

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Relatório Diagnóstico

SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ

Volume 16



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO
SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ**

VOLUME 16

**RECURSOS HÍDRICOS
ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**



2012

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

Projeto
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Serviço Geológico do Brasil.
Superintendência Regional de Belo Horizonte.

CPRM – Superintendência Regional de Belo Horizonte
Av. Brasil, 1731 – Bairro Funcionários
Belo Horizonte – MG – 30140-002
Fax: (31) 3878-0388
Tel: (31) 3878-0307
<http://www.cprm.gov.br/bibliotecavirtual/estantevirtual>
seus@cprm.gov.br

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. Bacia Sedimentar do Paraná /Mario Wrege, Maria Antonieta Alcântara Mourão, Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

32 p, il. v.16. Inclui mapas de aquíferos (Serie: Área de Recursos Hídricos Subterrâneos, Subárea, Levantamento de Recursos Hídricos Subterrâneos). Versão digital e impresso em papel.

Conteúdo: Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – Inclui listagem da coleção com 16 volumes de Relatórios dos Aquíferos Sedimentares no Brasil, descritos na página 7.

1-Hidrogeologia. 2- Aquífero Guarani. 3- Bacia do Paraná. I – Título. II – Wrege, M. III – Mourão, M.A.A., Coord. IV – Série.

CDU 556.3(81)

Direitos desta edição: CPRM – Serviço Geológico do Brasil
É permitida a reprodução desta publicação, desde que mencionada a fonte.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO
SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ**

VOLUME 16

**RECURSOS HÍDRICOS
ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**

MARIO WREGÉ



2012

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Edison Lobão
MINISTRO

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Carlos Nogueira
SECRETÁRIO

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
DIRETOR-PRESIDENTE
Roberto Ventura Santos
DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
Thales de Queiroz Sampaio
DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
Antônio Carlos Bacelar Nunes
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO
Eduardo Santa Helena da Silva
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS
Frederico Cláudio Peixinho
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
José Carlos da Silva
CHEFE DA DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO
Ernesto Von Sperling
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO
José Marcio Henrique Soares
CHEFE DA DIVISÃO DE MARKETING E DIVULGAÇÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

CRÉDITOS DE AUTORIA

Maria Antonieta Alcântara Mourão
COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Daniele Tokunaga Genaro
Marcio Junger Ribeiro
Elvis Martins Oliveira

Thiago de Castro Tayer (estagiário)
APOIO TÉCNICO E EXECUTIVO

Manfredo Ximenes Ponte
SUREG-BE

João Batista Marcelo de Lima
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Ariolino Neres Souza
SUPERVISOR TÉCNICO

Manoel Imbiriba Junior

Homero Reis de Melo Junior (de 2009 a 2011)
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Rosilene do Socorro Sarmento de Souza
Celina Monteiro (Estagiária)
APOIO TÉCNICO

Marco Antônio de Oliveira
SUREG-MA

Daniel de Oliveira
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Carlos José Bezerra de Aguiar
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Silvia Cristina Benites Goncales
Hugo Galúcio Pereira
EQUIPE EXECUTORA

Francisco Sandoval Brito Pereira
Cláudia Vieira Teixeira
APOIO TÉCNICO

Maria Abadia Camargo
SUREG-GO

Cíntia de Lima Vilas Boas

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Tomaz Edson de Vasconcelos

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR
TÉCNICO

Dario Dias Peixoto (de 2009 a 2012)
APOIO EXECUTIVO

Claudionor Francisco de Souza
APOIO TÉCNICO

Marco Antônio Fonseca
SUREG-BH

Márcio de Oliveira Cândido

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Haroldo Santos Viana
SUPERVISOR TÉCNICO

Raphael Elias Pereira

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Claudia Silvia Cerveira de Almeida
José do Espírito Santo Lima
Reynaldo Murilo Drumond Alves de Brito
APOIO EXECUTIVO

José Carlos Garcia Ferreira
SUREG-SP

Ângela Maria de Godoy Theodorovicz
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Andrea Segura Franzini
SUPERVISORA TÉCNICA

Guilherme Nogueira Santos
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO
David Edson Lourenço
APOIO TÉCNICO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior

SUREG-SA

Gustavo Carneiro da Silva

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Amilton de Castro Cardoso

SUPERVISOR TÉCNICO

Paulo Cesar Carvalho Machado Villar

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Cristovaldo Bispo dos Santos

Cristiane Neres Silva (SIAGAS)

EQUIPE EXECUTORA

Juliana Mascarenhas Costa

Rafael Daltro (Estagiário)

Bruno Shindler Sampaio Rocha (Estagiário)

APOIO TÉCNICO

José Leonardo Silva Andriotti

SUREG-PA

Marcos Alexandre de Freitas

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Marcelo Goffermann

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR

TÉCNICO

Guilherme Troian

Mario Wrege (2009-2010)

EQUIPE EXECUTORA

Pedro Freitas

Bruno Francisco B. Schiehl

Luiz Alberto Costa Silva

APOIO TÉCNICO

José Wilson de C. Temóteo

SUREG-RE

Adriano da Silva Santos

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Melissa Franzen

SUPERVISORA TÉCNICO

Joao Alberto Oliveira Diniz

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Carlos Eugenio da Silveira Arraes

Guilherme Troian (de 2009 a 2012)

EQUIPE EXECUTORA

Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

APOIO EXECUTIVO

Paulo Magalhães

APOIO TÉCNICO

Darlan F. Maciel

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Jaime Quintas dos S. Colares

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Liano Silva Verissimo

José Alberto Ribeiro (de 2009 a mar/2012)

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Helena da Costa Bezerra

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE PORTO VELHO

Francisco de Assis dos Reis Barbosa

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Claudio Cesar Aguiar Cajazeiras

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Elvis Martins Oliveira

Luiz Antonio da Costa Pereira

Marcos Nóbrega II

APOIO EXECUTIVO

Wladimir Ribeiro Gomes

APOIO TÉCNICO

Francisco das Chagas Lages Correia Filho

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE TERESINA

Carlos Antônio da Luz

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Mickaelon Belchior Vasconcelos

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Ney Gonzaga de Souza

Cipriano Gomes de Oliveira

APOIO TÉCNICO

Alceu Percy Mendel Junior

Fabio Silva da Costa

Rubens Esteves Kenup

LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO

Maria Antonieta Alcântara Mourão

REVISÃO DO TEXTO

Homero Coelho Benevides

REVISÃO ORTOGRÁFICA E GRAMATICAL

Alessandra Morandi Pidello

Patrícia Silva Araújo Dias

DIAGRAMAÇÃO

Elizabeth de Almeida Cadete Costa

ARTE GRÁFICA DA CAPA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

COLEÇÃO DE RELATÓRIOS-DIAGNÓSTICO DOS AQUÍFEROS SEDIMENTARES DO BRASIL

VOLUME 1. Aquífero Missão Velha. Bacia Sedimentar do Araripe.

