

PROJETO MAPA HIDROGEOLÓGICO DO RIO GRANDE DO SUL

Convênio SOPS-DRHS-FRH/RS-CPRM N° 029/98

Introdução

- ◆ **O Governo do Estado consciente da necessidade de conhecer e preservar os Recursos Hídricos Subterrâneos assinou um Convênio com a CPRM para elaboração de um trabalho pioneiro no Estado:**

O Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul

Investimento

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE	746.720,00
CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL	1.450.000,00
TOTAL	2.196.720,00

Execução : Nov/2003 – Nov/2005

OBJETIVOS

- ◆ Cartografia hidrogeológica da área total do Estado (280.674 km²) na escala 1:750.000
- ◆ Conhecimento regional dos sistemas aquíferos, que servirá de base para um melhor planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos do Estado do Rio Grande do Sul

Metodologia

- ◆ Estudo das unidades lito-estratigráficas visando seu comportamento como aquífero
- ◆ Inventário dos poços tubulares
- ◆ Compilação e realização de análises físico-químicas
- ◆ Tratamento de dados hidrológicos e climatológicos
- ◆ Delimitação dos Sistemas Aquíferos

Produtos

1- Mapa Hidrogeológico Integrado Escala 1:750.000 em ambiente SIG (Arc View)

Documento cartográfico com as seguintes informações:

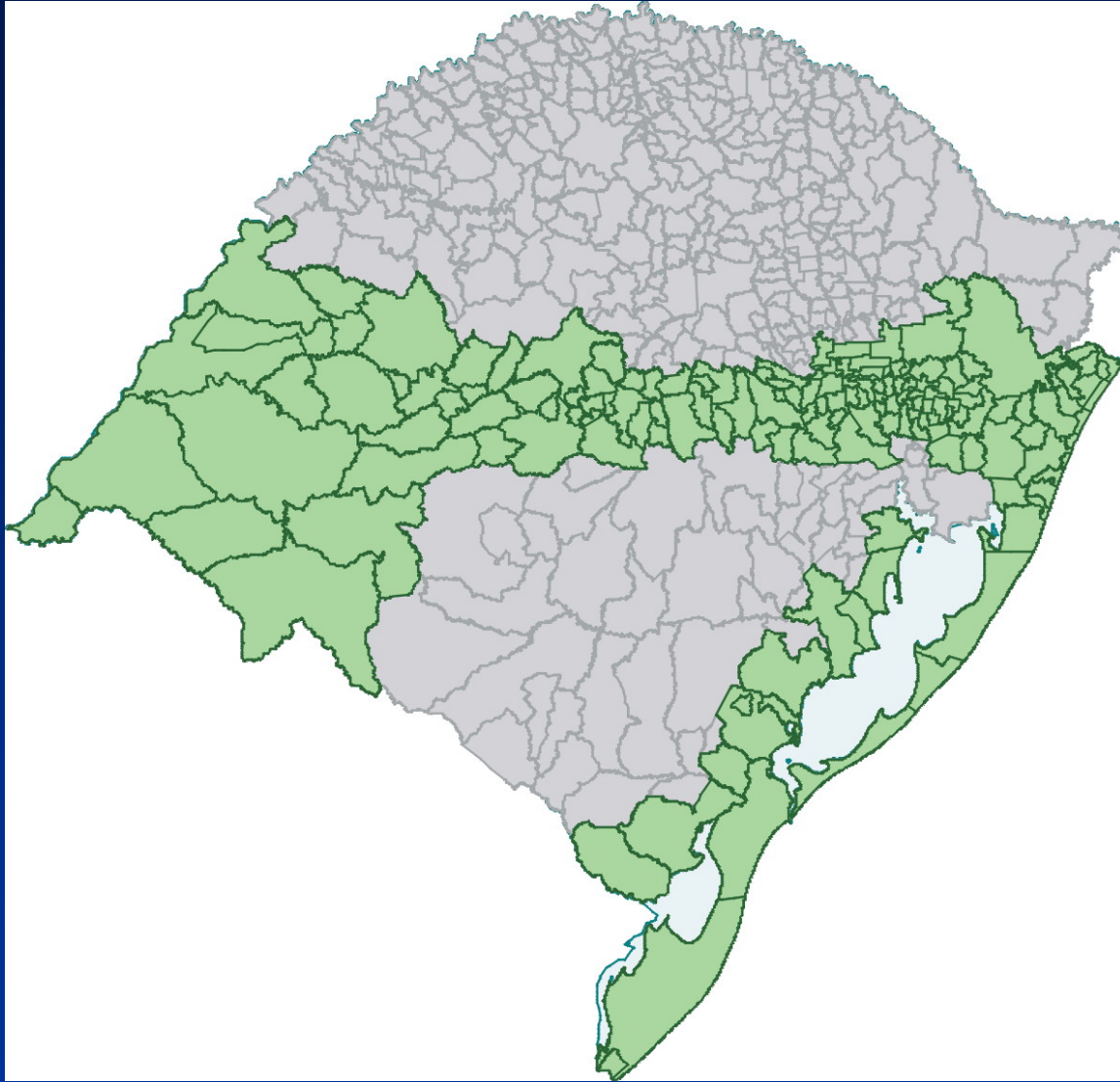
- ◆ **características hidrogeológicas;**
- ◆ **características hidroquímicas;**
- ◆ **produtividade dos Sistemas Aquíferos;**
- ◆ **potencialidade de vazão;**

2- Banco de dados de 7.692 poços tubulares no Sistema de Informações Águas Subterrâneas (SIAGAS)

Inventário de Poços Tubulares

Método

- ◆ **Cadastro no campo em cada município;**
- ◆ **Aspectos hidrogeológicos e construtivos dos poços;**
- ◆ **Medida da qualidade: pH e Condutividade elétrica;**
- ◆ **Uso da água;**
- ◆ **Pintura da identificação do poço e registro fotográfico;**
- ◆ **Consistência;**
- ◆ **Inclusão no SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas).**



Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul

CPRM - Ficha de Cadastramento - Projeto Mapa Hidrogeológico do RS

Informações Gerais

UF _____ Município _____ LAT _____ LONG _____ UTM-N _____ UTM-E _____

MC _____ GPS _____ Nº ponto _____ Sigla _____ Localidade do ponto _____

Sim () Não ()

Dados do proprietário

Nome do proprietário _____ Logradouro _____

Bairro _____ Município _____ UF _____

Dados de cadastramento e data de atualização de dados

Data cadastro _____ Cadastrado por _____ Profissão _____ Fonte de informação _____ Data atualização _____

Dados hidrográficos, cartográficos e de boca de poço

Natureza do ponto _____ Bacia Hidrográfica (DNAEE / ANA) _____ Sub-bacia Hidrográfica _____

Dímetro da boca pol / mm _____ Bacia Hidrográfica Estadual _____ Feição geomorfológica _____

Provincia / sub-provincia Hidrogeológica _____

Dados de exploração

Data instalação _____ Tipo de reservatório _____ Vol. reservatório (l) _____ Uso da água _____ Localidade abastecida _____

Profundidade útil do poço (m) _____ Altura da boca do poço (m) _____ Altitude do terreno (m) _____ Método de medição de altitude _____

Informações de perfuração

Data perfuração _____ Prof. Inicial (m) _____ Prof. Final (m) _____ Empresa perfuradora _____ Responsável pela locação _____

Responsável pela perfuração _____ CREA do responsável _____ Método de perfuração _____ Fluido de perfuração _____

Informações de seções de perfuração

Prof. Inicial (m) _____ Prof. Final (m) _____ Diâmetro mm/pol _____ De (m) _____ Até (m) _____ Modalidade de tipo de espaço anular _____ Tipo de material de espaço anular _____

Informações de revestimento e filtro

De (m) _____ Até (m) _____ Modalidade de revestimento ou filtro _____ Tipo de material de revestimento ou filtro _____ Diâmetro mm/pol _____ Ranhura (mm) _____

Informações de Litologia

De (m) _____ Até (m) _____ Descrição _____

Informações de formações geológicas

De (m) _____ Até (m) _____ Formação _____

Informações de entradas de água (m)

EA1	EA4	EA7	EA10
EA2	EA5	EA8	EA11
EA3	EA6	EA9	EA12

Situação do ponto _____

Informações de Aquíferos

Nome do Aquíferos (tipo e extensão) _____ Topo (m) _____ Base (m) _____ Penetração no aquífero _____ Captação no aquífero _____ Condição do aquífero _____

Perfilagem geofísica

Data _____ Tipo de Perfilagem _____

Informações teste de vazão

Data teste _____ Tipo de teste de vazão _____ Surgência _____ Unidade bombeamento em teste _____ Duração (h:min) _____

Sim () Não ()

NE (m) _____ ND (m) _____ Vazão estabilização (m3/h) _____ Vazão específica (m3/h/m) _____ Vazão livre (m3/h) _____

Observações _____

Informações de bombas

Data instalação _____ Tipo de bomba _____ Marca da bomba _____ Modelo da bomba _____

Potência (CV) _____ Crivo da bomba (m) _____ Produção da bomba (m3/h) _____

Informações de níveis de água

Data medição _____ Hora da medição (h:min) _____ Nível de água (m) _____ Vazão (m3/h) _____ Poço bombeando? _____

Sim () Não ()

Informações de amostras de análise de água

Nome da amostra _____ Data coleta _____ Volume esgotado m3 _____ Profundidade de (m) _____ Data análise _____ Laboratório _____

Responsável _____ CRQ _____ Condição climática _____

Observação _____

Características físicas

Cond. Elétrica (µmhos/cm) _____ Cor (Pt/Co) _____ Sabor _____ Odor _____ Temperatura °C _____ pH (de 1 a 14) _____ Turbidez (NTU) _____ Sólidos suspensos (mg/l) _____

Sólidos sedimentáveis (mg/l) _____ Aspecto natural _____

Informações dos parâmetros inorgânicos (mg/l ppm)

