

# REDE BÁSICA NACIONAL DE MONITORAMENTO INTEGRADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS-RIMAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Marcos Alexandre de Freitas<sup>1</sup>

Marcelo Goffermann<sup>2</sup>

**Resumo.** A CPRM - Serviço Geológico do Brasil está implantando em todo o território nacional a Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas-RIMAS através de poços de observação distribuídos em nove dos principais aquíferos do país. No Estado do Rio Grande do Sul o aquífero a ser monitorado na primeira fase é o Sistema Aquífero Guarani, cujo comportamento hidráulico e hidroquímico é intensamente influenciado por extensos sistemas de falhas, compartimentando-o em quatro blocos principais. A implantação da rede básica de monitoramento no RS leva em consideração a presença desses blocos, onde serão feitas observações em poços existentes e em poços a serem construídos. O monitoramento integrado, além de ampliar a base de conhecimento hidrogeológico do Estado, propiciará acompanhar as alterações espaciais e temporais na quantidade e qualidade das águas subterrâneas, fundamentais para o gerenciamento do recurso hídrico subterrâneo.

**Abstract.** The Geological Survey of Brazil is implementing in Brazil a Basic Network National Integrated Monitoring of Groundwater in observation water wells in the nine major. In the Rio Grande do Sul state the aquifer to be monitored is the Guarani Aquifer System, whose hydraulic and hydrochemical behavior is heavily influenced by extensive fault systems, dividing them into four major blocks. The implementation of the basic monitoring in the RS takes into account the presence of these blocks, where registers will be done in the existing and new water wells. The integrated monitoring system will expand the hydrogeological's, knowledge. The data obtained will monitor the spatial and temporal changes in the quantity and quality of groundwater, fundamental to the management of water resources.

**Palavras-chave:** Monitoramento, Sistema Aquífero Guarani, Rio Grande do Sul.

---

<sup>1</sup> Geólogo, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Santa Teresa. Porto Alegre, RS CEP: 90840-030. Fone: 51-3406-7361. Fax: 51-32337772. email: [marcos@pa.cprm.gov.br](mailto:marcos@pa.cprm.gov.br)

<sup>2</sup> Geólogo, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Santa Teresa. Porto Alegre, RS CEP: 90840-030. Fone: 51-3406-7353. Fax: 51-32337772. email: [marcelog@pa.cprm.gov.br](mailto:marcelog@pa.cprm.gov.br)

## **1 - INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas as águas subterrâneas vêm adquirindo grande importância devido a diversos fatores, entre eles: a escassez e poluição dos mananciais de superfície, o alto custo de tratamento de água, descentralização e menor custo em sistemas de abastecimento por poços tubulares. Entretanto, no Brasil ainda não temos o devido conhecimento dos mecanismos que regem os aquíferos, suas variações espaciais e temporais de qualidade e quantidade, sua interação com os corpos de água superficial e relações com os eventos climáticos. Estabelecer um monitoramento integrado permitirá gerar informações básicas para as Políticas de Gestão Ambiental, de Gestão de Recursos Hídricos e de Uso e Ocupação do Solo a fim de garantir a função social, econômica e ambiental das águas subterrâneas.

O presente artigo tem por objetivo fornecer um panorama geral das características da rede de monitoramento, que está sendo implantada no Estado do Rio Grande do Sul pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, dentro do programa Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas-RIMAS.

## **2 - REDE BÁSICA NACIONAL DE MONITORAMENTO INTEGRADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

A CPRM - Serviço Geológico do Brasil está implantando em todo o território nacional a Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas-RIMAS em poços de observação distribuídos em nove dos principais aquíferos do país. Este programa visa o conhecimento mais detalhado a respeito dos aquíferos e seus resultados irão propiciar, a médio e longo prazos, a identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação do solo, a estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo, dentre outras informações.

A concepção e definição dos principais elementos estruturadores, a seleção dos locais adequados ao monitoramento, bem como a escolha dos equipamentos apropriados de medição, foram criteriosamente estabelecidos mediante amplas discussões envolvendo técnicos experientes da CPRM e consultores externos provenientes de universidades, órgãos ambientais e companhias de saneamento. Foram feitas também apresentações em fóruns diversos envolvendo a comunidade técnico-científica ligada aos recursos hídricos e ao meio ambiente. Mourão et al. (2009) descrevem detalhadamente os aspectos técnicos da rede básica nacional de monitoramento.