Robério Bôto de Aguiar
José Alberto Ribeiro
Liano Silva Veríssimo
Jaime Quintas dos Santos Colares

VOLUME 2. Aquífero Açú. Bacia Sedimentar Potiguar.

João Alberto Oliveira Diniz
Francklin de Moraes
Alexandre Luiz Souza Borba
Guilherme Casaroto Troian

VOLUME 3. Aquífero Tacaratu. Bacia Sedimentar Jatobá.

João Alberto Oliveira Diniz
Francklin de Moraes
Alexandre Luiz Souza Borba
Guilherme Casaroto Troian

VOLUME 4. Aquífero Serra Grande. Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Mickaelon B. Vasconcelos
Carlos Antônio Da Luz

VOLUME 5. Aquífero Itapecuru no Estado do Pará. Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Homero Reis de Melo Junior

VOLUME 6. Aquífero Alter do Chão no Estado do Amazonas. Bacia Sedimentar do Amazonas.

Carlos José Bezerra de Aguiar

VOLUME 7. Aquífero Alter do Chão no Estado do Pará. Bacia Sedimentar do Amazonas.

Homero Reis de Melo Junior

VOLUME 8. Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia. Bacia Sedimentar dos Parecis.

Cláudio Cesar de Aguiar Cajazeiras

VOLUME 9. Aquíferos Ronuro, Salto das Nuvens e Utiariti no Estado do Mato Grosso. Bacia Sedimentar dos Parecis.

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

VOLUME 10. Sistema Aquífero Urucuaia. Bacia Sedimentar Sanfranciscana.

Paulo Cesar Carvalho M. Villar

VOLUME 11. Aquíferos Furnas e Vale do Rio do Peixe nos Estados de Mato Grosso e Goiás. Bacia Sedimentar do Paraná.

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

VOLUME 12. Aquífero Furnas nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Maria Cecília de Medeiros Silveira

VOLUME 13. Sistema Aquífero Bauru–Caiuá no Estado de Minas Gerais. Bacia Sedimentar do Paraná.

José do Espírito Santo Lima
Cláudia Sílvia Cerveira de Almeida

VOLUME 14. Sistema Aquífero Bauru-Caiuá nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Andréa Segura Franzini

VOLUME 15. Sistema Aquífero Guarani nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Armando Teruo Takahashi

VOLUME 16. Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. Bacia Sedimentar do Paraná.

Mario Wrege

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 17 |
| 2. O AQUÍFERO GUARANI - BACIA DO PARANÁ..... | 19 |
| 2.1. Características Gerais..... | 19 |
| 2.2. Aspectos Hidrodinâmicos..... | 20 |
| 2.3. Características Químicas..... | 21 |
| 2.3.1. <i>Análise dos Riscos de Contaminação</i> | 22 |
| 2.4. O Uso da Água Subterrânea..... | 22 |
| 2.5. Potenciometria..... | 24 |
| 3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS..... | 25 |
| 3.1. Síntese do Balanço Hídrico na Região Oeste..... | 25 |
| 4. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI..... | 27 |
| 4.1. Poços de Monitoramento Implantados..... | 28 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 29 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 31 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. (a) Distribuição das bacias sedimentares (em verde) e dos domínios cristalinos (fissurados, em amarelo); (b) Mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul..... | 19 |
| Figura 2. Afloramento dos aquíferos intersticiais. O Guarani aflora nas manchas azuis, no centro e no oeste..... | 19 |
| Figura 3. Mapa de Contorno Estrutural do Topo do Sistema Aquífero Guarani..... | 20 |
| Figura 4. Mapa Potenciométrico do Sistema Aquífero Guarani..... | 21 |
| Figura 5. Mapa Hidroquímico do Sistema Aquífero Guarani..... | 22 |
| Figura 6. Balanço Hídrico de Alegrete, representativo da fração da bacia do rio Ibicuí, localizada na Depressão Central..... | 25 |
| Figura 7. Poços de monitoramento construídos e previstos nas áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul..... | 27 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Avaliação do Consumo Humano de Água na área de interesse ao monitoramento..... | 23 |
| Tabela 2. Avaliação do Abastecimento de Água por Poços na Área..... | 23 |
| Tabela 3. Principais características dos poços construídos para o monitoramento..... | 28 |

RELATÓRIO DIAGNÓSTICO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ

RECURSOS HÍDRICOS

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil-CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, em consonância com suas atribuições, propôs e definiu as bases para a implantação de rede de monitoramento integrado das águas subterrâneas abrangendo os principais aquíferos do país.

A rede de monitoramento, de natureza fundamentalmente quantitativa, foi concebida tendo como principal objetivo o conhecimento mais detalhado a respeito dos aquíferos de modo a propiciar a médio e longo prazos: i) A identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos; ii) A estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo; iii) A avaliação da recarga e o estabelecimento do balanço hídrico; iv) Informações do nível d'água; v) Determinação de tendências de longo termo tanto como resultado de mudanças nas condições naturais quanto derivadas de atividades antropogênicas etc.

Um dos principais aspectos do programa refere-se à proposição de um monitoramento integrado (águas subterrâneas e superficiais) em que o ambiente aquático é considerado de forma inteiramente inter-relacionável e não fracionado nos diversos componentes. Um aspecto que favorece esta integração é o fato da CPRM ser responsável pela implantação e operação de redes hidrometeorológicas, telemétricas,

de qualidade de água e sedimentométricas bem como monitoramento de níveis em açudes.

A estruturação do programa de monitoramento para cada aquífero ou local selecionado exige que seja feita uma caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação de dados existentes. Além disso, considerando a integração com o monitoramento hidrometeorológico são incluídos também dados relativos às estações existentes no domínio dos aquíferos enfocados além de estudos hidrológicos e climatológicos realizados na região enfocada.

A reunião e a interpretação dessas informações visam subsidiar a seleção dos locais para monitoramento bem como a avaliação da viabilidade de emprego dos dados das estações fluviométricas e pluviométricas para interpretação dos resultados do monitoramento quanto à representatividade do aquífero nas bacias hidrográficas monitoradas, densidade, localização etc.

O presente relatório apresenta a integração das informações para o Sistema Aquífero Guarani, no estado do Rio Grande do Sul, e constitui o estágio atual de conhecimento de suas características naturais, pressões percebidas e impactos identificados. Como resultados da análise dessas informações são apresentadas as principais demandas ao monitoramento e promovida a configuração da rede de monitoramento para o aquífero.

2. O AQUÍFERO GUARANI - BACIA DO PARANÁ

2.1. Características Gerais

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) ocupa aproximadamente 55% da área do Rio Grande do Sul sendo a principal reserva de água subterrânea do estado. Esse sistema aquífero é constituído por arenitos eólicos bem selecionados, com uma espessura média de 100 m. A área aflorante do sistema é menor que 10%, estando o restante confinado por espessos derrames vulcânicos (Figura 1).

