações hidrodinâmicas, físico-químicas e/ou bacteriológicas, e planos de Monitoramento continuado, bem como escolha de pontos.

m) Sugerir ações de ordenamento territorial e gestão integrada.

## RESULTADOS PRELIMINARES

Na área em estudo foram realizados diversos trabalhos geológicos e hidrogeológicos, destacando-se na porção brasileira Presotto *et al.* (1973), Veiga *et al.* (1977), CPRM (1986), Eckert & Caye (1995), Hausman (1995), Araújo *et al.* (1995), Medeiros *et al.* (1995), Lisboa (1996), DNPM/CPRM/DINAMIGE e outros (1998), Suertegaray (1998), Araújo *et al.* (1999), Silvério da Silva *et al.* (2003).

A CPRM realizou no ano de 1973 um mapeamento geológico da Folha SH.21-Z-A (Livramento), na escala de 1: 250.000, entre as coordenadas; Latitude 31°05'00'' a 30°00'00'' S e de Longitude 55°30'00'' a 57°00'00'' W de Greenwich, onde se inserem as cidades de Quaraí e Livramento. Nesta escala de trabalho foram identificadas quatro unidades geológicas, 3 pertencentes ao Grupo São Bento, de Idade Mesozóica. A Formação Rosário do Sul, Formação Botucatu, a Formação Serra Geral e uma de Idade Cenozóica, constituída de depósitos aluviais, contendo areias e cascalhos inconsolidados.

A CPRM realizou no ano de 1986 um mapeamento geológico da Folha SH.21-Z-A-VI (Santana do Livramento) MI-2991, na escala de 1: 100.000, entre as coordenadas: Latitude 31°00'00'' a 30°30'00'' S e de Longitude 56°30'00'' a 56°00'00'' W de Greenwich, bem apresentadas em coordenadas UTM, com origem no Equador e Meridiano de Greenwich, acrescidas das constantes 10.000km e 500km, respectivamente, utilizando como *Datum* horizontal Córrego Alegre (Minas Gerais/BR), também utilizado para o mapa geológico de 1973.

Em escala de afloramento (Veiga *et al.* 1977 e Medeiros *et al.* 1995) caracterizaram informalmente duas unidades geológicas, pós-vulcanismo da Serra Geral. Estas unidades foram denominadas seqüências Cerro do Tigre e São João (Medeiros *et al.* 1995).

Trabalhando numa escala regional e apoiado em informações de 322 poços tubulares (94 para petróleo) Araújo *et al.* (1995 e 1999) denominaram o Aquífero Gigante do MERCOSUL, ao Sistema Hidroestratigráfico Mesozóico, constituído por estratos do Triássico (Formações Pirambóia e Rosário do Sul, no Brasil, Buena Vista no Uruguai) e do Jurássico (Formações Botucatu, no Brasil e Misiones no Paraguai, e Tacuarembó no Uruguai e na Argentina). Confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral (Cretáceo) e por rochas permo-triássicas de baixa permeabilidade.

No ano de 1998 o DNPM/CPRM/DINAMIGE e outros publicaram o Mapa de Integração Geológica da Bacia do Prata e áreas adjacentes, Mercado Comum do Sul/MERCOSUL, na escala de 1: 2.500.000 utilizando a base cartográfica em projeção Policônica, Elipsóide de Clarke (1866). Foi elaborada a partir de diversos documentos produzidos por diferentes grupos e países, utilizaram uma



conversão dos Sistemas de Projeção através da digitalização e integração do *software* *GSMAF*, *EUA*. Na área deste Projeto, foram identificadas quatro unidades geológicas, a mais antiga  $T_{RJ}$ - constituída por rochas sedimentares epiclásticas continentais, reunindo-se a Formação Santa Maria, constituída por dois Membros (Passo das Tropas, contendo areias grossas e o Membro Alemoa, contendo rochas silto-argilosas, vermelhas, com concreções carbonáticas ou calcretes, formando um Aquiclude), a Formação Caturrita e a Fm. Mata (constituídas por arenitos grossos a médios) todas equivalentes a Formação Tacuarembó inferior, na Republica Oriental do Uruguai. Esta seqüência aflora em Rivera, Santana do Livramento na porção Leste e Sudoeste.