A rede de monitoramento proposta é de natureza fundamentalmente quantitativa, ou seja, tem o propósito de registrar as variações de nível d'água (NA), através de instrumentos que permitem o

registro automático dos níveis de água nos poços de observação. A cada três meses os dados armazenados serão coletados e, posteriormente, submetidos aos processos de consistência e tratamento. Entretanto, ainda que a rede não tenha como objetivo específico a avaliação qualitativa da água subterrânea será implantado um sistema de alerta de qualidade com medições periódicas da condutividade elétrica (C.E) e pH e realização de análises completas (43 parâmetros físico-químicos) na instalação do poço de observação e a cada cinco anos, ou ainda em casos em que os valores de C.E. e pH indiquem variação significativa na química da água.

Considerando a grande variedade hidrogeológica do país, associada às significativas diferenças sociais e econômicas que se traduzem em demandas distintas por água tanto em natureza quanto em volume, tornou-se necessário estabelecer critérios de priorização de aquíferos a serem monitorados: 1) Aquíferos sedimentares e cársticos; 2) Importância sócio-econômica da água; 3) Uso da água para abastecimento público; 4) Aspectos de vulnerabilidade natural e riscos; 5) Representatividade espacial do aquífero; e 6) Existência de poços para monitoramento.

Utilizando-se desses critérios foram selecionados para a primeira fase do programa de implantação da rede de monitoramento os seguintes aquíferos: Alter do Chão, Cabeças, Serra Grande, Missão Velha/Rio Batateira, Açu, Beberibe, Tacaratu, Urucuia, Furnas, Bauru-Caiuá, Guarani, Ronuro e Salto das Nuvens (Figura 1). Ressalta-se que outros aquíferos serão gradativamente incluídos na medida em que se promove o avanço do programa de monitoramento.

O programa da rede de monitoramento será composto de poços existentes e poços que deverão ser perfurados de modo que a distribuição e densidade sejam suficientes para obtenção de valores representativos das condições hidrogeológicas e reflitam a intensidade do uso da água, as formas de ocupação do solo, a densidade demográfica e a extensão regional do aquífero.

O SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, mantido pela CPRM e criado para dar suporte ao gerenciamento de águas subterrâneas, será adotado como o sistema para consistência e armazenamento dos dados contínuos que serão gerados no monitoramento. Para que o SIAGAS cumprisse efetivamente esse papel foram efetuadas modificações em sua estrutura e elaborados os formatos de apresentação dos dados na web.

Ressalta-se ainda que um dos principais aspectos do programa refere-se à concepção de um monitoramento integrado (águas subterrâneas e superficiais) em que o ambiente hídrico é considerado de forma inteiramente interrelacionável e não fracionada 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 companhia opera a rede hidrometeorológica nacional constituída de cerca de 2.500 estações, sendo 200 telemétricas via satélite. Além da coleta, consiste e armazena cerca de 240.000 dados hidrológicos anuais.



Figura 1. Mapa de áreas de exposição dos aquíferos selecionados na primeira fase do programa de implantação da rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas.

Os benefícios de se realizar o monitoramento integrado das águas superficiais e subterrâneas e também de parâmetros climatológicos são os seguintes:

- Permitir o cálculo do balanço hídrico com base em parâmetros mais consistentes;
- Favorecer as estimativas de recarga, porosidade eficaz e reservas renováveis para os aquíferos;
- Estimar o tempo de residência das águas subterrâneas, a partir das respostas do nível d'água e das vazões dos cursos d'água com referência a um evento de recarga,
- Determinar a relação dos cursos d'água e o fluxo subterrâneo (rios efluentes e influentes);
- Avaliar a influência dos aquíferos na qualidade química dos cursos d'água ou vice-versa;

Dentre as diretrizes estabelecidas para o programa de monitoramento destaca-se que o planejamento e implantação da rede básica estão sendo feitos em estreita articulação com os órgãos gestores estaduais de recursos hídricos e companhias de saneamento. Este procedimento além de assimilar as demandas estaduais, fornecendo um caráter complementar às redes estaduais,

possibilita a otimização dos recursos técnicos, financeiros e humanos e auxilia na padronização de métodos de coleta e de armazenamento e tratamento de dados.

No Estado do Rio Grande do Sul o aquífero a ser monitorado em uma primeira fase é o Sistema Aquífero Guarani.