Ao contrário de outros estados, no Rio Grande do Sul o Sistema Aquífero Guarani - SAG apresenta comportamento variado, tanto na porção livre como na confinada, onde a profundidade pode ser superior a 1.000 m. Na região oeste do Estado, entre Alegrete, Santana do Livramento, Uruguaiana e Itaqui, o aquífero apresenta as melhores características hidráulicas, com poços que captam até mais de 500 m³/h, sendo comuns poços para irrigação com 150 a 300 m³/h, e com capacidades específicas superiores a 10 m³/h/m (Figura 2).

a)



b)

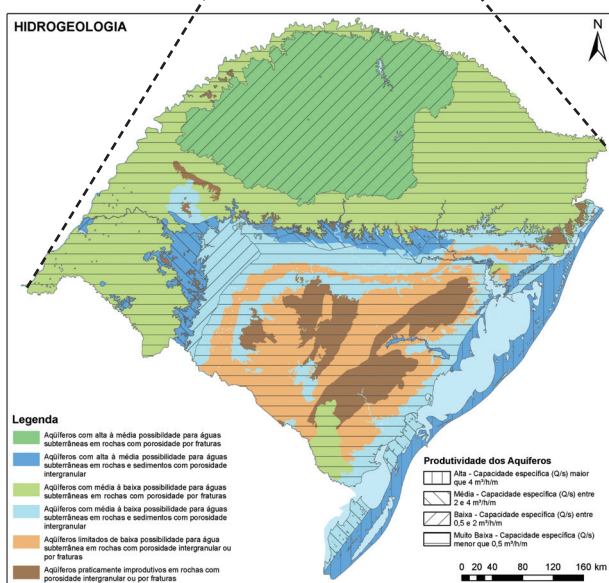


Figura 1. (a) Distribuição das bacias sedimentares (em verde) e dos domínios cristalinos (fissurados, em amarelo); (b) Mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul
Fonte: Machado e Freitas (2005)

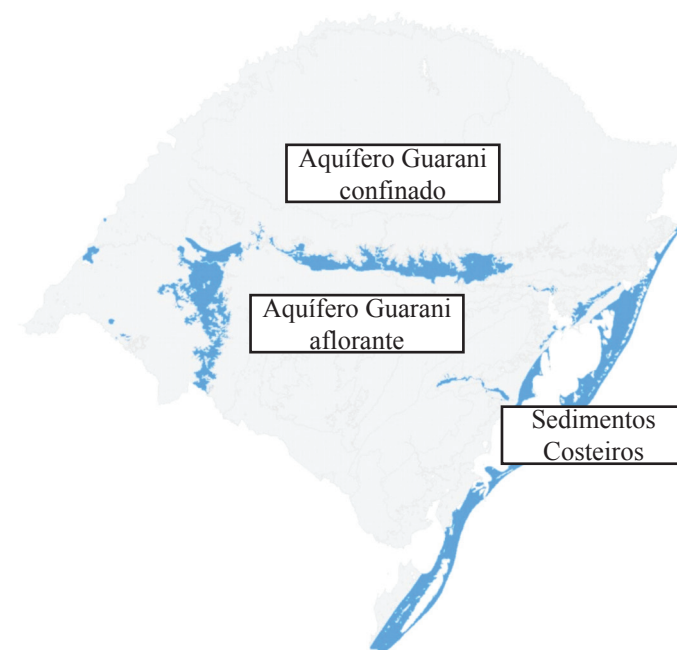


Figura 2. Afloramento dos aquíferos intersticiais. O Guarani aflora nas manchas azuis, no centro e no oeste
Fonte: Freitas (2010)

Ao norte, na porção confinada pelos derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, apresenta duas características distintas. Nas áreas em que está sob influência do Domo de Lages (SC) e nas menores cotas, exibe nível potenciométrico que permite a exploração de poços com até 200 m³/h. No restante da área, seu posicionamento estrutural é desfavorável, com níveis de águas muito profundos, tornando seu bombeamento antieconômico. Os poços de grande profundidade apresentam água termal. Na porção leste, o aquífero é mais argiloso e a produção de água é muito menor, em geral, não ultrapassando 3 m³/h.

No Rio Grande do Sul o Sistema Aquífero Guarani - SAG engloba as unidades hidroestratigráficas Botucatu, Guará, Arenito Mata, Caturrita, Alemoa, Passo das Tropas, Sanga do Cabral e Pirambóia. Em Santa Catarina é constituído apenas pelos Aquíferos Botucatu e Pirambóia (MACHADO, 2005).

Ainda segundo o autor, o SAG no Rio Grande do Sul pode ser subdividido em quatro grandes compartimentos, denominados, respectivamente de: Oeste, Leste, Norte-Alto Uruguai e Central-Missões.

O compartimento Oeste ocupa a área conhecida por Fronteira Oeste e porção da Depressão Central do Rio Grande do Sul, fazendo parte da Sub-Província Hidrogeológica da Cuesta (HAUSMAN, 1995).

No Mapa de Contorno Estrutural do Topo do SAG (Figura 3) estão traçadas as isolinhas que unem as cotas do topo da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu (em contato com a Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral). As altitudes do SAG ao sul da calha do rio Ibicuí apresentam valores que raramente ultrapassam +150 m, estando estes valores restritos a região da Coxilha do Haedo, na face frontal da cuesta e próximos da fronteira com o Uruguai.

A partir do município de Alegrete, o SAG tende a um mergulho suave em direção oeste. O gradiente geral deste mergulho é de aproximadamente 1 m/km. Nas proximidades da fronteira com a Argentina, junto ao rio Uruguai, o topo do SAG apresenta cotas próximas ao nível do mar, com valores de cota em torno de +50 m nos municípios de Uruguai e Itaqui, quando então ocorrem afloramentos das litologias arenosas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Nas imediações da área urbana de Quaraí (BR) e no interior da cidade de Artigas (UR), que lhe faz fronteira, novamente aparece uma janela arenosa da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, porém

em cotas próximas de +100 m. Por influência de falhas noroeste, a porção central deste setor apresenta cotas que alcançam a -180 m e ao sul da cidade de Uruguai, paralelamente ao rio Quaraí, valores que chegam a -300 m na porção noroeste da fronteira do Uruguai com o Rio Grande do Sul.

2.2. Aspectos Hidrodinâmicos

Na área ao sul do curso do rio Ibicuí, as linhas de igual pressão mostram gradiente hidráulico de 0,36 m/km, o que proporciona fluxo regional de direção oeste para esta área do compartimento. As áreas de descarga estão determinadas pelas linhas de fluxo concentradas na direção do rio Uruguai e nas proximidades do poço de Guaviravi (AR) onde a cota do nível estático (NE) se encontra próximo de +50 m (Figura 4).