Alc. Tot	Al	As	Be	HCO ₃	B	Cd	Ca	CO ₃	Pb	CN	Cl	Cu	Cr	DBO	DQO
Dur. perm	Dur. temp	Dur. total	S	Fe ₃	Fe ₂	Fe	F	CO ₂	Hidróxidos	I	Mg	Mn	Hg	NH ₃ N	Ni
NO ₃	NO ₂	Nitrog. Orgânico	Org. consum. meio básico	OD	pH	PO ₄	K	Resíduo seco	Se	SiO ₂	SNN	Na	Biólogos: amebas, rotáris	SO ₄	Zn

Informações de microorganismos na amostra de água

NMP 100 ml

Coliformes totais _____
 Coliformes fecais _____
 Streptococos fecais _____
 Escherichia coli _____
 Bacterias termotolerantes _____
 Cianobacterias _____
 Cianotoxina _____
 Microcistina _____

Dados de campo

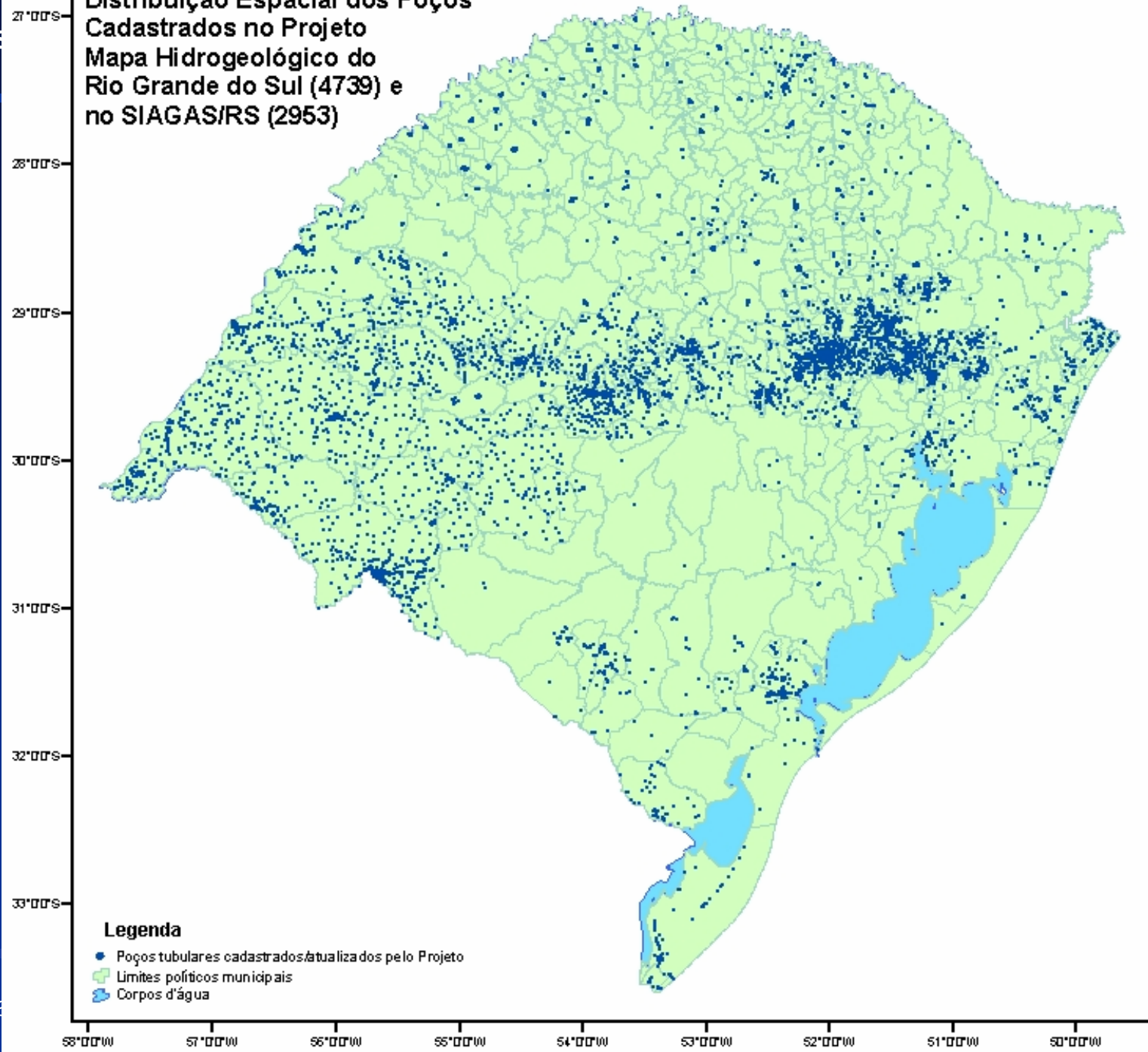
Temperatura do ar (°C) _____ Temperatura da água (°C) _____ pH _____ Condutividade (µmhos/cm) _____

Informações de produção do poço

Data _____ Produção (m3/mês) _____



**Distribuição Espacial dos Poços
Cadastrados no Projeto
Mapa Hidrogeológico do
Rio Grande do Sul (4739) e
no SIAGAS/RS (2953)**



11/04/05
IR-403
BARRA do QUARAÍ - RS



IJ-684
20.05.04
CERRO BRANCO-RS





Cerro Largo



Candido Godoy

IJ-520
20.04.04
SINIMBU-RS

IS-205
05.04.05
TAVARES-RS

S-205
CPAM



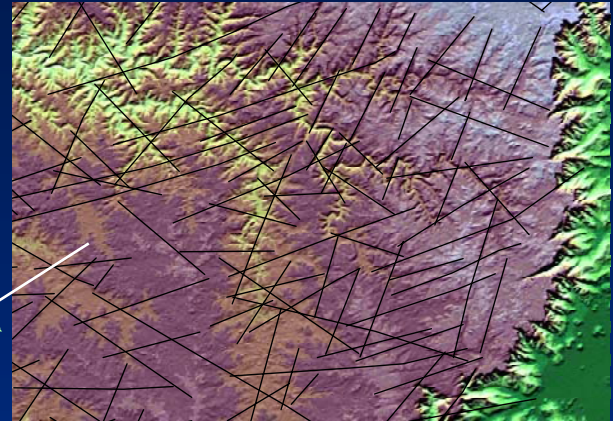
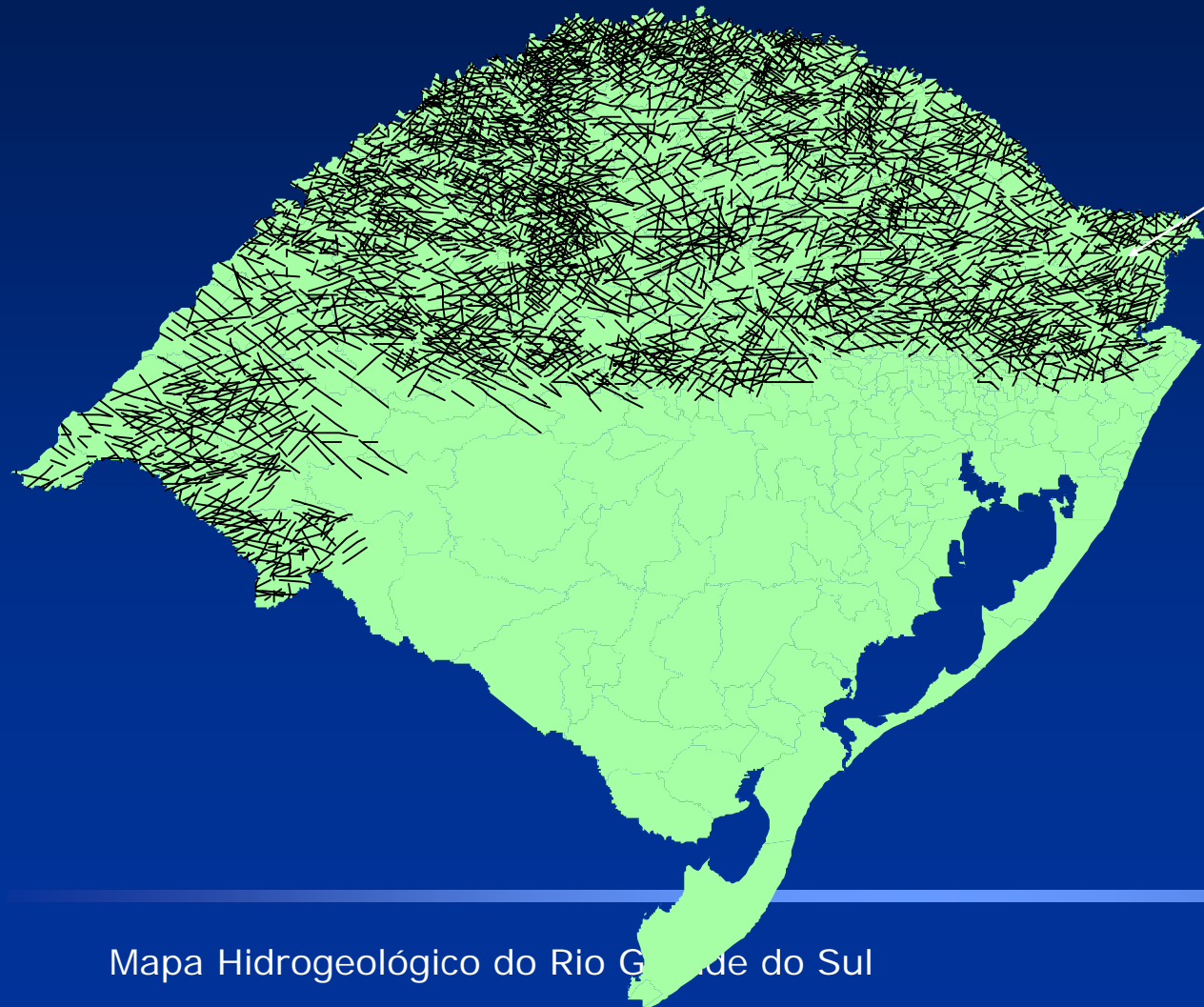