### **3 - CONFIGURAÇÃO DA REDE BÁSICA DE MONITORAMENTO NO RIO GRANDE DO SUL**

A implantação da Rede Básica de Monitoramento no Rio Grande do Sul seguirá os conceitos e diretrizes pré-estabelecidos pela CPRM em todo território nacional, descritos por Mourão et al. (2009).

Serão feitas parcerias com a Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN e Departamento de Água e Esgotos (DAE) de Santana do Livramento, que cederão poços desativados para o monitoramento.

Sob o ponto de vista hidrogeológico os aquíferos porosos regionais mais importantes no Estado são o Guarani e os Quaternários Costeiros (Machado & Freitas, 2005). Para a primeira fase da implantação da RIMAS foi elencado o Sistema Aquífero Guarani (SAG), em sua área aflorante e confinada. Desta forma serão construídos poços nas áreas de exposição das unidades hidroestratigráficas componentes do SAG.

No Estado do Rio Grande do Sul, ao contrário de outros Estados, o SAG é intensamente influenciado por extensos sistemas de falhas que controlam seu comportamento hidráulico e hidroquímico (Machado, 2005). As principais estruturas responsáveis pela compartimentação do Aquífero Guarani compõem-se de três grandes sistemas de falhas regionais: Dorsal de Canguçu, Jaguari-Mata e Terra de Areia-Posadas (Machado, 2006). A partir dos sistemas de falhas o aquífero foi compartimentado em quatro blocos principais denominados de: Oeste, Central-Missões, Norte-Alto Uruguai e Leste (Figura 2). Cada compartimento estrutural tem características muito peculiares quanto às condições geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas, refletindo em potencialidades muito diferentes.

Respeitando a divisão do SAG em compartimentos bem definidos, a abordagem do programa de monitoramento será baseada nos diferentes blocos.

#### **3.1 - Bloco Oeste**

Delimitado pelo sistema de falhas Jaquari-Mata (Machado, 2005) de direção noroeste, o Bloco Oeste contém os Subsistemas Aquíferos Botucatu-Guará e Sanga do Cabral-Pirambóia.

O Subsistema Aquífero Botucatu-Guará é restrito à região da fronteira oeste do Estado, onde é composto por arenitos médios a finos, quartzosos, róseos a avermelhados, apresentando intercalações pelíticas e cimento argiloso na unidade Guará. Sua área de afloramento está localizada em uma faixa entre Santana do Livramento e São Francisco de Assis, totalizando 4.858 km<sup>2</sup>. Suas capacidades específicas variam de 1 a 3 m<sup>3</sup>/h/m e os sólidos totais dissolvidos (STD) raramente ultrapassam a 250 mg/L. Exceto nas áreas urbanas, a maior parte das áreas aflorantes está sob áreas de campo, onde são desenvolvidas atividades de pecuária extensiva e lavouras trigo, soja e arroz. Sua porção confinada pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral ocorre nos setores oeste e noroeste, mais precisamente nos Municípios de Alegrete, Itaqui, São Borja, Uruguaiana, Quaraí, São Gabriel e parte de Santana do Livramento. Na área confinada as capacidades específicas são bem maiores, ultrapassando os 4 m<sup>3</sup>/h/m, podendo atingir até 10 m<sup>3</sup>/h/m. A direção média regional de fluxo é para noroeste (Machado & Freitas, 2005). Nas áreas sob confinamento encontram-se os poços mais produtivos do Estado, como, por exemplo, o poço da CORSAN (ALG 11C), em Alegrete, com 360 m de profundidade, 520 m<sup>3</sup>/h de vazão e capacidade específica de 13,24 m<sup>3</sup>/h/m. Nessas regiões também são comuns poços para irrigação de lavouras de arroz com vazões entre 150 e 300 m<sup>3</sup>/h e capacidades específicas superiores a 10 m<sup>3</sup>/h/m. Os sólidos totais dissolvidos no Subsistema Botucatu-Guará variam entre 250 e 400 mg/L. A principal exploração desse sistema aquífero ocorre na área urbana de Santana do Livramento onde o Departamento de Água e Esgotos (DAE) opera 36 poços tubulares para abastecimento público no município.