É interessante notar que as linhas de fluxo se dirigem também em direção à região de Quaraí, porém, não existem confirmações que importantes fluxos ultrapassem a fronteira com o Uruguai, através do Departamento de Artigas. Nesse caso, a janela de arenitos que ocorre nesta região, correlacionada com as resultantes do falhamento que ocorre ao longo do rio Quaraí, antes de representar uma área de descarga regional é sim potencialmente uma área de recarga, resultante das condições estruturais que elevaram o topo do contato do SAG em relação aos derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.

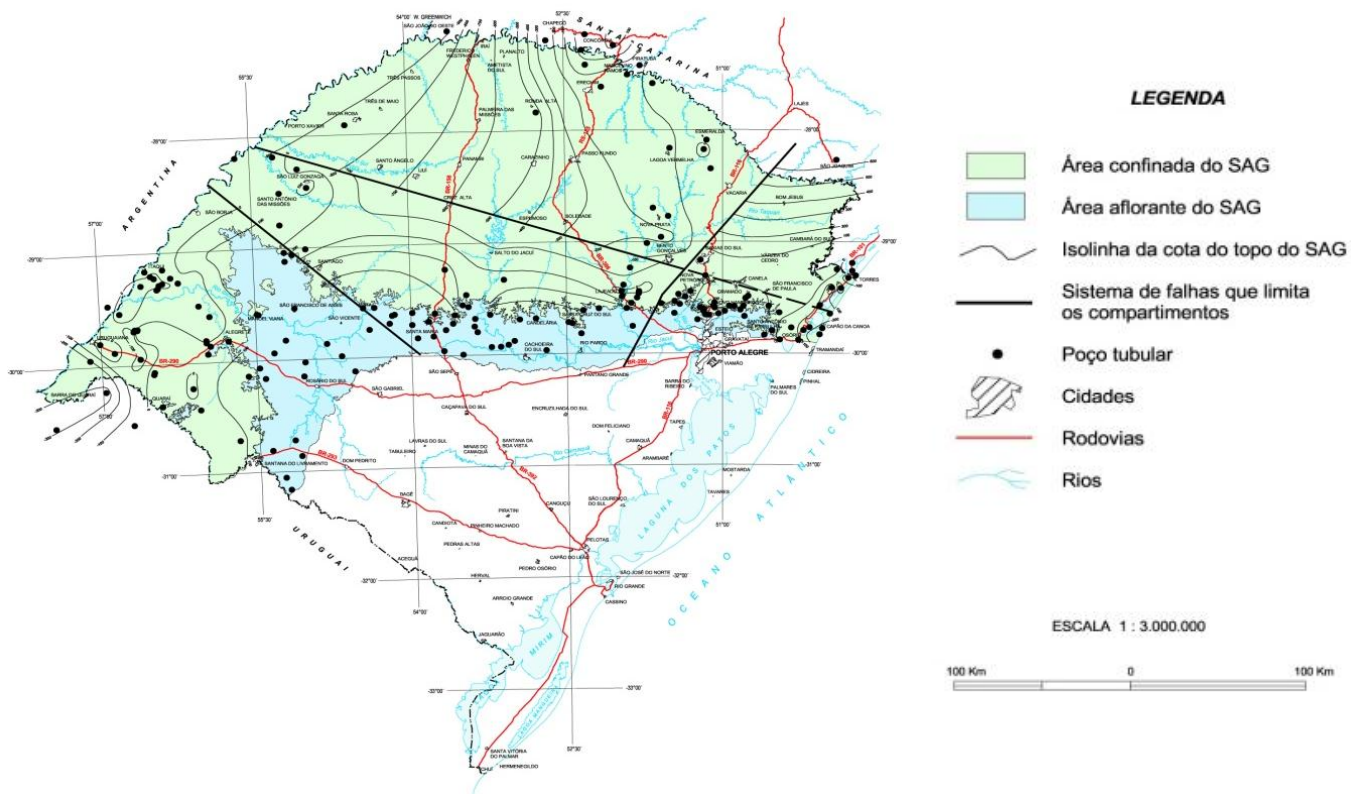


Figura 3. Mapa de Contorno Estrutural do Topo do Sistema Aquífero Guarani
Fonte: Machado (2005)

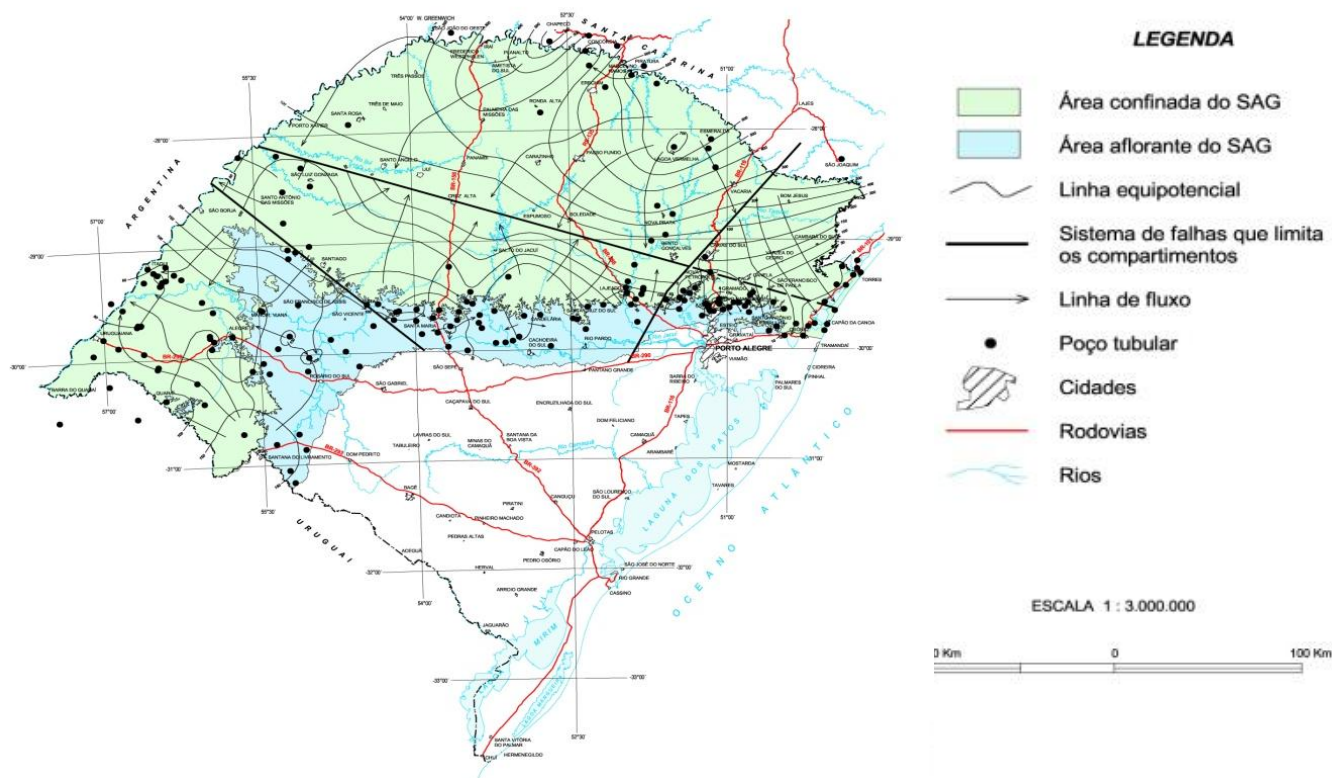


Figura 4. Mapa Potenciométrico do Sistema Aquífero Guarani.
Fonte: Machado (2005)