Tres de Maio

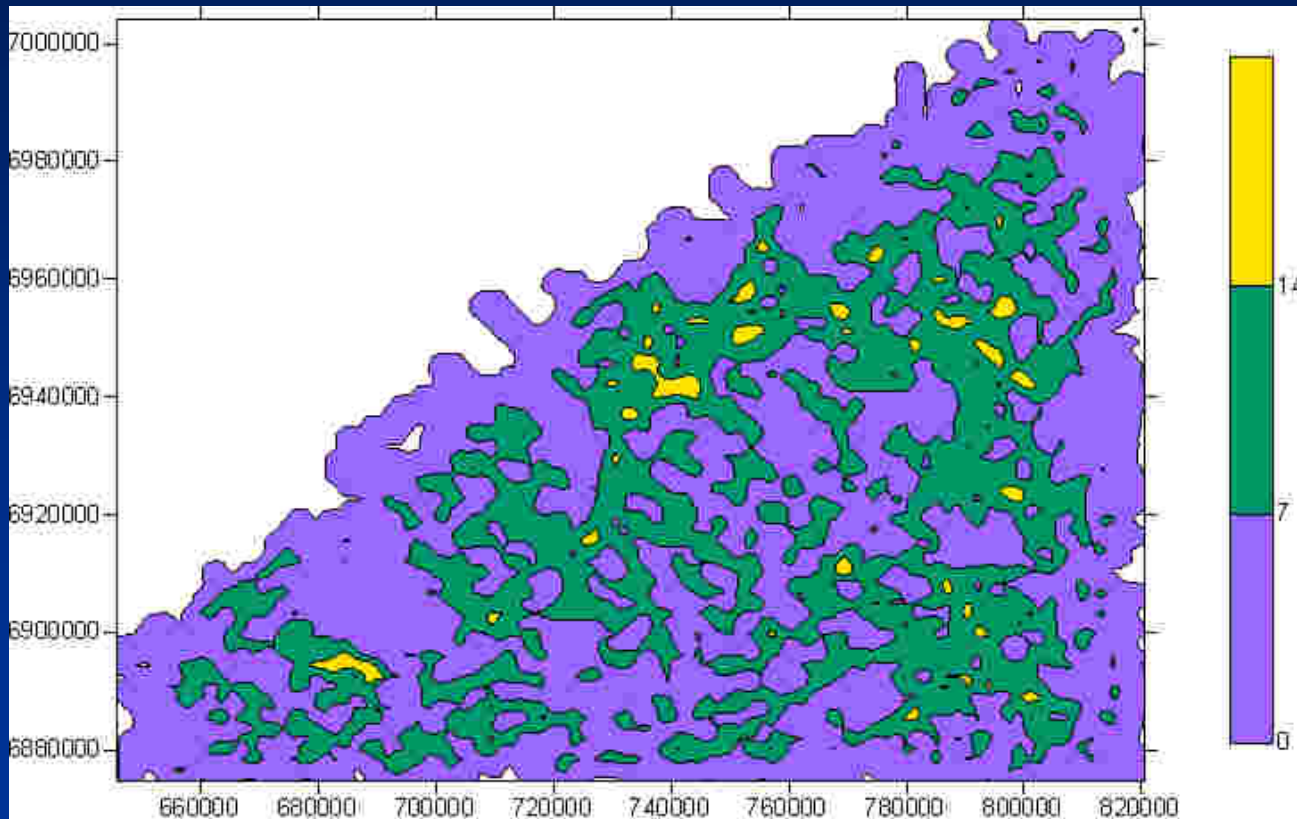
Mapeamento Hidrogeológico em campo



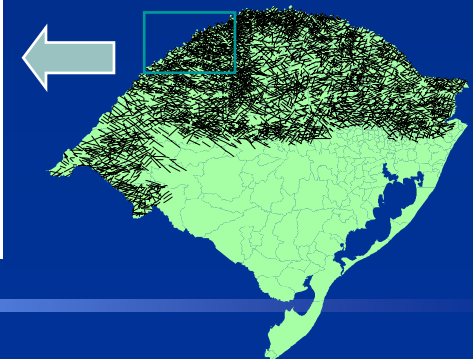
Análise Morfo-estrutural do Domínio Serra Geral