A  $J_K$  constituída por arenitos eólicos e fluviais, pertencentes a Fm. Botucatu e Fm. Guará no Brasil e Fm. Taquarembó Superior, ocorrendo nas áreas urbanas e cercanias de Rivera, Santana do Livramento, Artigas e Quaraí.

A  $K_\beta$  constituída pelos derrames de rochas vulcânicas, basaltos toleíticos e riólitos da Formação Serra Geral e Formação Arapey. Estas formações geológicas ocorrem na maior porção da área de estudo deste projeto, tanto em afloramentos isolados, formando coxilhas mais elevadas como em Santana do Livramento e Rivera, bem como formando uma estrutura conhecida como *Cuesta* do Haedo (Müller Filho 1970 e Hausman 1966) no Brasil e *Cuchila* do Haedo no Uruguai. Há ocorrência destes arenitos intertrapeanos foi constada em várias sondagens, em doze poços tubulares na cidade de Quaraí, profundidades entre 54 até 212m. Em Livramento constatou-se a ocorrência em três poços tubulares, de profundidades entre 142 a 175m, até o presente momento. Acredita-se que também ocorram nos Departamentos de Artigas e de Rivera. A Qha- reúne depósitos aluviais e coluviais, localizados no médio curso do Rio Quaraí, nos Arroios Quaraí- Mirim, Mancarrão, nas cercanias da cidade de Quaraí, no Arroio Areal na BR-293 e na cidade de Artigas.

De acordo com a página da *WEB* da Secretaria Geral do Projeto (Sistema Aquífero Guarani 2004), o termo Aquífero Guarani é uma denominação unificadora de diferentes formações geológicas que foi dado pelo Geólogo uruguaio Danilo Antón em homenagem a grande nação Guarani, que habitava essa região nas origens do período colonial. Em escala de trabalho regional (Campos 2000) realizou o mapa hidrogeológico do Aquífero Guarani em escala de 1: 2.500.000, junto a uma modelagem matemática.

A Gestão dos recursos hídricos no Brasil adota a Bacia Hidrográfica como uma unidade de trabalho, no Estado do Rio Grande do Sul (SEMA 2004), tem-se uma divisão em três grandes Regiões Hidrográficas, G - Guaíba, U - Uruguai, e L - Litoral.

A área deste Projeto encontra-se compreendida pelas cidades de Santana do Livramento e Quaraí pertencentes a duas Bacias Hidrográficas, a U-70 (Rio Santa Maria) e U-60 (Quaraí). A população urbana de Livramento é de 84.555 habitantes, enquanto que em Quaraí cerca de 24.002 habitantes (IBGE, 2000). O abastecimento humano na cidade Livramento é realizado pelo DAE e é completamente por poços tubulares. Já em Quaraí é realizado pela CORSAN, sendo cerca de 55% de água superficial e 45% águas subterrâneas.

Até o presente momento, foram executados no lado brasileiro o Projeto Estudos hidrogeológicos da fronteira sudoeste do RS, 1973, o Projeto Borda Leste da CPRM, gerou mapa de Livramento em escala 1: 100.000 no ano de 1986 há um cadastro dos poços subterrâneos de Livramento no ano de 1995, contendo 119 poços e 10 análises físico-químicas completas. Identificou-se que o DAE conta com de 33 poços tubulares.

Diversas foram às contribuições realizadas por pesquisadores da República Oriental do Uruguai, destacam-se alguns; Bossi *et al.* (1975), Heizen *et al.* (1985), Ferrando *et al.* (1987), DINAMIGE (1987), Montaña (1990), Ferrando *et al.* (1990), Ferrando & Montaña (1996) e Bossi & Ferrando (2001).

Numa escala de trabalho regional (Heizen *et al.* 1985) apresentaram a Carta Hidrogeológica da República Oriental do Uruguai, na escala de 1: 2.000.000, citando as perfurações de poços tubulares por Departamentos, aprovada pelo Serviço Geográfico Militar.

Ferrando *et al.* (1990) realizaram um projeto de correlação estratigráfica da zona fronteira entre o Uruguai e o Brasil, entre as localidades de Santana do Livramento/Rivera e Aceguá, executado pela UNISINOS/Brasil e a Faculdade de Agronomia do Uruguai.

Bossi & Ferrando (2001) apresentaram a Carta Geológica do Uruguai, na escala de representação de 1: 500.000, onde são detalhadas as formações Rivera, Tacuarembó e Arapey.