O Subsistema Sanga do Cabral-Pirambóia é composto por camadas síltico-arenosas avermelhadas, com matriz argilosa, e arenitos finos a muito finos, vermelhos, com cimento calcífero. Suas capacidades específicas são variáveis entre 0,5 e 1,5 m<sup>3</sup>/h/m. Na faixa que abrange Santana do Livramento, Rosário do Sul e São Vicente ele apresenta maior produtividade, com poços de até 100 m<sup>3</sup>/h, como o da CORSAN em Cacequi. A salinidade das águas varia de 100 mg/L, nas áreas aflorantes, a mais de 300 mg/L, nas confinadas. Na região é explorado, principalmente em sedes municipais, fazendas, pequenas comunidades e assentamentos da reforma agrária.

O monitoramento será realizado em poços construídos nas áreas de afloramento, onde ocorre a recarga regional do SAG e em poços existentes das companhias de saneamento (CORSAN e DAE), localizados nas áreas aflorantes e também nas áreas confinadas pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

### 3.2 - Bloco Central-Missões

O Bloco Central-Missões está separado pelos sistemas de falha Jaguari-Mata, Terra de Areia-Posadas e Dorsal de Canguçu. É composto pelos Subsistemas Aquíferos Santa Maria e Sanga do Cabral-Pirambóia.



Figura 2. Modo de ocorrência e compartimentação em blocos do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul, segundo Machado (2005).

O Subsistema Aquífero Santa Maria restringe-se à região central do Estado e ocorre entre os municípios de Mata e Taquari. É composto por arenitos grossos a conglomeráticos na base; lamitos avermelhados, siltitos e arenitos finos a médios no topo. As capacidades específicas variam de 0,5 a 1 m<sup>3</sup>/h/m, nas áreas de afloramento, e alcançam 4 m<sup>3</sup>/h/m, nas áreas confinadas. Os sais totais dissolvidos variam entre 50 e 500 mg/L e, em algumas regiões confinadas, são encontrados valores

superiores a 2.000 mg/L e teores de Flúor muito acima do limite de potabilidade. Na região de Venâncio Aires muitos poços tiveram de ser aprofundados em virtude do excessivo rebaixamento dos níveis, causado pela intensa exploração de água subterrânea para uso industrial e doméstico ao longo do tempo.

O Subsistema Aquífero Sanga do Cabral-Pirambóia neste bloco central apresenta maior teor de finos na sua matriz e, portanto, menor capacidade produtora de água em relação ao Bloco Oeste.

O monitoramento será realizado principalmente no Subsistema Santa Maria em sua área de exposição, em virtude de ser o aquífero mais utilizado na região.

### **3.3 - Bloco Norte-Alto Uruguai**

O compartimento Norte-Alto Uruguai é delimitado pelos sistemas de falhas Terra de Areia-Posadas e Dorsal de Canguçu. Nesse bloco não há área de exposição do SAG, que se encontra confinado por rochas vulcânicas mesozóicas com espessura variando entre 400 e 1200 metros. O arenito Botucatu é a principal unidade hidroestratigráfica e apresenta valores de salinidade em geral superiores a 800 mg/L. O condicionamento estrutural e sua ocorrência a grandes profundidades favorece a ocorrência de águas termais. Nesta região estão localizadas as principais estâncias turísticas termais do Estado.

O monitoramento nessa área fica prejudicado pela ausência de poços profundos disponíveis para instalação de sensores de níveis.

### **3.4 - Bloco Leste**

O Bloco Leste, delimitado pelo sistema de falhas Dorsal de Canguçu, tem como representante do SAG o Subsistema Aquífero Botucatu-Pirambóia, que ocorre entre o município de Taquari e Santo Antônio da Patrulha, na Região Metropolitana de Porto Alegre. É constituído por arenitos médios, róseos, endurecidos em afloramentos e com condições topo-estruturais, em geral, desfavoráveis para armazenamento de águas subterrâneas. As capacidades específicas raramente excedem a 0,5 m<sup>3</sup>/h/m. Poços mais produtivos estão relacionados à presença de falhas ou fraturas que aumentam a possibilidade de se encontrar água subterrânea pelo critério estrutural. A salinidade das águas é geralmente inferior a 250 mg/L. Mesmo sendo um aquífero de capacidade mediana é muito explorado na Bacia do Rio Caí e Sinos, principalmente para uso industrial e abastecimento público. Para exemplificar esse intenso uso, Heine (2008) mostra que nos municípios de Ivoti e Estância Velha os níveis de água do aquífero apresentam queda acentuada. Este fato tem levado a



CORSAN a aprofundar suas motobombas submersas, a fim de permitir a continuidade dos bombeamentos dos poços que operam para abastecimento da população.