Estudo da densidade de fraturas



Folha SG 21 Z 2 Santa Rosa



Determinação dos Sistemas Aquíferos

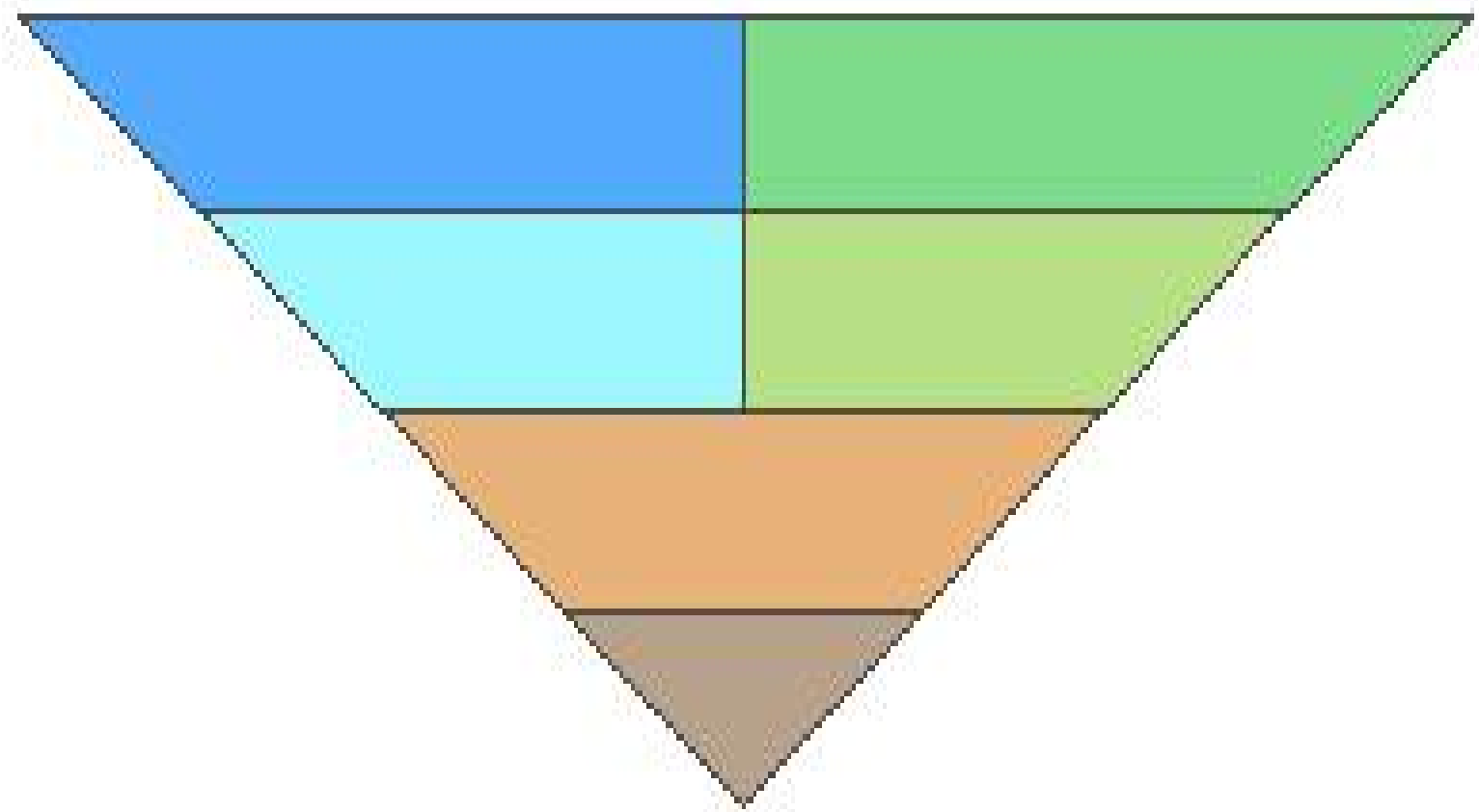
Fluxo

Intergranular

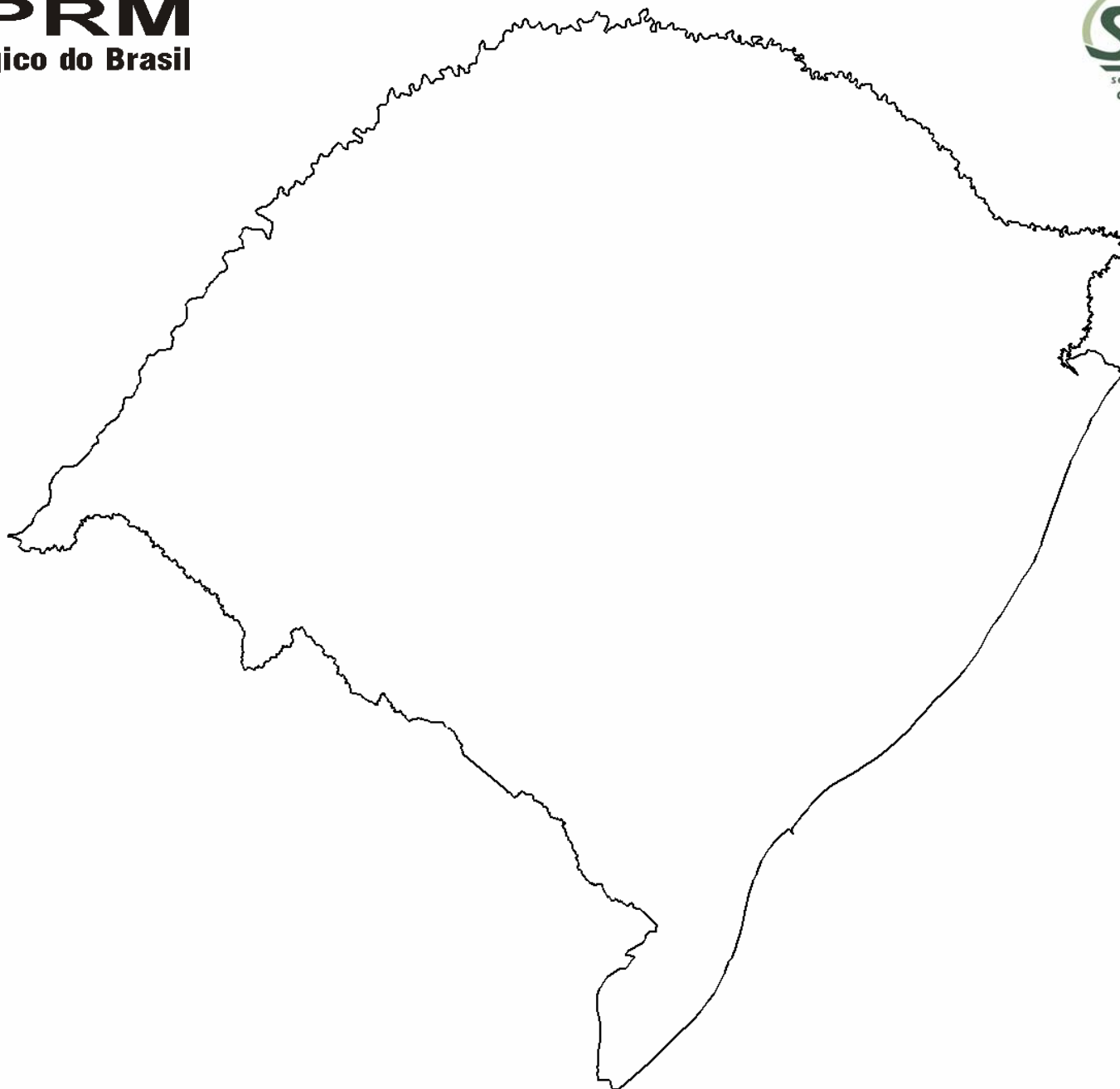
Fissurado