A partir do mapeamento hidrogeológico Presotto *et al.* (1973) cadastraram 42 poços no município de Quaraí, através do Projeto Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul. Buscando-se o cadastro dos poços subterrâneos disponíveis na Internet (SIAGAS/CPRM), obteve-se 8 poços. Do cadastro da Companhia Riograndense de Saneamento/CORSAN, obteve-se informações de 9 poços tubulares existentes na região central do município de Quaraí.

A figura 1 ilustra o cartograma da superfície potenciométrica de 17 poços localizados naquele município, observar que a direção preferencial do fluxo subterrâneo ocorre com direção nordeste/sudoeste em direção ao sítio urbano, indicando também uma contribuição subterrânea para manutenção do nível das águas do rio Quaraí, localizado fora do cartograma na sua porção sul.

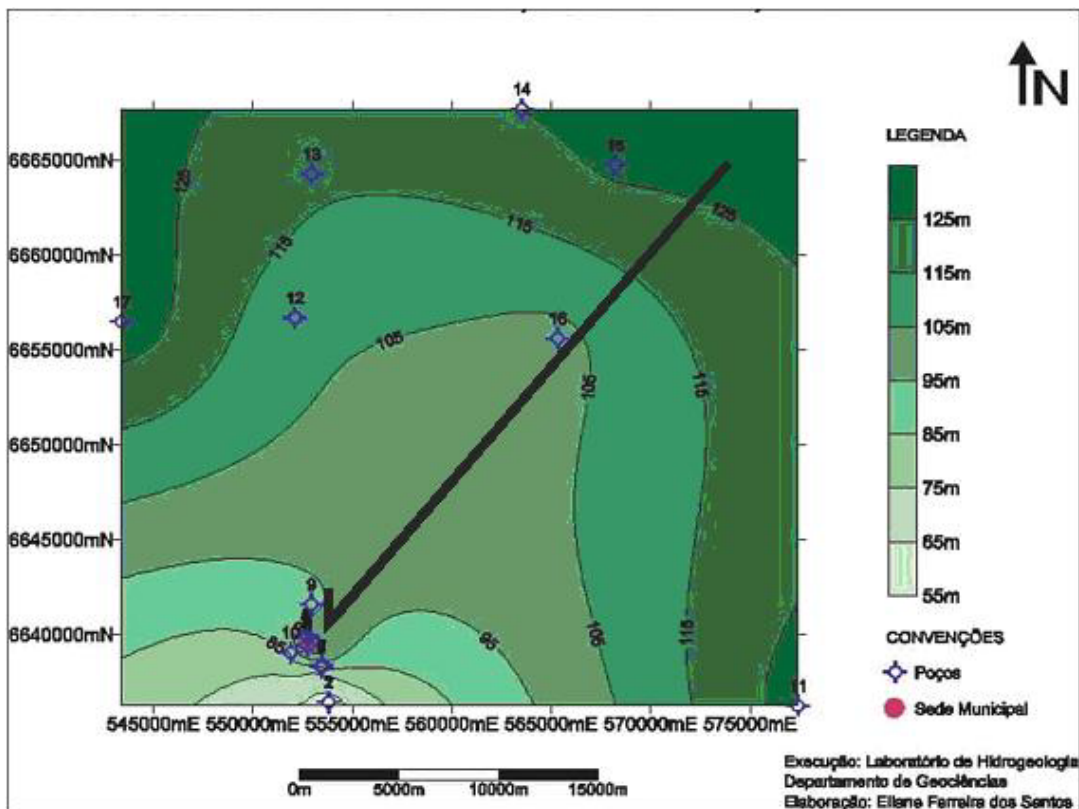


Figura 1. Cartograma da superfície potenciométrica dos poços do Município de Quaraí – RS.

Elaboração: Autores

A figura 2 ilustra 10 perfis geológicos de poços tubulares perfurados no perímetro urbano do município de Quaraí, indicando a ocorrência de rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral na porção superficial do terreno, ocorrendo também diversos níveis de arenitos intertrápicos pertencentes à Formação Botucatu e a Formação Rosário do Sul em menor escala. Estes perfis demonstram que não existe uma conexão hidráulica contínua, formando aquíferos compartimentados, o que pode inferir-se diretamente dos valores de vazões variáveis entre um mínimo de 17,475 m<sup>3</sup>/h (poço QUA-4) a um máximo de 108,000 m<sup>3</sup>/h (poço QUA-6), ambos da CORSAN.

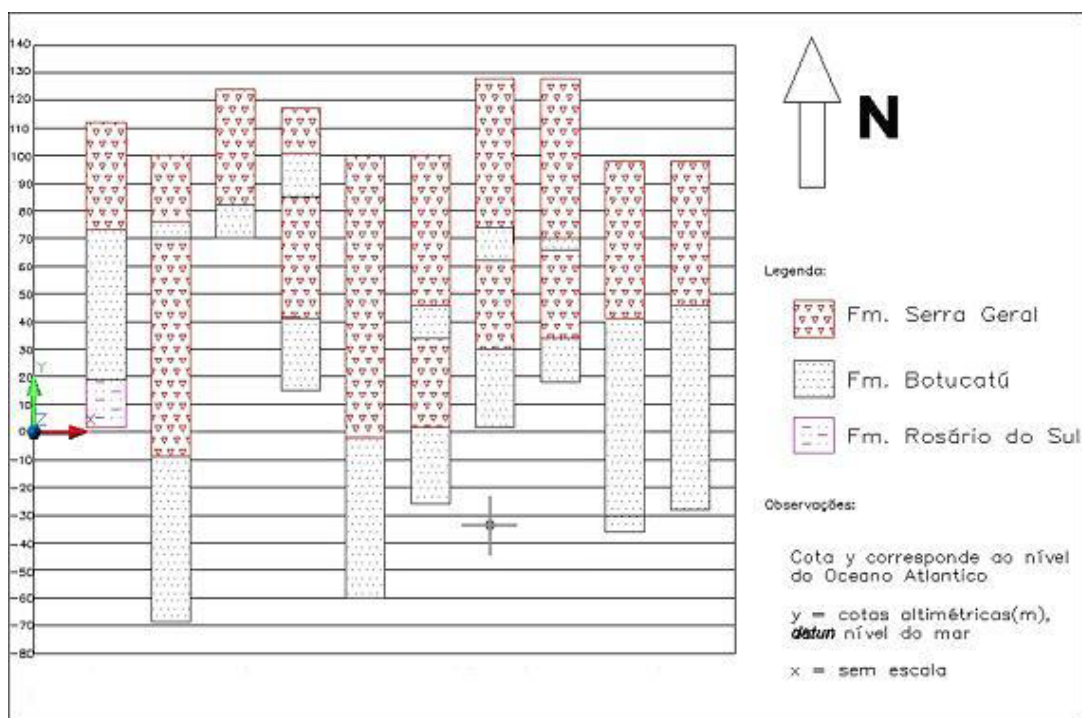


Figura 2. Corte transversal N-S 10 perfis geológicos de poços tubulares Quaraí – RS (Autocad 2004).

Elaboração: Autores

Em termos de Gestão dos Recursos Hídricos, de acordo com informações do DINAMIGE (1987) a República Oriental do Uruguai encontra-se politicamente distribuída em dezenove Departamentos, sendo que os de Artigas e de Rivera serão estudados neste projeto. A *Obras Sanitárias del Estado/OSE*, administra as informações sobre perfurações de poços tubulares e da qualidade físico-química no Uruguai e a *Dirección Nacional de Minería y Geología/DINAMIGE*, administra as informações de mineração e geologia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos estudos preliminares realizados até o momento, identificamos a direção do fluxo subterrâneo como sendo na direção NE para SO na direção do núcleo urbano de Quaraí, subentendendo que este contribui na manutenção da perenidade do Rio Quaraí. Com base nos perfis geológicos dos poços do município de Quaraí, observou-se que não existe uma conexão hidráulica direta entre os derrames vulcânicos fraturados de diferentes espessuras com as camadas de arenitos intertrapeanos

porosos também de espessuras variadas, mostrando-se seccionadas em blocos de falhas e/ou basculadas.

Ainda salienta-se que nesta breve informação, os dados apresentados e discutidos foram trabalhados de outras pesquisas anteriores realizadas, sendo que as avaliações de campo e modelagens matemáticas só serão possíveis com os avanços dos trabalhos de campo, que terão duração de um ano e meio, uma vez e que este projeto encontra-se em fase inicial de implementação.