Neste bloco o programa de monitoramento construirá poços nas áreas de afloramento do Subsistema Botucatu-Pirambóia e utilizará poços da CORSAN que se encontram desativados em vários municípios da região.

### **3.5 - Características dos Poços de Monitoramento**

A Rede Básica de Monitoramento será composta por dois tipos de pontos de monitoramento: poços existentes e poços construídos para o programa (Mourão et. al, 2009).

Os poços tubulares existentes que atendam os objetivos da rede básica nacional serão selecionados a partir da base de dados do SIAGAS (Figura 3) e de instituições estaduais, como a CORSAN e municípios. Os poços deverão passar por avaliação quanto aos aspectos construtivos, locais e de manutenção para que a qualidade dos dados a serem obtidos possa ser assegurada. A seleção dos poços existentes deve ser feita de forma bastante criteriosa, considerando os seguintes aspectos:

- Ser representativo das condições aquíferas específicas a serem monitoradas, com filtros localizados em uma única unidade hidrogeológica. Este critério determina que os aspectos hidráulicos e litológicos devam ser característicos do aquífero selecionado. Além disso, é preciso assegurar que a(s) entrada(s) d'água esteja(m) restrita(s) àquele aquífero;
- Possuir perfis técnico, construtivo e litológico. Além dessas informações, deve ser feita verificação em campo da situação atual do poço e uma análise de como esta pode influenciar no dado a ser obtido no monitoramento;
- Ter sido construído de acordo com as normas ABNT. A construção correta do poço implica em maior segurança na confiabilidade do dado de monitoramento;
- Estar localizado, preferencialmente, próximo à rede de monitoramento hidrometeorológico. A interpretação dos dados requer informações hidrometeorológicas, em especial da pluviosidade e, em casos de conexão hidráulica com cursos d'água, da vazão. Este critério tem o propósito também de subsidiar a gestão integrada das águas;
- Possuir condições locais de segurança. Abrange a existência de cerca de proteção, acesso fácil e de um responsável pela manutenção do poço. Tais condições deverão ser estabelecidas, caso o poço não as possua.

Os poços de monitoramento construídos para a rede básica nacional deverão estar nos locais em que não foram identificados poços tubulares capazes de serem aproveitados e que são considerados fundamentais para a compreensão da resposta do aquífero tanto para as variações

naturais quanto para as pressões a que está submetido. Estes poços de observação deverão ser perfurados conforme os seguintes preceitos:

- Estar localizado, preferencialmente, próximo à rede de monitoramento hidrometeorológico;
- Ser construído, preferencialmente, com profundidade de até 60 metros. Considerando os elevados custos de perfuração, a construção de novos poços irá privilegiar as porções livres e áreas de recarga dos aquíferos e, portanto, esse valor deve ser entendido como uma média. Entretanto, dadas as significativas variações hidrogeológicas e a diversidade de pressões sofridas pelos aquíferos no RS é possível que, eventualmente, seja necessária a perfuração poços com profundidades muito maiores;
- Ser projetado e construído de acordo com as normas ABNT, especialmente, a NBR 13895 que trata da construção de poços de monitoramento e amostragem.

Deve-se acrescentar ainda que como a rede proposta é essencialmente quantitativa, os poços deverão ser dedicados visto que não devem ser bombeados ou então por apenas curtos períodos de tempo de modo que as medidas de nível d'água possam refletir as condições naturais. Adicionalmente, a localização dos pontos deve estar fora da influência hidráulica imediata das pressões, de forma que as variações diárias decorrentes do bombeamento não sejam evidentes no dado obtido.