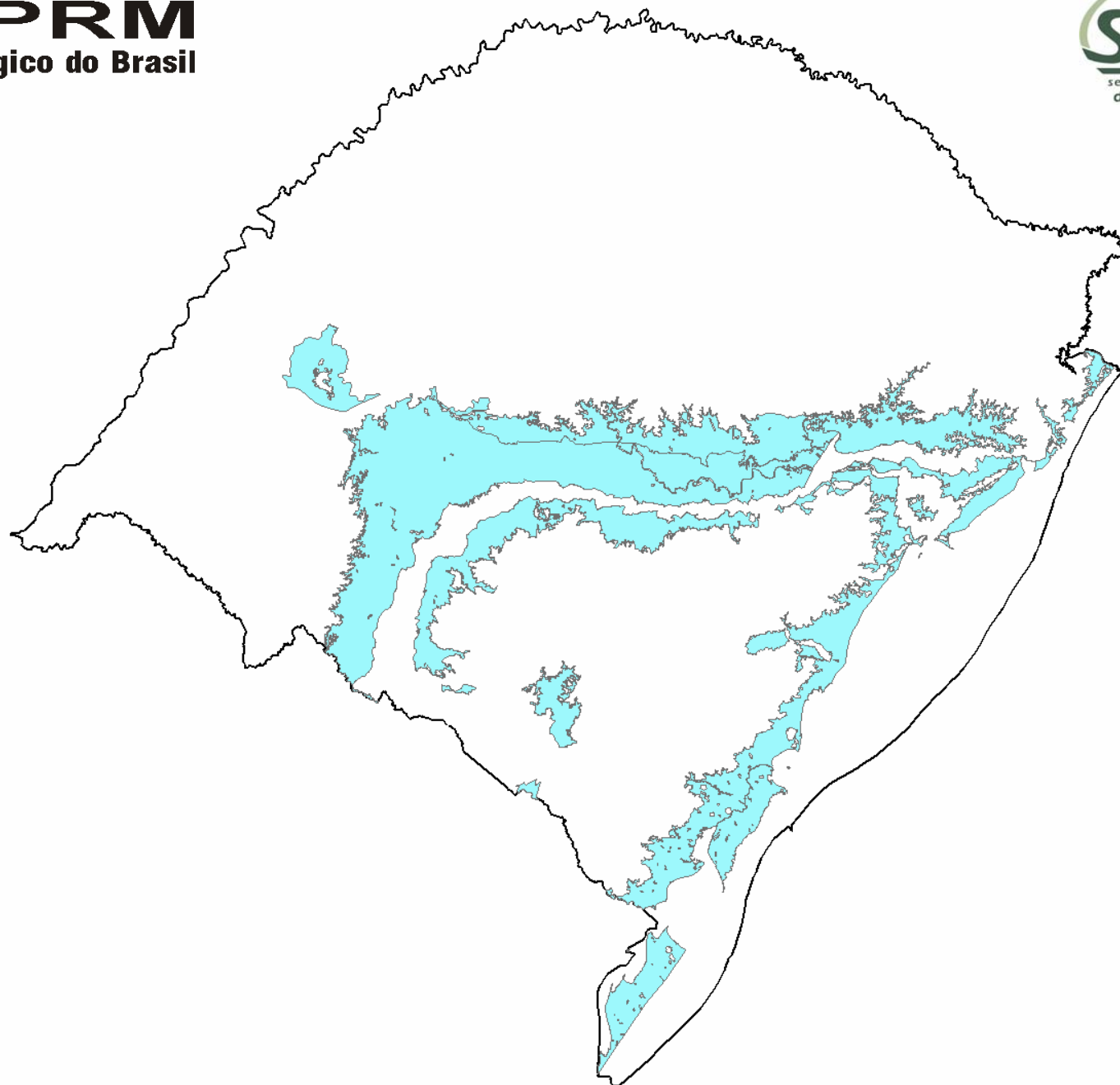
Aquífero

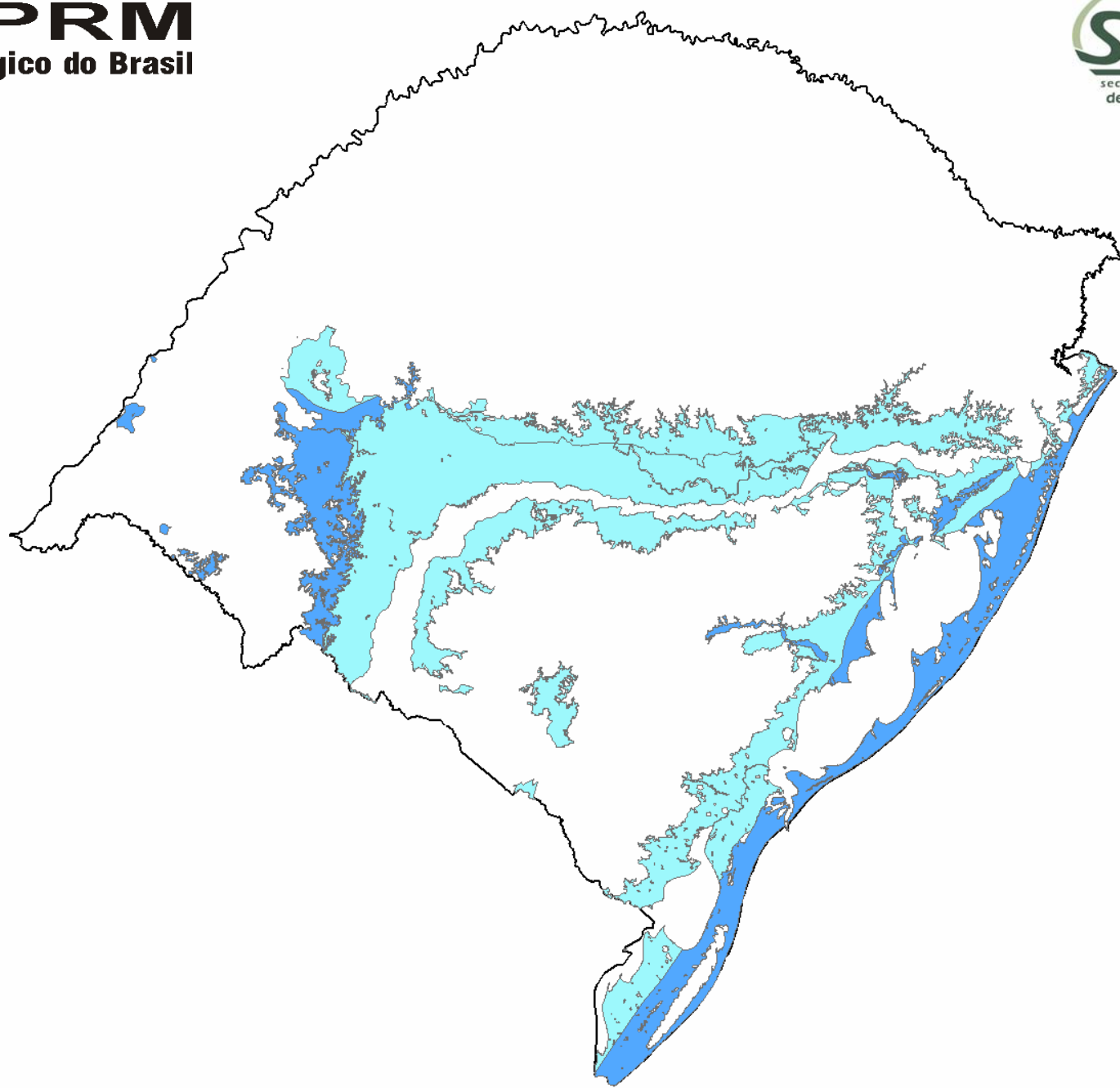
Não Aquífero

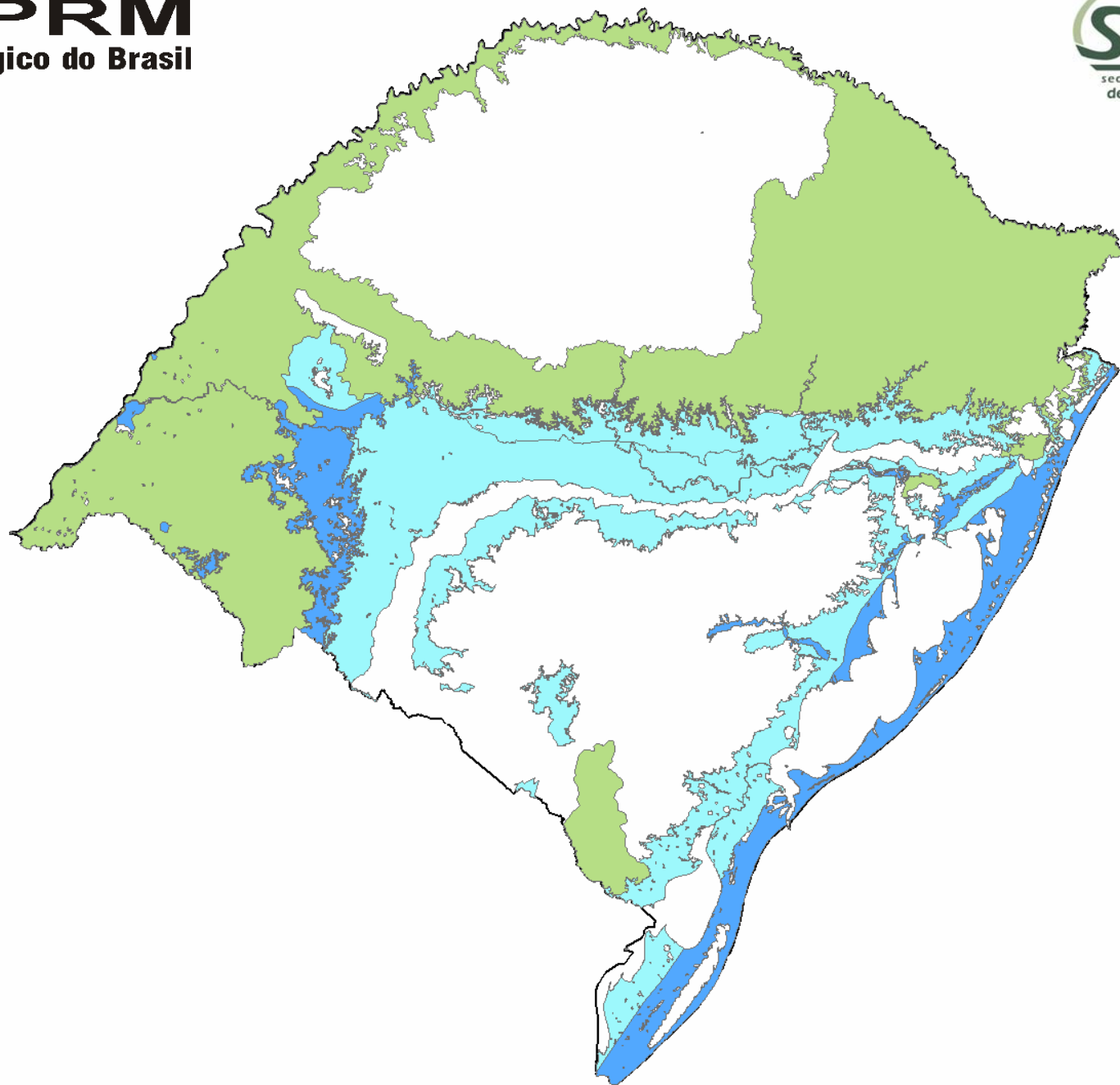


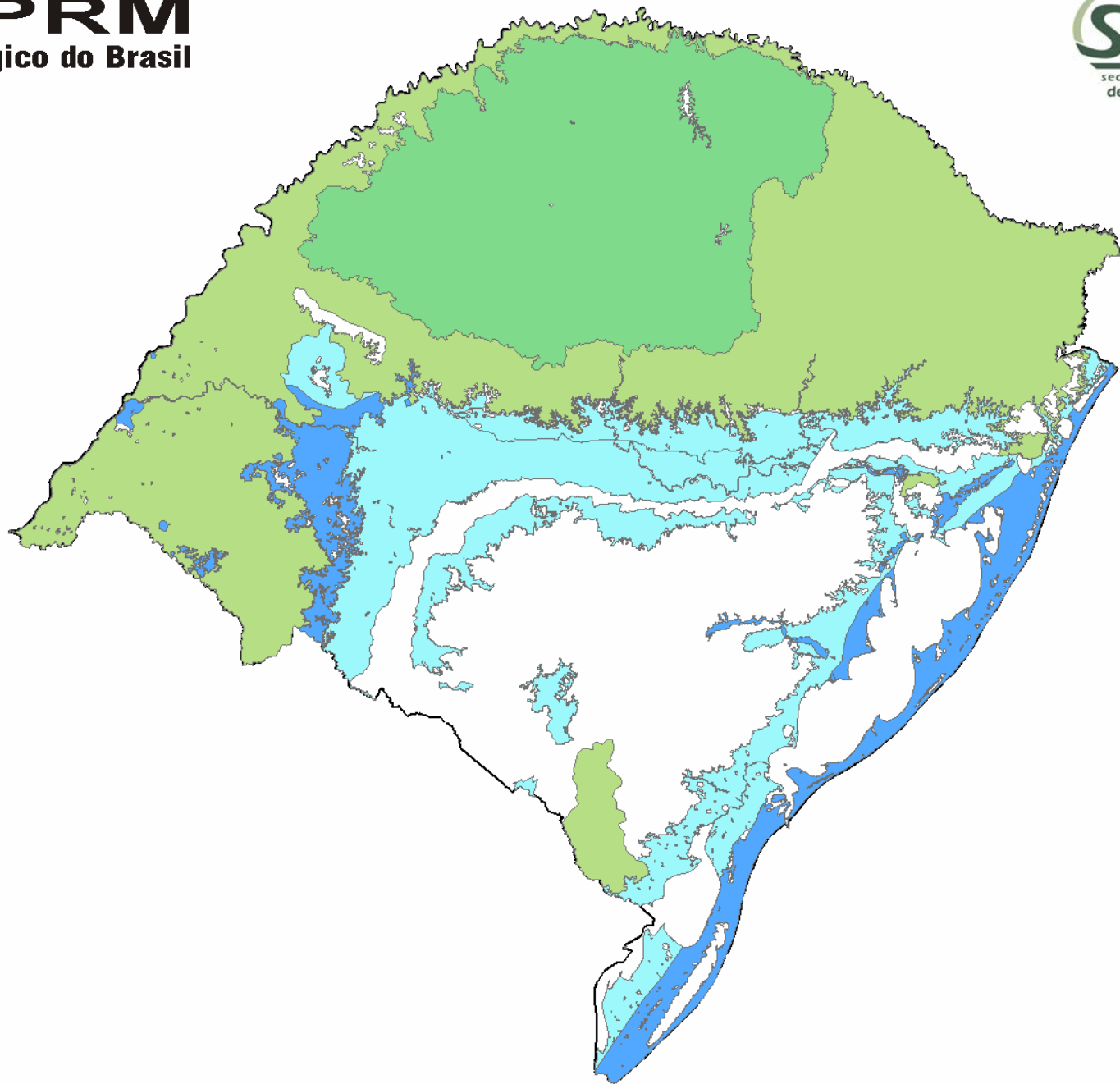
(Metodologia IAH, Struckmeier & Margat, 1995)