Nas áreas onde existem grandes espessuras de derrames basálticos, à oeste da cidade de Santana do Livramento, junto ao limite leste da Cuesta do Haedo, os níveis potenciométricos são concêntricos e as linhas de fluxo se dirigem em várias direções, indicando ser esta uma importante área de recarga, especialmente correlacionada com a ocorrência de arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Entretanto, existem também, na região de afloramento próxima a esta área, valores de cargas hidráulicas que exibem características de área de recarga, relacionadas com a Unidade Hidroestratigráfica Guará.

Da região do município de Unistalda em direção aos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana, as cargas hidráulicas obtidas proporcionam um fluxo norte-sul, em direção ao curso do rio Ibicuí. Nessa região, devido ao alçamento da topografia resultante do sistema de falhas, os níveis estáticos nas Unidades Hidroestratigráficas Botucatu e Guará são muito profundos, tornando em muitos casos, inviável a sua captação através de poços tubulares. São conhecidos de muito tempo os problemas de abastecimento de água na região de Unistalda, onde os arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu mostram-se improdutivos. Problemas semelhantes podem ser encontrados nos poços que, perfurados na Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, apresentam baixíssimas vazões ou ocasionalmente são secos.

2.3. Características Químicas

As águas do sistema aquífero Botucatu/Guará são classificadas como: bicarbonatadas-cálcicas a mistas e cloretadas-sódicas. Os sólidos dissolvidos totais (STD) raramente ultrapassam a 250 mg/L. Na área confinada, os sólidos totais dissolvidos variam entre 250 e 400 mg/L.

Na área aflorante, no aquífero livre, predominam águas bicarbonatadas cálcicas, fracamente mineralizadas e com pH ácido. Da área de recarga até as regiões de forte confinamento, passam de 100 a 200 mg/L de STD para mais de 1.000 mg/L. De oeste para leste aumentam os teores de Na, do mesmo modo que em profundidade. Teores excessivos de fluoretos podem ocorrer na porção confinada em profundidade, devido a fenômenos tectônicos.

Há predomínio das águas do tipo bicarbonatada. Os sistemas aquíferos com cálcio e ou magnésio dominantes estão associados a áreas de recarga ou de circulação recente e possuem valores mais baixos de pH e de STD.

As águas bicarbonatadas-sódicas, em geral, correspondem a águas de maior tempo de residência. No caso do sistema aquífero fraturado associado aos derrames basálticos estas águas podem estar relacionadas com fluxos ascendentes das águas armazenadas no Sistema Aquífero Guarani. As características principais destas águas são: pH alcalino, baixa dureza e maiores valores de STD.

O Mapa Hidroquímico do SAG (Figura 5) apresenta os dados de salinidade (Totais de Sais Dissolvidos - STD) do sistema aquífero, obtido através de análises químicas. Nesse compartimento existe uma boa distribuição de dados, tanto na porção confinada, quanto na aflorante. Entre os municípios de Itaqui e São Borja e ao norte da cidade de Manoel Viana, as condições hidrogeológicas desfavoráveis à captação do SAG através de poços tubulares, tornam escassos os dados de análise de água. A análise das curvas de salinidade indica que os valores máximos estão na ordem de 400 mg/L de sais dissolvidos, sendo que na área confinada pela Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, os valores iniciam em

100 mg/L e gradativamente alcançam os 400 mg/L. Na porção aflorante constata-se que entre os municípios de Rosário do Sul e São Francisco de Assis predominam os valores menores de 100 mg/L. Em direção ao município de Santana do Livramento, os valores aumentam até alcançar aproximadamente 300 mg/L.

Este comportamento da salinidade permite concluir que as recargas do sistema aquífero estão principalmente associadas com a infiltração através das litologias arenosas nas áreas aflorantes. Grande parte da área confinada por rochas basálticas na porção centro - sul do compartimento corresponde a áreas de circulação das águas, em direção às zonas de descarga junto ao rio Uruguai.