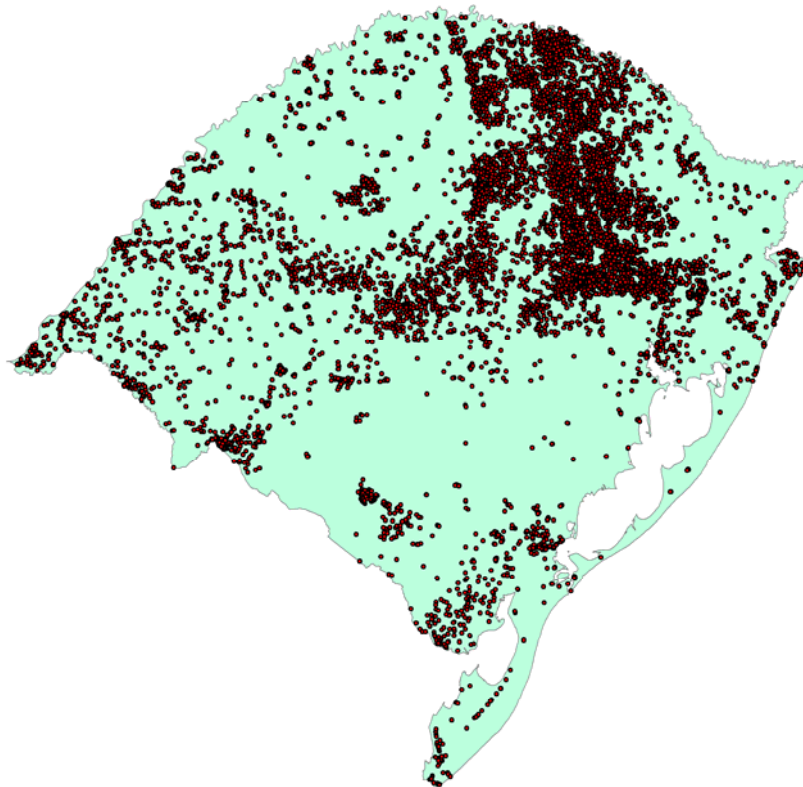


Figura 3. Distribuição espacial dos mais de 12.000 poços pertencentes à base SIAGAS no Rio Grande do Sul.

#### 4 - RESULTADOS PRELIMINARES

Os primeiros poços construídos para o RIMAS no Rio Grande do Sul estão localizados no Bloco-Oeste em áreas de afloramento do SAG (figura 4).

Com esta configuração espacial será possível começar a acompanhar a variação da superfície potenciométrica do aquífero neste bloco e sua possível flutuação com as variações pluviométricas na região.