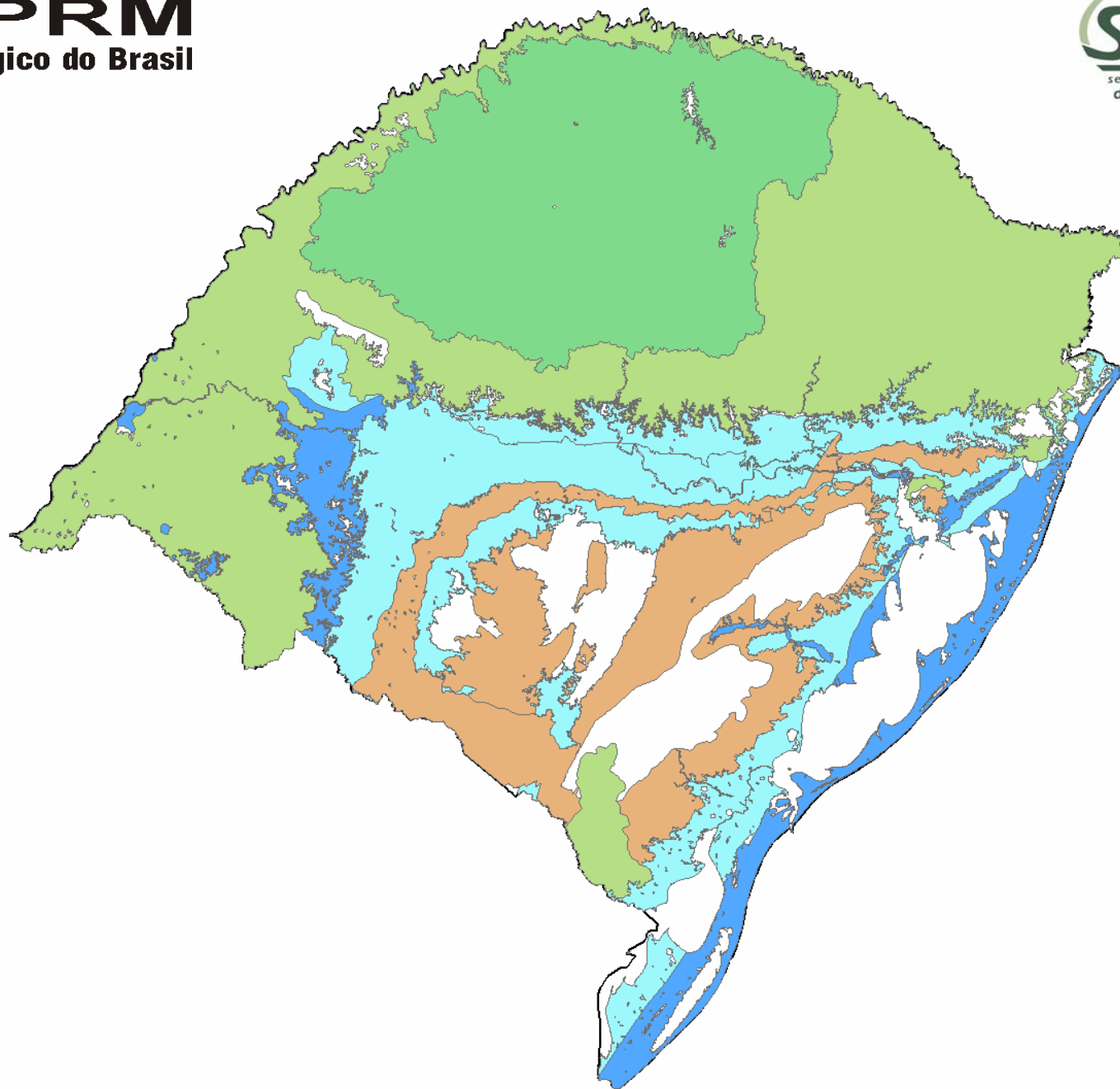


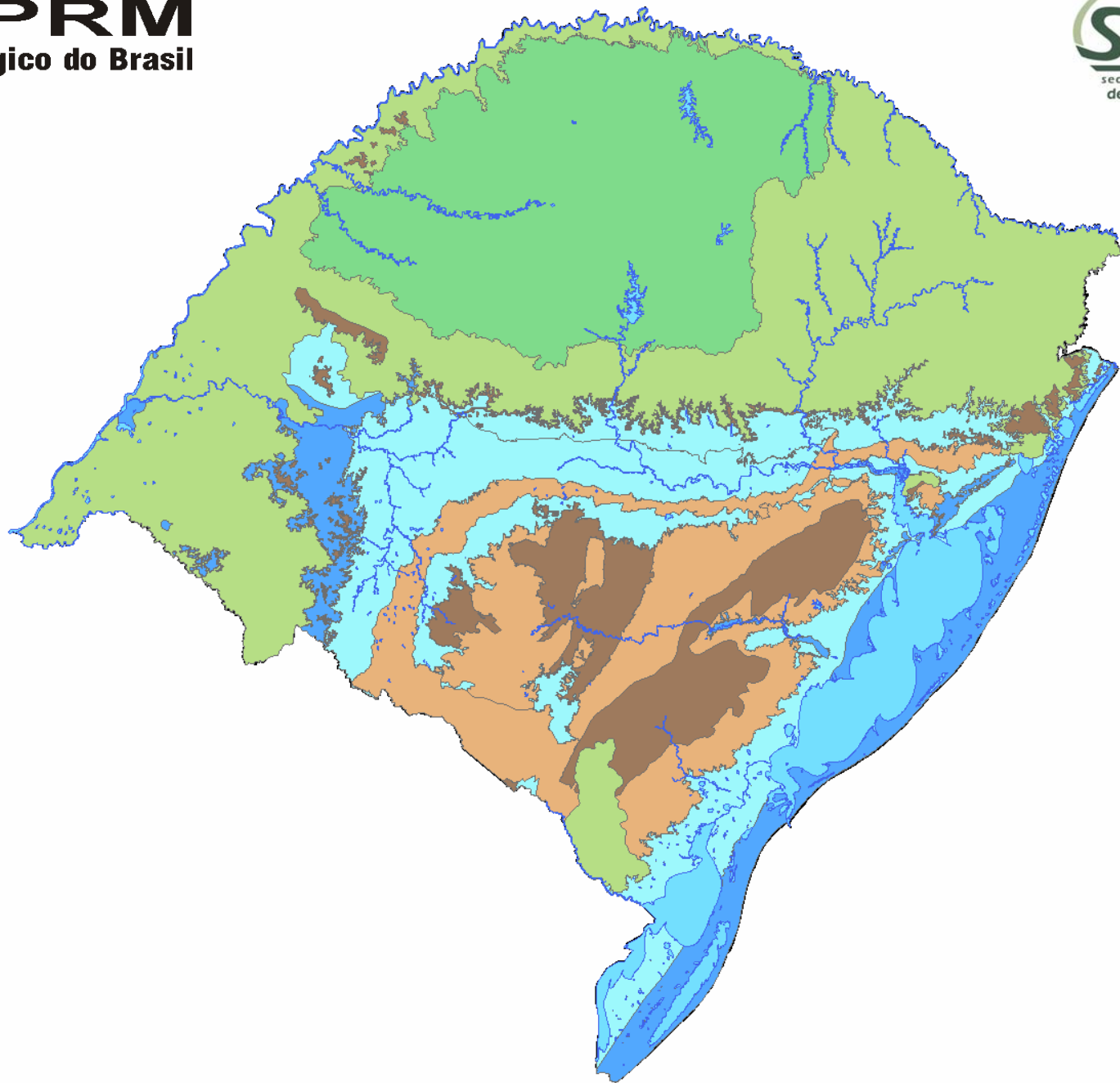












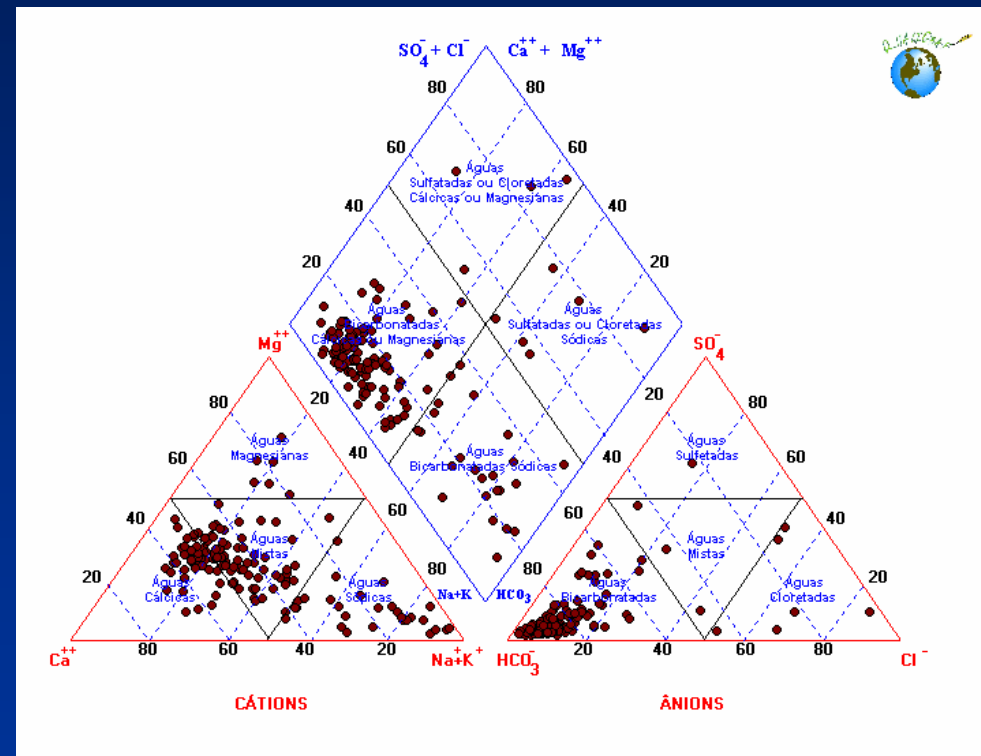
Aspectos de Qualidade de Água

- ◆ O estudo hidroquímico das águas subterrâneas foi realizado objetivando a reunião de um conjunto de dados que, entre outras coisas, possibilitasse a determinação da potabilidade da água para consumo humano e outros usos, como irrigação.
- ◆ A interpretação das análises químicas através de gráficos serviu de base para a definição dos tipos geoquímicos das águas e para lançar luzes sobre a sua potabilidade e evolução geoquímica.
- ◆ Foram coletadas 1682 análises químicas já realizadas anteriormente pelas empresas de saneamento, outros órgãos públicos de fomento e empresas de perfuração de poços tubulares.
- ◆ Também foram realizadas cerca de trinta análises de água pelo Projeto

- ◆ Com pequenas variações nas fichas de análise foram determinados os seguintes parâmetros: alcalinidade de bicarbonatos, alcalinidade de carbonatos e hidróxidos, bicarbonatos, carbonatos, ortofosfato, nitrato, nitritos, Ca, Mg, Na, K, SO₄, Cl, Fe, SiO₂, Mn, F, CO₂ livre, matéria orgânica, dureza, sólidos totais dissolvidos e turbidez.
- ◆ Nos trabalhos de cadastramento de poços no campo foram determinados *in loco* os valores de pH e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C), utilizando-se medidores integrados portáteis. Os valores de condutividade foram automaticamente corrigidos para a temperatura de 25°C, de modo a permitir a comparação entre os valores obtidos nestes pontos de água.

Sistema Aquífero Botucatu/Guará I

- ◆ As águas desse sistema aquífero são classificadas como bicarbonatadas cálcicas a mistas e cloretadas sódicas.
- ◆ Os sólidos dissolvidos totais raramente ultrapassam a 250 mg/l. Na área confinada os sólidos totais dissolvidos variam entre 250 e 400 mg/l.