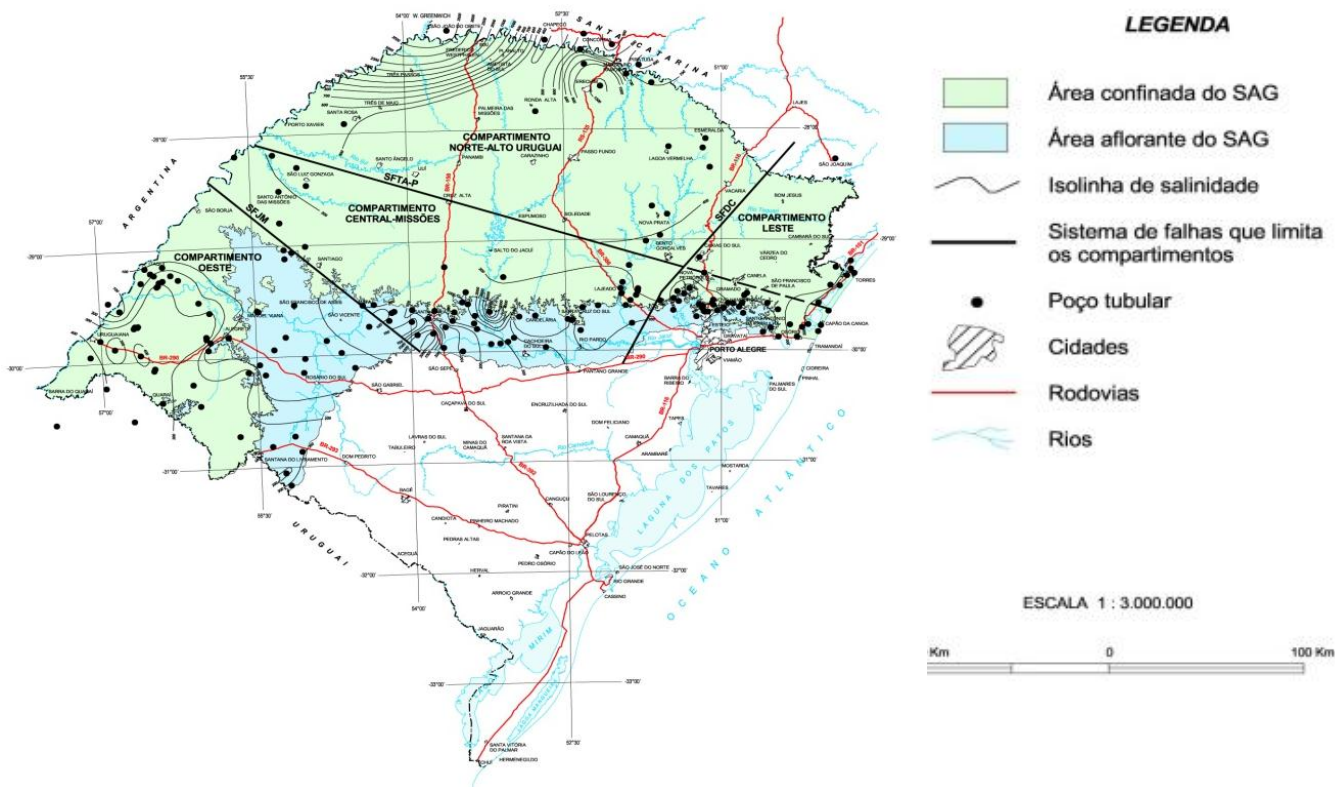


Figura 5. Mapa Hidroquímico do Sistema Aquífero Guarani
Fonte: Machado (2005)

2.3.1. Análise dos Riscos de Contaminação

Os riscos de contaminação ocorrem, principalmente, nas áreas aflorantes, onde estão sediadas várias aglomerações humanas, de dimensões diversas (centenas a dezenas de milhares de pessoas) e atividades agropecuárias correspondentes a criação extensiva e lavouras de grande extensão.

2.4. O uso da água subterrânea

A avaliação do consumo de água para a população total, incluídos os mananciais superficiais e subterrâneos, nos municípios mais diretamente

envolvidos na área de interesse do monitoramento está listada na Tabela 1. Não foram consideradas as explorações para fins agrícolas, que podem alcançar grandes vazões sazonalmente. Para uma população total de 259.739 pessoas são produzidos 2.610 m³/h de água, aproximadamente.

A avaliação do abastecimento por poços para a população urbanizada, na área de interesse está listada a seguir (Tabela 2). Nota-se o uso bastante difundido do abastecimento das comunidades por poços tubulares.

O município de Santana do Livramento tem a totalidade de seu abastecimento de água atendido por captação subterrânea. O Departamento de Água e Esgotos

(DAE) explora 44 poços tubulares que captam água do Aquífero Guarani, cujo regime é livre. A escolha desta área para o monitoramento de poços reside no fato da cidade de Livramento estar situada em uma importante área de recarga do Aquífero Guarani, onde o regime de exploração é muito intenso, tanto pelo órgão municipal, como pelos consumidores particulares (residências e indústrias). Os trabalhos realizados demonstraram que, neste local, o aquífero possui alta vulnerabilidade natural e apresenta elevado risco de contaminação por diferentes cargas poluentes de superfície.

No Estado do Rio Grande do Sul, as primeiras notícias sobre superexploração de aquíferos foram relacionadas com os extensos bombeamentos de poços realizados na cidade de Santa Cruz do Sul, localizada na depressão periférica, próximo da região central do estado. Esta cidade, caracterizada por possuir uma extensa atividade industrial, assenta-se sobre rochas

pertencentes aos Grupos Rosário do Sul e São Bento, que compõem, no estado do Rio Grande do Sul, o importante Sistema Aquífero Guarani, e, por vezes, os poços captam água tanto de sedimentos quanto dos basaltos pertencentes ao Aquífero Serra Geral. Apesar de não haver estudos conclusivos sobre o decaimento dos níveis de água subterrânea resultante da intensa exploração, em especial, na região do Distrito Industrial, estima-se um rebaixamento a partir da década de 70, de cerca de 30 metros no nível piezométrico. Esta situação, que pode ser considerada alarmante, dada a situação hidrogeológica, com predomínio de captações no aquífero confinado, propiciou movimentos sociais e estudos técnicos que resultaram em tentativa de cadastramento e controle de perfurações de poços tubulares dentro do território riograndense, servindo de modelo para novas ações em outros municípios.

Tabela 1. Avaliação do Consumo Humano de Água na área de interesse ao monitoramento

| | LOCAL | POPULAÇÃO* ¹ | CONSUMO* ² | |
|----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | NOME | MUNICIPAL | [m ³ /mês] | [m ³ /h] |
| 1. | Alegrete | 77.653 | 642.000 | 892 |
| 2. | Cacequi | 13.676 | 85.740 | 120 |
| 3. | Jaguari | 11.473 | 43.650 | 61 |
| 4. | Manoel Viana | 7.072 | 44.760 | 61 |
| 5. | Rosário do Sul | 39.707 | 213.600 | 297 |
| 6. | S. Francisco de Assis | 19.254 | 93.390 | 130 |
| 7. | Santana do Livramento | 82.464 | 725.340 | 1007 |
| 8. | São Vicente do Sul | 8.440 | 30.210 | 42 |
| | T O T A L | 259.739 | 1.878.690 | 2.610 |

Fonte: *1 – Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2012); *2 - Volume total de água tratada distribuída - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 (IBGE, 2012)

Tabela 2. Avaliação do Abastecimento de Água por Poços na Área

| | LOCAL | ATENDE | POÇOS | PROFUNDIDADE MÉDIA | EXPLOTAÇÃO |
|----|-----------------------|---------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| | NOME | [hab] | [N°] | [m] | [m ³ /mês] |
| 1. | Alegrete | 40.000 | 18 | 135 | 390.000 |
| 2. | Cacequi | 12.000 | | 150 | |
| 3. | Jaguari | | Superficial | | |
| 4. | Manuel Viana | 7.000 | | 150 | 26.000 |
| 5. | Rosário do Sul | | Superficial | | |
| 6. | S. Francisco de Assis | 16.000 | 7 | 150 | 120.000 |
| 7. | Santana do Livramento | 73.000 | 44 | 150 | 1.000.000 |
| 8. | São Vicente do Sul | 7.000 | 4 | 150 | 31.000 |

Valores Arredondados

2.5. Potenciometria

Para elaboração do mapa potenciométrico do SAG (Figura 4) foram utilizados dados de cotas do nível estático (NE) de poços nas áreas confinadas pela Formação Serra Geral, e nas áreas de afloramento do sistema aquífero (MACHADO, 2005). A primeira constatação no exame das curvas de igual pressão é que existe uma continuidade entre os níveis confinados e aqueles em que as litologias

arenosas já apresentam processos erosivos, localmente pronunciados.