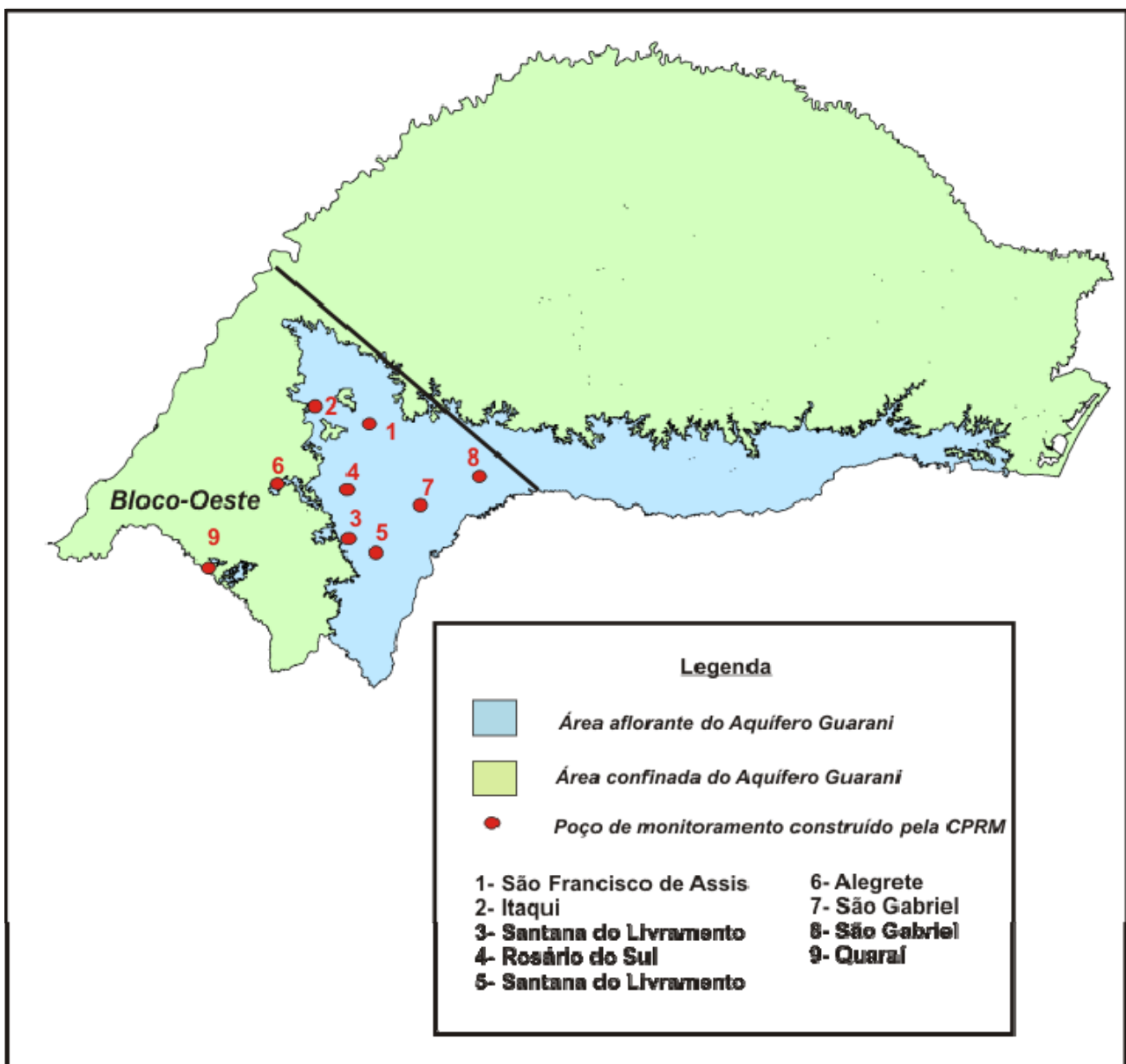


Figura 4. Distribuição espacial dos primeiros nove poços de monitoramento construídos pela CPRM no Bloco-Oeste do SAG, no Estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Poços de monitoramento construídos pela CPRM no Bloco-Oeste do SAG.

Nº e Local	Município	UTM E	UTM N	Profundidade	NE (m)	ND (m)
1-Miracatu	São Francisco de Assis	666.340	6.738.272	77 m	39,50	40,55
2-Puitã	Itaqui	647.206	6.773.267	45 m	4,00	6,56
3-Santa Rita	Santana do Livramento	676.891	6.622.824	98 m	37,62	74,69
4-São Carlos	Rosário do Sul	645.292	6.657.616	68 m	4,80	12,90
5-Torrão	Santana do Livramento	676.384	6.594.393	75 m	18,60	59,00
6-Estância Santa Rita	Alegrete	587.578	6.721.335	75 m	37,50	37,00
8-Azevedo Sodré	São Gabriel	727.209	6.665.312	72 m	11,48	18,77
7-Fazenda Vicentina	São Gabriel	742.152	6.679.874	50 m	2,30	5,80
9-Cerro do Jarau	Quaraí	545.491	6.661.479	101 m	6,90	80,70

## 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A operação Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas possibilitará, a médio e longo prazo, gerar informações básicas para as políticas de gestão de recursos hídricos, ambiental, e de uso e ocupação do solo, a fim de garantir a função social, econômica e ambiental das águas subterrâneas.

Também será possível o melhor entendimento da dinâmica dos principais aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul frente às condições climáticas, superexploração e mudanças no meio ambiente.

A primeira fase implantação da rede contemplará o Sistema Aquífero Guarani, levando-se em consideração sua heterogeneidade geológica e compartimentação estrutural. Posteriormente o monitoramento será estendido para outros sistemas aquíferos importantes, selecionados a partir da demanda do Departamento de Recursos Hídricos do Estado e das Companhias de Saneamento.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HEINE, C.A. Análise de Sustentabilidade de Uso do Sistema Aquífero Guarani em Ivoti – RS. São Leopoldo. 2008. 223 p. *Tese de Doutorado*, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

- MACHADO, J.L.F. Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidro-estratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. *Tese de Doutorado*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, UNISINOS. São Leopoldo. 2005. 237 p., ilustr.
- MACHADO, J.L.F.; Freitas, M.A. de. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto alegre: CPRM, 2005. 1 CD-ROM E MAPA ESCALA 1:750.000.
- MACHADO, J. L. F.. A Redescoberta do Aquífero Guarani. *Scientific American*. Brasil, São Paulo 01 jun. 2006
- MOURÃO, M.A.A.; PEIXINHO, F. C.; FEITOSA, F.A.C.; BARRETO, A.B.C. *Fundamento para Implantação da Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas*. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. Campo Grande. Anais. Publicação Digital. CD ROM.