Sistema Aquífero Botucatu/Guará II

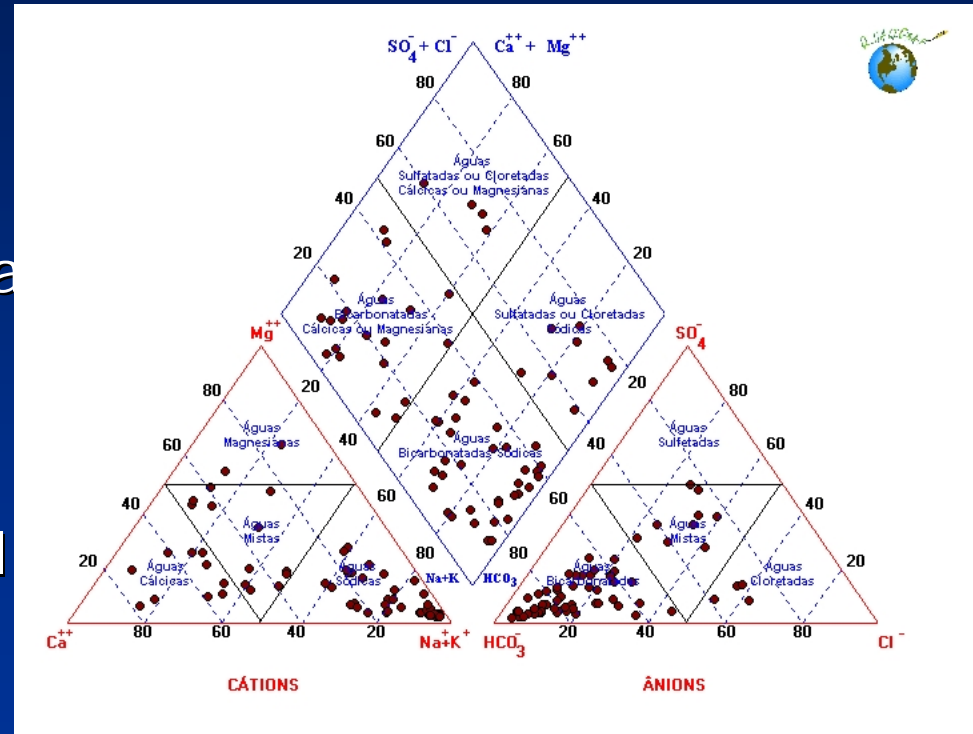
- ◆ águas são também bicarbonatadas e os sólidos totais dissolvidos raramente ultrapassam a 150 mg/l.

Sistema Aquífero Botucatu/Pirambóia

- ◆ as salinidades geralmente são inferiores a 250 mg/l

Sistema Aquífero Santa Maria.

- ◆ águas bicarbonatadas mistas a sódicas e em menor proporção cloretadas sódicas.
- ◆ salinidade varia de 50 a 500 mg/l e, entretanto, em algumas regiões confinadas são encontrados valores superiores a 2.000 mg/l e teores de flúor acima do limite de potabilidade.

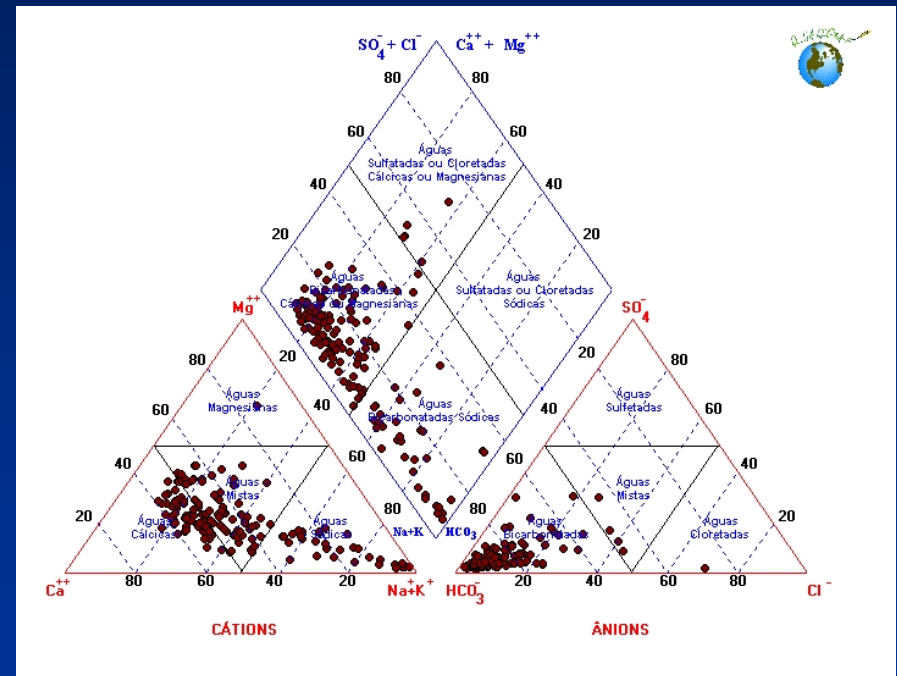


- ◆ **Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I.**
águas variam de bicarbonatadas a cloretadas sódicas. As salinidades são inferiores a 400 mg/l, e eventualmente são encontradas águas cloretadas com maior teor salino.
- ◆ **Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II**
também apresenta águas bicarbonatadas a cloretadas sódicas. Os sólidos totais dissolvidos variam entre 600 e 2000 mg/l.
- ◆ **Sistema Aquífero Quaternário Barreira Marinha** caracteriza-se pelo teor salino muito baixo, em média menor do que 50 mg/l.
- ◆ **Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos**
águas de má qualidade, com grande quantidade de sais dissolvidos, geralmente cloretos e também teores altos de ferro que inviabilizam seu uso para muitos fins.
- ◆ **Sistema Aquífero Quaternário Indiferenciado** as salinidades são baixas, em média 150 mg/l.

- ◆ **Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Pirambóia.**
águas bicarbonatadas mistas a sódicas ou cloretadas sódicas. A salinidade varia de 100 mg/l nas áreas aflorantes a mais de 300 mg/l nas confinadas. Na região central do Estado são encontradas salinidades entre 3.000 e 5.000 mg/l.
- ◆ **Sistema Aquífero Palermo/Rio Bonito.**
As salinidades variam entre 800 e 1.500 mg/l. Em grandes profundidades as águas são salinas com sólidos totais dissolvidos superiores a 10.000 mg/l.

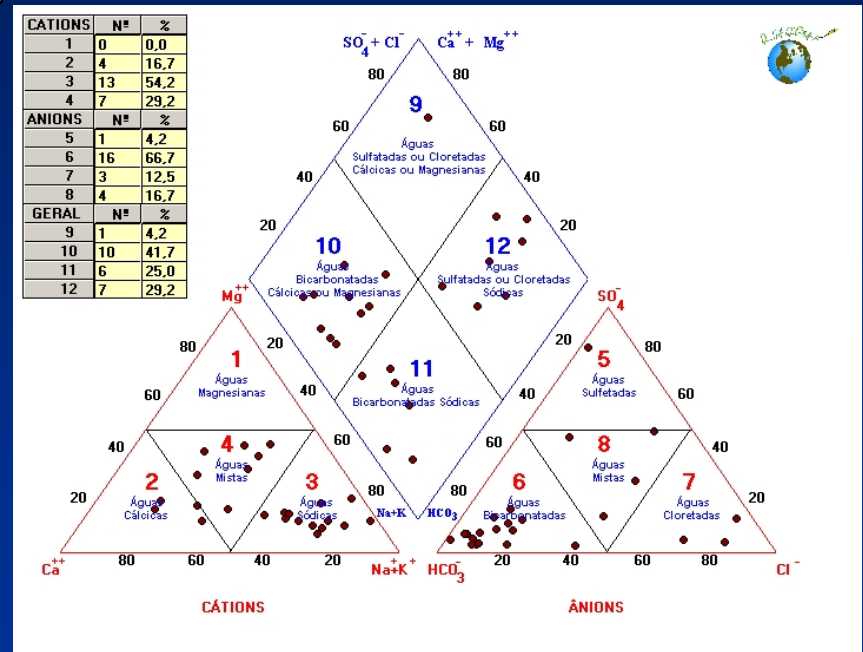
Sistema Aquífero Serra Geral I e II

- ◆ as águas dos poços podem ser agrupadas em bicarbonatadas cálcicas a mistas ou bicarbonatadas sódicas. As salinidades em geral são baixas, em média 200 mg/l. Poços que captam águas mais salinas, sódicas e de elevado pH (entre 9 e 10), provavelmente correspondem a porções do aquífero influenciadas por águas ascendentes do Sistema Aquífero Guarani.



Sistema Aquífero Embasamento Cristalino I e II

- ◆ águas bicarbonatadas mistas a sódicas. As salinidades são muito baixas, com valores raramente superiores a 200 mg/l.
- ◆ As salinidades nas áreas não cobertas por sedimentos de origem marinha são inferiores a 300 mg/l. Poços nas rochas graníticas podem apresentar enriquecimento em flúor.



Evolução Geoquímica das Águas Subterrâneas

- ◆ predomínio das águas do tipo geoquímico bicarbonatado. Os sistemas aquíferos com cálcio e ou magnésio dominantes estão associados a **áreas de recarga ou de circulação recente**. Nos sistemas aquíferos fraturados, correspondem a áreas de recarga através das precipitações pluviométricas. O mesmo ocorre com os aquíferos porosos dos sistemas aquíferos Botucatu/Guará e Santa Maria. 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 de derrames basálticos estas águas podem estar relacionadas com **fluxos ascendentes** das águas que estão armazenadas no Sistema Aquífero Guarani. As características principais destas águas são: pH alcalino, baixa dureza e maiores valores de STD.

- ◆ As águas do tipo cloretado, sódicas, com pH alcalino, baixa dureza e elevado teor de STD estão relacionadas com aquíferos porosos intergranulares, como o sistema aquífero Palermo/Rio Bonito nas águas de **grande confinamento e grande tempo de residência**. Em grandes profundidades estas águas podem apresentar STD superiores a 60.000 mg/l.
- ◆ Águas do tipo geoquímico cloretado, quando associadas ao sistema aquífero Quaternário Costeiro, podem corresponder também a áreas de recarga, pois as **precipitações pluviométricas devido a proximidade do mar** possuem dissolvidas grande quantidade de ânions cloreto e cátions sódio.
- ◆ Águas do tipo geoquímico sulfatado podem ser encontradas no sistema aquífero Palermo/Rio Bonito, que concentram grande quantidade de **minerais sulfetados nas porções carbonosas**. Em geral, representam águas de **grande tempo de residência** no aquífero. Também ocorrem em grandes profundidades no Sistema Aquífero Guarani e nas camadas aquíferas permianas do Rio do Rasto. Ocorrem sempre águas com pH alcalino, a dureza é predominantemente permanente e os teores de sais são mais elevados.