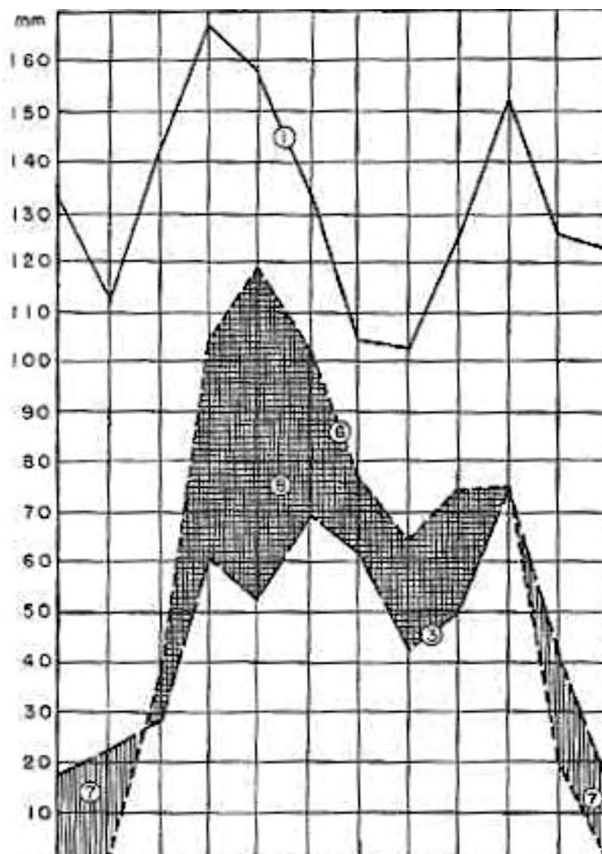
A conformação das curvas potenciométricas quando confrontadas com as curvas obtidas do mapa de contorno estrutural do topo do SAG, mostram-se muito semelhantes. Neste caso, é constante o gradiente hidráulico, em direção oeste a partir do município de Alegrete e os valores de pressão hidrostática variam de +100 m a +50 m na fronteira com a Argentina (rio Uruguai).

3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

3.1. Síntese do balanço hídrico na região oeste

O balanço hídrico, realizado para a região de Alegrete, mostra que o aquífero é alimentado de março a outubro, com 213,5 mm (Figura 6). De novembro a fevereiro o aquífero

cede 76,7 mm. O pico de alimentação corresponde aos meses de outono; o pico de retirada dá-se no mês novembro (21,2 mm). Nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro as retiradas das águas do aquífero servem para satisfazer as demandas totais do deflúvio real. Em novembro, atende em torno de 50 % do deflúvio (INCRA, 1973).



| ALEGRETE | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|---------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| PRECIPITAÇÃO (MM) | 133 | 112 | 142 | 167 | 158 | 133 | 104 | 102 | 125 | 152 | 126 | 123 | 1577 |
| DEFLÚVIO (%) | 13,6 | 19,8 | 20,0 | 36,2 | 33,3 | 52,2 | 59,1 | 41,4 | 39,8 | 48,8 | 32,7 | 12,4 | 34,1 |
| DEFLUVIO REAL (MM) | 18,0 | 22,2 | 28,4 | 60,5 | 52,6 | 69,4 | 61,5 | 42,2 | 49,8 | 74,1 | 41,2 | 15,3 | 535,2 |
| ÁGUA PARA ETP (1-3) EM MM | 115,0 | 99,8 | 113,6 | 106,5 | 105,4 | 63,6 | 42,5 | 59,8 | 75,2 | 77,9 | 84,8 | 107,7 | 1041,8 |
| ETP (MM) | 151 | 117 | 105 | 63 | 39 | 31 | 27 | 38 | 51 | 77 | 106 | 134 | 939 |
| DEFLÚVIO POT. (1-5) EM MM | 0 | 0 | 37 | 104 | 119 | 102 | 77 | 64 | 74 | 75 | 20 | 0 | 672 |
| RETIRADO DO LENÇOL (MM) | 18 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21,2 | 15,3 | 76,7 |
| ADIÇÃO AO LENÇOL (MM) | 0 | 0 | 8,3 | 43,5 | 66,4 | 32,6 | 15,5 | 21,8 | 24,2 | 0,9 | 0 | 0 | 23,5 |

Figura 6. Balanço Hídrico de Alegrete, representativo da fração da bacia do rio Ibicuí, localizada na Depressão Central
Fonte: INCRA (1973)

4. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

Desde 2009 a CPRM está implantando em todo o território brasileiro a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Seu principal objetivo é ampliar a base de conhecimento hidrogeológico dos principais aquíferos brasileiros e acompanhar as alterações espaciais e temporais na quantidade e qualidade das águas subterrâneas, com a finalidade de fornecer dados básicos como subsídio à gestão integrada dos recursos hídricos. Para tanto estão sendo construídos poços de monitoramento em vários aquíferos brasileiros. No caso do Estado do Rio Grande do Sul o aquífero Guarani foi selecionado como primordial ao monitoramento.

Desde o ano de 2010 a CPRM construiu, nas áreas de recarga do SAG, onze poços de 4 polegadas dedicados ao monitoramento de níveis (Figura 7). Nestes poços, que estão localizados próximos a pluviômetros da rede hidrometeorológica nacional, foram instalados sensores

de níveis e “datta loggers” que determinam e armazenam a profundidade do nível d’água a cada hora. A partir dos dados obtidos com o monitoramento ao longo dos anos muitos estudos serão possíveis, como, por exemplo, verificar a flutuação dos níveis nas áreas de recarga de acordo com as variações pluviométricas, relações com os cursos d’água superficiais, mudanças na qualidade das águas, etc. Em 2012 estão previstos a perfuração de mais cinco poços de monitoramento no Aquífero Guarani, desta vez na porção central do aquífero, em unidades triássicas que fazem parte do SAG, mas que não ocorrem em outras áreas da bacia no território nacional. A unidade hidroestratigráfica Passo das Tropas é a principal nesta área.

Ressalta-se que os órgãos gestores de recursos hídricos dos estados do Rio Grande do Sul (DRH/RS) e de Santa Catarina (SDS) foram consultados durante o planejamento da rede.