Agradecimentos a *SG/Organização dos Estados Americanos/OEA (UDSMA)- do Banco Mundial e ao Projeto Guarani* pelo financiamento ora concedido, bem como pela possibilidade de execução destes estudos e sua divulgação a comunidade científica, as opiniões expressas neste artigo são de inteira responsabilidade dos referidos autores desta pesquisa.

## BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B. & POTTER, P. E. 1995. Aquífero 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.

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B. and POTTER, P. E. 1999. Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South América, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. *Hydrogeology Journal* 7: 317-336. Springer-Verlag.

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

BOSSI, J. y FERRANDO, L. 2001 Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500.000. Versión 2.0, impresso.

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

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

————— CPRM/DNPM 1986. Projeto Borda leste da Bacia do Paraná, integração geológica e avaliação econômica, mapa geológico na escala de 1: 100.000, Folha SH.21.Z-A-VI, MI 2991-Livramento.

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.

DINAMIGE. 1987. Memoria explicativa de la Carta de matérias primas minerales no metálicas. República Oriental del Uruguay, Ministério da Indústria y Energia/DINAMIGE, escala de 1:1.000.000.

DNPM/CPRM/DINAMIGE e outros 1998. Mapa de Integração Geológica da Bacia do Prata e áreas adjacentes. Mercado Comum do Sul, MERCOSUL. Na escala de 1: 2.500.000, impresso.

FERRANDO, L. A., ANDREIS, R. R. & MOTANA, J. R. 1987. Estratigrafia del Triásico-Jurásico Uruguayo en la Cuenca de Paraná. In: ATAS DO III SIMPÓSIO SUL - BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1: 373-378, Curitiba, PR/BR.

FERRANDO, L. A., ANDREIS, R. R. & ROLON, A. 1990. Paleocorrientes de Las eolianitas Mesozóicas em el Norte Uruguayo. *Ciência e Natura*, 12: 53-57.

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

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

HEIZEN, W.; VELOZO, C.; CARRION, R. CARDOZO, L.; MASSA, E. y MANDRACHO, H. 1985. Carta Hidrogeológica, Republica Oriental del Uruguay, na escala de 1:2.000.000/DINAMIGE, Montevideo, Uruguay.

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

LISBOA, N. A. 1996. Fácies, estratificações hidrogeoquímicas e seus controladores geológicos, em unidades hidrogeológicas do Sistema Aquífero Serra Geral, na Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Tese de doutorado, 135 p.

MEDEIROS, E. R.; ROBAINA, L. E. & MACIEL FILHO, C. L. 1995. 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, Rio Grande do Sul, 233-234.

MÜLLER FILHO, I. L. 1970. 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.

PRESOTTO, C. A.; DIAS, A. A.; KIRCHNER, C. A. & GARCIA, P. F. 1973. Projeto Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, Mapeamento Geológico Folha SH.21-Z-A, Livramento, de 1: 250.000. Mapa hidrogeológico Geral e Relatório final e anexos.

SECRETARIA 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. 1997. Estudo dos Processos de Silicificação e Calcificação em Rochas Sedimentares Mesozóicas do Rio Grande do Sul, Brasil. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Tese de doutorado, 156 p., XLV pranchas.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L. & GARCIA, A. J. V. 1993. 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.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; PAVÃO, A. D. M.; BERRO, R. S. V. CRUZ, R. C. & WANDSCHEER, E.A.R. 2003. Avaliação da Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, RS. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Curitiba, BR, CD-ROM, p.20.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; SANTOS, E. F.; FRANTZ, L. C. & MALHEIROS, R. P. 2004. Arcabouço geológico-geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Quaraí-RS/Brasil.. In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, UFSM, Departamento de Geociências Santa Maria entre 02 a 07 de agosto/2004. CD-ROM, p. 15.

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

VEIGA, P.; MEDEIROS, E.R. & SUERTEGARAY, D.M.A. 1987. Gênese dos campos de areia no município de Quaraí-RS. In: I CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. Porto Alegre, 1987. Anais.

SURFER 8, User's Guide/ Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers, Golden Software, Inc. 639p.

<http://www.sg-guarani.org/visitada> em 27/02/2004

<http://www.sema.rs.gov.br/recurshidricos/>visitada em 2004