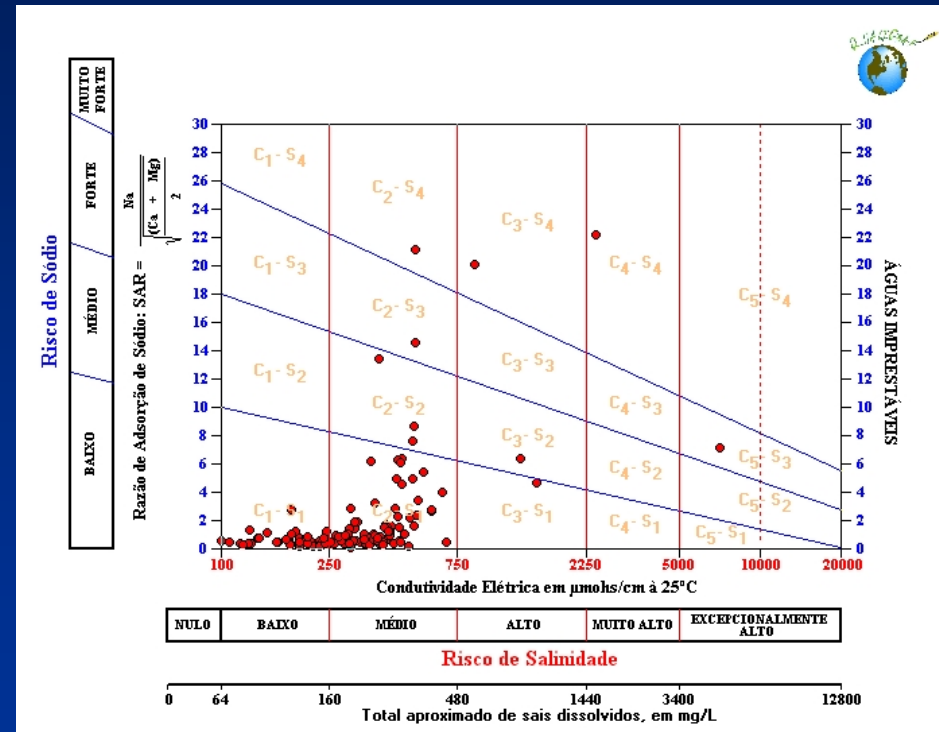
Potabilidade e qualidade das águas para a irrigação

- ◆ Potabilidade
Portaria 518 MS

- ◆ Irrigação

A classificação das águas para fins agrícolas é determinada pela concentração de íons como Na, K, Cl, SO₄, borato e parâmetros como sais dissolvidos, condutividade elétrica. Problema é a salinização do solo e a tolerância de alguns vegetais a estes sais.

Índice SAR



Potabilidade e qualidade das águas para a irrigação

- ◆ Os **Sistemas Aquíferos Botucatu/Guará I Botucatu/Guará II e Botucatu/ Pirambóia**, apresentaram predominantemente águas bicarbonatadas, com 96,8% das amostras no intervalo de águas doces potáveis. Quanto à alcalinização e salinização três amostras foram consideradas imprestáveis e três mostraram risco alto à excepcionalmente alto para irrigação
- ◆ O **Sistema Aquífero Santa Maria** apresenta 90% das amostras com água doce, dentro dos padrões de potabilidade. O restante 10% apresenta-se salobra, sendo que 3 amostras são águas imprestáveis para irrigação e apresentado alto risco de salinização Localmente, na região central do Estado, mais águas podem conter teores excessivos de flúor

Potabilidade e qualidade das águas para a irrigação

- ◆ **Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I** possui 83% de amostras em água doce e 15% de águas salobras que excedem aos limites de potabilidade (figura 17). Algumas amostras apresentaram alto risco de salinização na irrigação.
- ◆ **Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II** possui 14% de águas salobras e 8% de águas salgadas que ultrapassam os limites de potabilidade. Na porção norte desse sistema é mais comum teores excessivos de ferro. Estas águas são impróprias para irrigação.
- ◆ **Sistema Aquífero Quaternário Barreira Marinha** e do **Sistema Aquífero Quaternário Indiferenciado** estão dentro dos padrões de potabilidade e são apropriados para irrigação
- ◆ **Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos do Guaíba** são imprestáveis para todos os fins

Potabilidade e qualidade das águas para a irrigação

- ◆ **Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Pirambóia** apresenta águas de melhor qualidade na região da fronteira oeste do Estado. Na região central especialmente na região de Santa Maria, apresenta teores excessivos de sais, o que inviabiliza seu uso no abastecimento público e na irrigação.
- ◆ **Sistema Aquífero Palermo/Rio Bonito** possui águas potáveis e com possibilidades na irrigação apenas nas regiões onde está a pequena profundidade. Fora dessas regiões são comuns águas intensamente mineralizadas.

Potabilidade e qualidade das águas para a irrigação

- ◆ **Sistemas Aquíferos Serra Geral I e Serra Geral II** foram analisadas conjuntamente, e mostraram uma predominância quase absoluta de águas doces potáveis. Os valores de pH, mais alcalinos, ferro e manganês podem em algumas amostras ultrapassar os limites de potabilidade. Quanto à irrigação cinco amostras apresentaram problema de alcalinização e uma de alcalinização e salinização.
- ◆ **Sistema Aquífero Embasamento Cristalino I** apresentou 79% das amostras em águas doces dentro dos limites de potabilidade. Em algumas áreas onde ocorre sedimentos deltaicos e lagunares sobre as rochas cristalinas, as águas podem estar mineralizadas com problemas de potabilidade. São comuns teores de flúor que eventualmente ultrapassam os limites recomendáveis de potabilidade.

Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

- ◆ classificação genérica a partir das condições hidrogeológicas dos aquíferos e observações litológicas que indicam, aproximadamente, os prováveis valores qualitativos de porosidade / permeabilidade dos aquíferos e sua conseqüente probabilidade de contaminação.

AQUÍFEROS POROSOS

- ◆ Sistema Aquífero Botucatu/Guará I
- ◆ Sistema Aquífero Santa Maria
- ◆ Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I
- ◆ Sistema Aquífero Quaternário Barreira Marinha
- ◆ Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos
- ◆ Sistema Aquífero Quaternário Indiferenciado
- ◆ litologias arenosas predominantemente médias a grossas, com altos valores de porosidade, permeabilidade e vazão nos poços. Alta vulnerabilidade à contaminação nas porções mais superficiais dos aquíferos. No Sistema Aquífero Santa Maria, nas áreas confinadas por litologias argilosas e siltosas, a vulnerabilidade é baixa à média

AQUÍFEROS POROSOS

- ◆ Sistema Aquífero Botucatu/Guará II
- ◆ Sistema Sanga do Cabral/Pirambóia
- ◆ Sistema Aquífero Botucatu/Pirambóia
- ◆ Sistema Aquífero Palermo/Rio Bonito
- ◆ Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II
- ◆ litologias arenosas finas siltosas e argilosas intercaladas, com menores valores de porosidade, permeabilidade. Todos esses sistemas apresentam uma vulnerabilidade média à contaminação em suas porções mais superficiais. As unidades hidroestratigráficas que confinam a unidade hidroestratigráfica Rio Bonito correspondem aos aquíferos permianos que apresentam vulnerabilidade baixa.

AQUÍFEROS FRATURADOS

- ◆ Sistema Aquífero Serra Geral I
- ◆ Sistema Aquífero Serra Geral II
- ◆ Sistema Aquífero Embasamento Cristalino I
- ◆ O sistema aquífero basáltico é constituído por lavas ácidas e básicas, e apresenta porosidade predominantemente por fraturas. Esta característica confere ao sistema uma vulnerabilidade alta a média à contaminação. Nos locais onde é mais fraturado e, portanto, mais vulnerável ele apresenta também espessos solos argilosos, importante barreira para a poluição.
- ◆ O sistema do embasamento é constituído por rochas graníticas, gnáissicas, etc, que apresentam apenas porosidade por fraturas que lhe conferem alta vulnerabilidade, porém, em geral, devido à sua localização, pequeno risco de contaminação.

AQUÍFEROS FRATURADOS

- ◆ Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II
- ◆ Sistema Aquífero Basalto/Botucatu
- ◆ Sistema Aquífero Serra Geral III
- ◆ Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III
- ◆ Aquíferos Permianos
- ◆ Aquíferos Eo-Paleozóicos
- ◆ sistemas incipientemente fraturados ou com predominância de litologias argilosas, sendo aquíferos de menor importância ou então aquíferos e aquíferos. A existência de um menor fraturamento, além de diminuir a potencialidade aquífera revela que estes sistemas possuem baixa vulnerabilidade à contaminação e apenas em alguns locais, por exemplo, mais urbanizados ou de deposição de resíduos sólidos pode existir algum risco de contaminação.

Conclusões

- ◆ O mapa hidrogeológico traduz-se em um trabalho técnico-científico moderno e inédito, realizado com os padrões de legenda internacional (IAH), que reúne as informações hidrogeológicas básicas do Estado do RS;
- ◆ O mapa digital aliado ao banco de dados de poços tubulares compõe um dinâmico SIG dos recursos hídricos subterrâneos do RS;
- ◆ Vai propiciar um gerenciamento qualificado dos recursos hídricos subterrâneos;
- ◆ Auxílio à tomada de decisões na outorga
- ◆ Problemas de contaminação estão restritos aos poços mal construídos e abandonados;

- ◆ **Grandes vazões podem ser obtidas em poços em algumas áreas do Sistema Aquífero Guarani e na região litorânea;**
- ◆ **O Sistema Aquífero Guarani ocorre em 55% da área do estado do Rio Grande do Sul, apresentando grande diversidade de potencialidade e qualidade das águas;**
- ◆ **Boa possibilidade para irrigação na maioria dos aquíferos, exceto alguns com salinização das águas;**
- ◆ **Teores elevados de flúor são restritos à algumas porções de aquíferos;**

Sugestão

- ◆ Grande dificuldade de se enquadrar a água subterrânea
- ◆ Classificar segundo critério químico (adotando tabelas consagradas na literatura) levando em conta também a característica do sistema aquífero e sua relação dentro do ciclo hidrológico
- ◆ No RS sugestão: trabalhar com **possibilidade** para ocorrência de água subterrânea