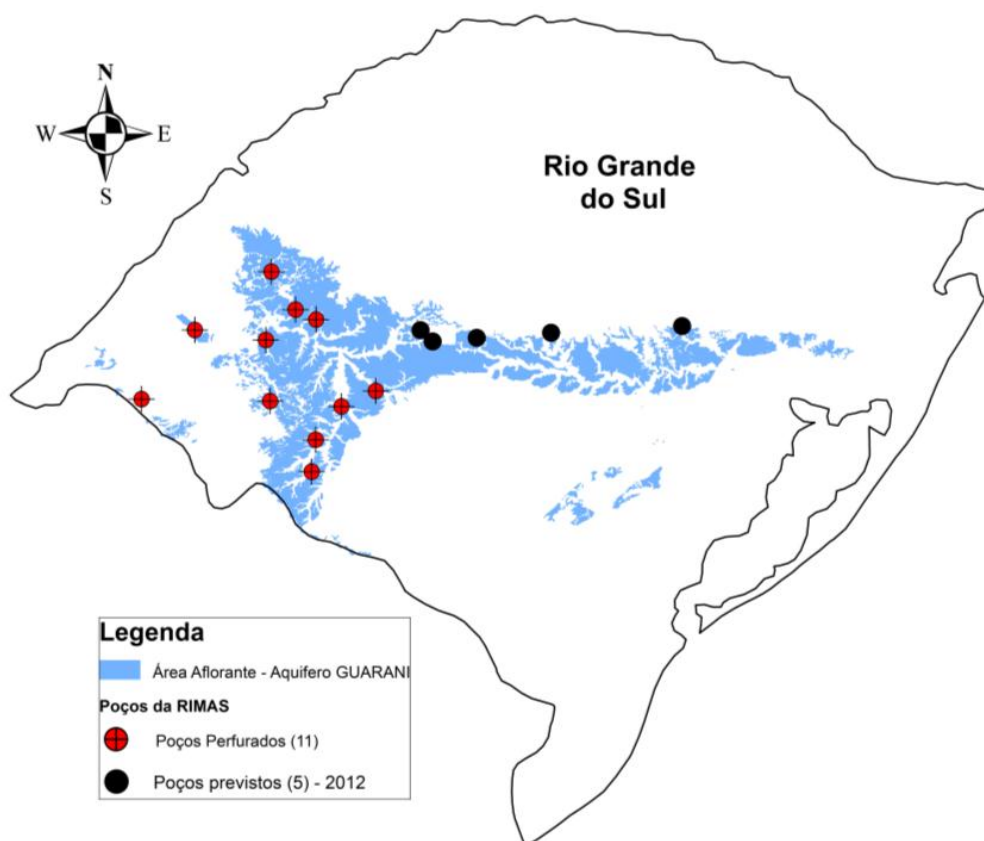


Figura 7. Poços de monitoramento construídos e previstos nas áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul

4.1. Poços de monitoramento implantados

Foram perfurados onze (11) poços de monitoramento no sistema Aquífero Guarani (SAG) – região sul. (Tabela.3).

Até o momento (agosto/2012) foram perfurados e instalados 11 piezômetros no Sistema Aquífero Guarani

no Estado do Rio Grande do Sul, cujas principais características encontram-se apresentadas na tabela 3.

Informações mais completas a respeito dos poços de monitoramento podem ser obtidas na página da RIMAS na Web da CPRM (www.cprm.gov.br) e no banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, disponível no endereço <http://siagas.cprm.gov.br>.

Tabela 3. Principais características dos poços construídos para o monitoramento

| POÇOS PERFURADOS NO AQUÍFERO GUARANI | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|---------|------------------------|------------|-------|----------|
| POÇO | COORD. UTM | | MUNICÍPIO | SIAGAS | NE(m) | PROF.(m) |
| Azevedo Sodré | 727180 | 6665286 | São gabriel | 4300020125 | 10,43 | 72 |
| Corsan Rosário | 700378 | 6651981 | Rosário do sul | 4300020532 | 9,55 | 100 |
| Corsan S. F. de Assis | 681984 | 6729479 | São Francisco de Assis | 4300020535 | 35,8 | 70 |
| Escola Agrícola | 642633 | 6711928 | Alegrete | 4300020534 | 6 | 56 |
| Jarau | 545904 | 6660216 | Quaraí | 4300020122 | 6,9 | 101 |
| Miracatú | 666172 | 6738578 | São Francisco de Assis | 4300020124 | 39,5 | 77 |
| Puitã | 647709 | 6772562 | Itaqui | 4300020119 | 4 | 40 |
| Santa Rita | 679839 | 6622822 | Livramento | 4300020123 | 37,62 | 98 |
| São Carlos | 645283 | 6657625 | Rosário do sul | 4300020121 | 4,8 | 65 |
| Torrão | 676384 | 6594371 | Livramento | 4300020126 | 18,6 | 75 |
| Tres Capões | 587577 | 6721351 | Alegrete | 4300020120 | 36,9 | 75 |

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema Aquífero Guarani no estado do Rio Grande do Sul apresenta-se subdividido em pelo menos quatro grandes compartimentos, que são denominados de: Oeste, Leste, Norte-Alto Uruguai e Central-Missões.

No Compartimento Oeste, o topo do sistema aquífero mergulha predominantemente na direção oeste e as linhas de fluxo dirigem-se principalmente para as grandes drenagens, sendo que a direção principal do fluxo das áreas confinadas é em direção ao rio Uruguai na divisa com a Argentina. Em direção ao Uruguai os fluxos de água são inexpressivos.

O conteúdo de sais (STD) é muito baixo nas áreas aflorantes, variando predominantemente entre 50 e 200 mg/L. Nas áreas confinadas estes valores aumentam e situa-se entre 200 e 400 mg/L..

O monitoramento deverá ser realizado em poços tubulares perfurados pela CPRM, além de outros poços de Companhias de Saneamento, como Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), DAE (Departamento de Águas e Esgotos de Santana do livramento), Companhia de Saneamento de Santa Catarina (CASAN), além poços pertencentes a outras instituições que estão sendo contatadas para se integrar ao projeto RIMAS. O monitoramento, semelhante em objetivo e técnica ao que será realizado no Estado de Santa Catarina, deverá compor um banco de dados com as variações de nível piezométrico com o tempo, descargas, níveis dinâmicos, condutividade elétrica e qualidade físico-química das águas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. *Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA – Agência Nacional de Águas. 2005a. Cadernos de Recursos Hídricos. Disponível em: [http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%20e%20Demandas/VF%20Disponibilidade Demanda.pdf](http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%20e%20Demandas/VF%20Disponibilidade%20Demanda.pdf).
- FREITAS, M. A. 2010. *Os Recursos Hídricos Subterrâneos no Rio Grande Do Sul*.
- HAUSMAN, A. 1995. *Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. Acta Geologica Leopoldensia. Série Mapas, 2*.
- INCRA. 1973. *Levantamento e Avaliação de Recursos Naturais, Sócio-econômicos e Institucionais do Rio Grande do Sul*. V. 1, p. 174.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico 2010. Resultados gerais da amostra. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/>. Acesso em: 05 jun. 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp>. Acesso em: 08 jun. 2012.
- MACHADO, J. L. F. 2005 *Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul*. 2005. 237 f. Tese (Doutoramento em Geologia Sedimentar).Unisinos. São Leopoldo, RS. 2005.
- MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. *Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 CD-ROM. Mapa color. Escala 1:750.000. Convênio SOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM. Relatório final*.

www.cprm.gov.br

PAC PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de
**Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Ministério de
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA