

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS FRATURADOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Pedro Antônio Roehe Reginato¹ & Adelar José Strieder²

Resumo - O presente trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidrogeológica e hidrodinâmica do aquífero fraturado da Formação Serra Geral. A área de estudo localiza-se na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e em parte da bacia hidrográfica Taquari-Antas, abrangendo um total de onze municípios. Foram analisados dados de 690 poços tubulares onde foram identificados dados sobre a profundidade dos poços, posição do nível estático, número de entradas de água, vazão e os parâmetros de transmissividade e capacidade específica. Com essa análise, foi efetuada uma caracterização geral para o sistema aquífero, bem como uma caracterização detalhada para onze regiões abrangidas pelos municípios. Nesse caso, observou-se que cada região possui comportamento diferenciado e apresenta potencialidades diferentes.

Abstract - This paper aims to present the hydrogeological and hydrodynamic characterization of the fractured aquifer of *Serra Geral* Formation. The study area is situated in the Northeastern region of the state of Rio Grande do Sul and in part of the hydrographic basin *Taquari-Antas*, enclosing a total of nine cities. Data from 690 tubular wells have been analyzed where they have been identified given on depth of wells, position of static level, number of water entrances, outflow and parameters of transmissivity and specific capacity. With this analysis a general characterization for the aquifer system was effected as well as a detailed characterization for nine regions enclosed by the cities. In this in case, it was observed that each region has differentiated behavior and different potentialities.

Palavras-Chave - Hidrodinâmica de Aquíferos Fraturados; Aquíferos Fraturados; Aquífero Serra Geral.

¹ Universidade de Caxias do Sul (UCS) / Centro de Ciências Exatas da Natureza e Tecnologia (CENT) – Departamento de Ciências Exatas e da Natureza (DCEN) – Alameda João dal Sasso, 800 – Bento Gonçalves/RS – CEP 95.700-000 – Tel. (54) 452-1188 e-mail: parregin@ucs.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Escola de Engenharia (EE) – Departamento de Engenharia de Minas (DEMIN) – Av. Osvaldo Aranha, 99 Sala 502B – Porto Alegre/RS – CEP 90.035-190 – adelir@ufrgs.br

INTRODUÇÃO

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, consiste numa das áreas de maior desenvolvimento do estado, caracterizada por um elevado grau de urbanização, densidade demográfica de 40ha/km² e taxas de crescimento populacional altas. As principais atividades econômicas estão associadas ao setor industrial (pólo metal-mecânico do estado) e ao setor agropecuário (Leite; Haase, 1999).

Em função dessas características, a utilização da água subterrânea nos diferentes setores passa a ser cada vez mais importante, visto que os recursos hídricos superficiais em algumas áreas são escassos e em outras estão no limite de capacidade de produção.

A importância da utilização da água subterrânea na região pode ser evidenciada ao analisarmos a quantidade de municípios que dependem desses recursos para o abastecimento da população (caso de Flores da Cunha, Nova Roma, Nova Pádua, Monte Belo do Sul, entre outros). Além disso, se levarmos em conta o abastecimento das populações rurais veremos que quase todas as comunidades são abastecidas por recursos hídricos subterrâneos (através de poços tubulares, fontes ou poços cacimbas). Além disso, a região possui um alto índice de crescimento industrial evidenciando ainda mais a necessidade de utilização dos recursos hídricos subterrâneos.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidrogeológica do aquífero fraturado, visando apresentar dados concretos sobre o sistema aquífero fraturado Serra Geral e suas reais potencialidades. Os dados apresentados nesse trabalho resultaram do desenvolvimento de um projeto de pesquisa desenvolvido por Reginato (2003) na região de estudo.

LOCALIZAÇÃO

A área abrangida nesse trabalho está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, compreende parte da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e envolve a área de onze municípios (Veranópolis, Cotiporã, Bento Gonçalves, Farroupilha, Caxias do Sul, Flores da Cunha, São Marcos, Nova Pádua, Nova Roma do Sul, Monte Belo do Sul e Antônio Prado – Figura 1).

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Na área de estudo há a ocorrência de uma seqüência de rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral. As principais litologias são representadas por basaltos toleíticos, andesitos, riodacitos, riolitos e dacitos (Radam/Brasil, 1986; Roisenberg, 1990).

Conforme levantamento realizado pela CPRM (1998), ocorrem dois tipos principais de litologias na área de estudo: basaltos do tipo Gramado e vulcânicas ácidas do tipo Palmas/Caxias.

Segundo Reginato (2003) a região é caracterizada por uma seqüência de rochas vulcânicas ácidas e básicas dispostas em nove derrames principais. As rochas básicas são representadas por basaltos e constituem seis derrames de lavas principais (a estruturação primária consiste de zonas maciças, de disjunção vertical e por zonas vesiculares a amigdalóides intercaladas por brechas vulcânicas). Já as rochas ácidas são caracterizadas pela presença de riodacitos, dacitos, riolitos e vidros vulcânicos e formam três derrames principais (a estruturação primária é marcada por zonas basais, de disjunção horizontal, zonas vesiculares a amigdalóides e de brechas vulcânicas).

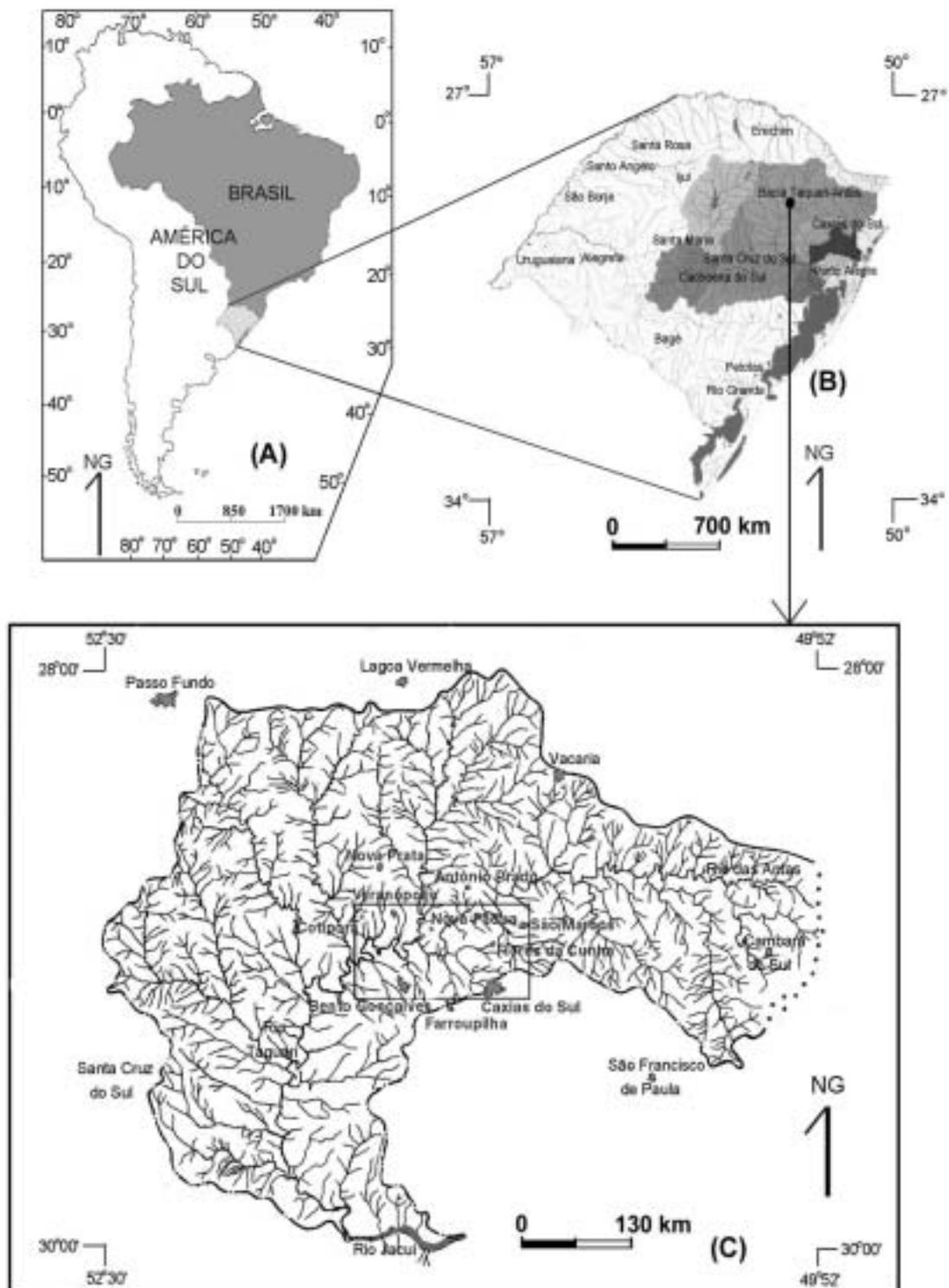


Figura 1 – Localização da área de estudo e relação com a bacia hidrográfica Taquari-Antas

Reginato (2003) também evidenciou a presença de um forte controle tectônico, marcada pela atuação de dois campos tensionais principais (o primeiro campo tensional tem direção de compressão σ_1 horizontal de orientação 082° e uma direção de tração σ_3 horizontal de orientação 352° ; o segundo campo possui orientação de compressão σ_1 igual a 174° e uma direção de tração igual a 264°), que foram responsáveis pela geração das estruturas tectônicas existentes na área.

As estruturas tectônicas passam a ser o principal condicionante dos aquíferos fraturados, sendo que as estruturas primárias apresentam um grau de importância mais reduzido, visto que as condições de circulação e armazenamento de água são mais restritas.

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Com relação ao Estado do Rio Grande do Sul, a área de estudo está inserida na província hidrogeológica denominada de “Província Basáltica” (Hausman, 1995).

Conforme Lisboa (1993, 1996) a área está inserida na unidade morfotectônica denominada de Fachada Atlântica e nas unidades hidrogeológicas denominadas de Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas. A primeira unidade é caracterizada por rochas ígneas vulcânicas ácidas associadas a um relevo pouco dissecado e a um manto de alteração de espessura média. Os lineamentos são de médio a pequeno porte com orientação preferencial para nordeste. Essa unidade possui um bom potencial com relação a presença de aquíferos fraturados. A segunda unidade apresenta um relevo com grau de dissecção forte, solos com pequena espessura e lineamentos de pequeno a médio porte, o que a torna uma área com baixo potencial de ocorrência de aquíferos fraturados.

Na área de estudo há a ocorrência de dois sistemas de aquíferos, um denominado de livre ou freático e outro de fraturado (Reginato, 2003).

O primeiro sistema está localizado no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas e possui como principais condicionantes os seguintes fatores: solo (tipo e espessura), relevo, litologia (tipo e estruturação primária) e clima. As águas subterrâneas desse sistema são captadas por meio de poços escavados (poços cacimba) ou através de fontes (bastante comuns na região em função da topografia). Essas águas são utilizadas para abastecimento público, doméstico e no desenvolvimento de atividades agropecuárias, nas zonas rurais.

O segundo sistema está localizado nas rochas vulcânicas sendo seu principal condicionante as estruturas tectônicas. Os condicionantes secundários consistem na estruturação primária da rocha, o relevo e o solo (tipo e espessura). A formação e circulação da água subterrânea nesse sistema aquífero está diretamente relacionada com a estruturação tectônica (presença de fraturas, zonas de fraturas) e, em segundo plano, com a estruturação primária da rocha. Assim, esse aquífero é caracterizado por uma forte anisotropia responsável por vazões variáveis e por capacidades específicas, em geral baixas. A forma de captação das águas subterrâneas desse aquífero ocorre por meio de poços tubulares.

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO AQUÍFERO FRATURADO

O sistema aquífero fraturado da Formação Serra Geral foi caracterizado com base na análise de dados de poços tubulares construídos pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento), pelo PAP/SDO (Programa de Açudes e Poços da Secretaria de Desenvolvimento e Obras do Estado do Rio Grande do Sul), pela Secretaria de Agricultura, pelo SAMAE (Sistema Autônomo Municipal de Águas e Esgotos de Caxias do Sul) e por empresas privadas de perfuração. Os dados analisados corresponderam a situação atual do poço (produtivo, abandonado, nulo), uso, perfil construtivo, perfil geológico, memória de cálculo de vazão e parâmetros hidrodinâmicos, entre outros dados.

Os poços identificados foram cadastrados em campo, onde foram obtidas coordenadas UTM para sua localização (as coordenadas foram obtidas com a utilização de GPS). Os dados técnicos obtidos no cadastramento, mais as informações coletadas em campo, foram utilizadas para a alimentação de um banco de dados. Para isso, foi elaborado um programa denominado de CADPO (Cadastro de Poços Tubulares), onde estes dados foram armazenados.

Caracterização Geral do Sistema Aquífero Fraturado

Analisando-se os dados armazenados no programa CADPO, pode-se observar que foram cadastrados 690 poços tubulares, sendo sua situação atual apresentada na Tabela 1. Cabe salientar que esse número não corresponde a realidade, pois há uma grande quantidade de poços tubulares perfurados por empresas privadas que não foram cadastrados, já que as informações sobre os mesmos não foram fornecidas por essas empresas.

Tabela 1 – Situação atual dos poços tubulares na região de estudo

Situação Atual dos Poços	Produtivos	Abandonados Pouca Vazão	Abandonados Contaminação	Nulos	
Número de Poços Cadastrados = 690	569	11	5	105	
Situação Atual de Uso	Público	Doméstico	Industrial	Agrícola	Recreação
Número de Poços Cadastrados = 585	365	38	145	29	8

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que na região há uma grande quantidade de poços produtivos e um número significativo de poços nulos, mostrando a complexidade da prospecção dos aquíferos fraturados na região. Além disso, observa-se que a

maior parte dos poços perfurados é utilizada para abastecimento público (urbano e rural), seguido pelas indústrias (regiões de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Flores da Cunha e Farroupilha correspondem às regiões que mais utilizam esse recurso subterrâneo no setor industrial), pelo setor doméstico (abastecimento de famílias rurais), pelo setor agrícola e pelo ramo de recreação. Outro fator que fica constatado é que os municípios de Monte Belo do Sul, Nova Pádua, Nova Roma, Flores da Cunha e Antônio Prado possuem abastecimento público exclusivo de poços tubulares.

A quantidade de água captada pelos poços tubulares foi definida através da análise de testes de vazão de 283 poços (foram selecionados poços que possuíam testes de vazão de 24 horas e memória de cálculo para análise). Identificou-se com esse estudo que 72,1% dos poços tubulares apresentam vazões abaixo de 10 m³/h, 12,7% possuem vazões entre 10 e 15 m³/h, 5,9% entre 15 e 20 m³/h e 9,3% apresentam vazões acima de 20 m³/h.

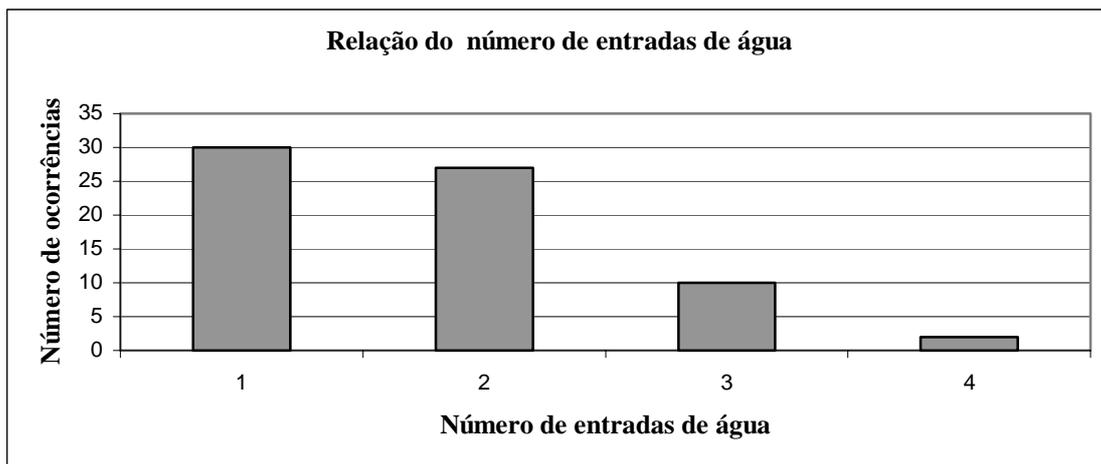
Caracterização Hidrodinâmica Geral do Sistema Aquífero Fraturado

Para a caracterização hidrodinâmica foram utilizados dados de 252 poços tubulares construídos pela CORSAN e pelo PAP/SDO, pois para esses poços havia um número maior de informações hidrogeológicas.

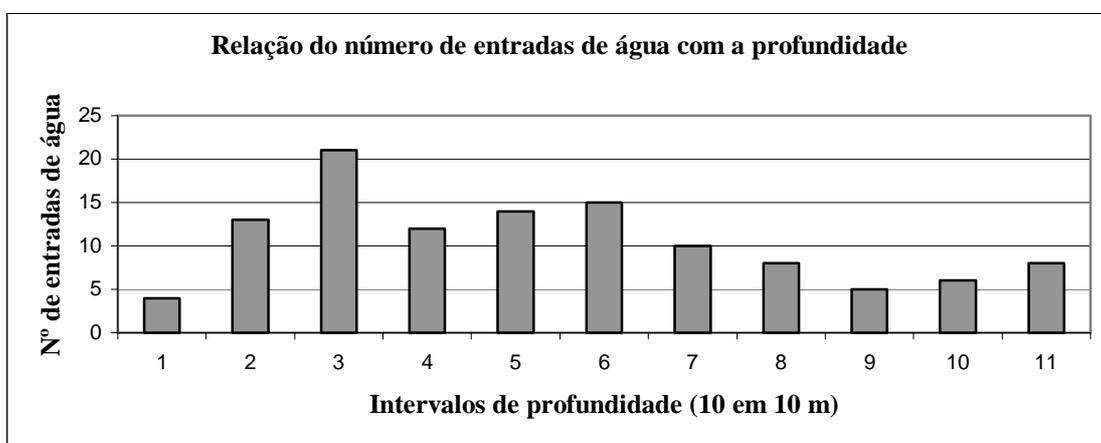
Com a análise dos dados hidrogeológicos, observou-se que o sistema aquífero fraturado é condicionado, principalmente, por estruturas representadas por lineamentos de diferentes portes. A circulação da água subterrânea ocorre ao longo do sistema de fraturas que, quando conectadas, fazem com que a mesma seja difusa, caracterizando um sistema anisotrópico.

A recarga do sistema aquífero é realizada de duas formas principais. A primeira é feita através do manto de alteração, que proporciona a infiltração de águas pluviais e alimenta os sistemas de fraturas. A segunda forma de recarga ocorre em regiões de relevo mais dissecado, caracterizada pela presença de vales profundos. Nessas regiões, há o favorecimento da circulação vertical das águas do aquífero Guarani e das águas do aquífero fraturado. Isso ocorre se o sistema estrutural permitir a conexão entre os aquíferos e, conseqüentemente, a circulação e a mistura das águas.

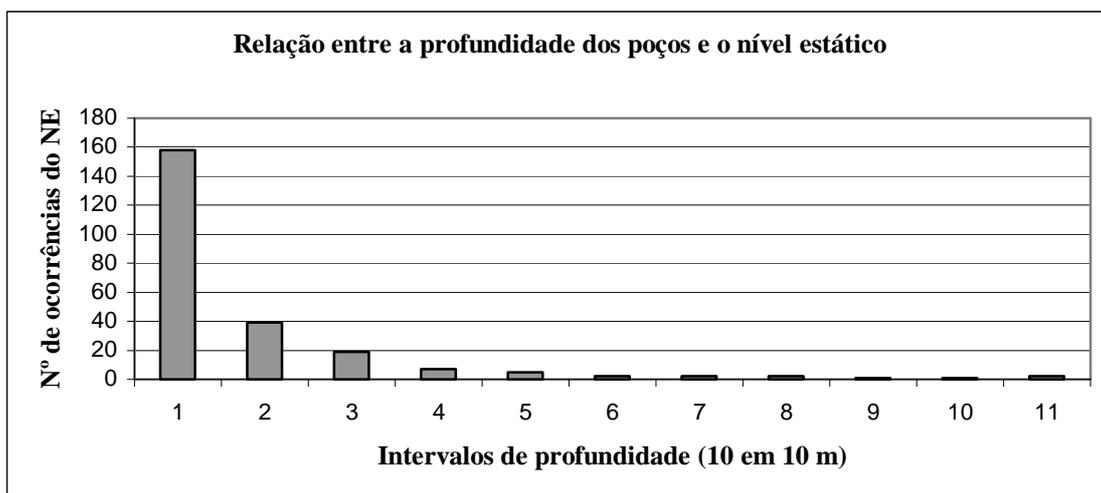
O aquífero fraturado foi caracterizado com base nos seguintes dados e parâmetros hidrogeológicos: profundidade dos poços produtivos e nulos, número de entradas de água, profundidade das entradas de água, posição do nível estático, valores de transmissividade e capacidade específica (Figura 2).



(a)



(b)



(c)

Figura 2 – Dados sobre número de entradas de água (a), relação de entradas de água com a profundidade (b) e relação do nível estático com a profundidade (c).

A profundidade média dos poços produtivos na região de estudo é de 110 metros, enquanto que os poços nulos apresentam profundidades médias em torno de 150 metros. Essa profundidade média destaca os critérios adotados por profissionais que desenvolvem atividades voltadas a prospecção de poços tubulares. Por exemplo, Giardin (1997) considera a profundidade de 120 metros como máxima durante os processos de perfuração (o aprofundamento do poço dependerá das condições geológicas). Já, Hausman (1995) considera que, em profundidades superiores a 140 metros já há uma diminuição da circulação de água em função da pressão do maciço. No entanto, observa-se, na região, a existência de poços produtivos com profundidades acima de 150 metros e, em alguns casos, acima de 200 metros.

A análise das entradas de água identificadas na perfuração dos poços tubulares mostra que a maior parte deles apresenta uma (43,5%), ou duas (39,1%) entradas de água. A ocorrência de três (14,5%) ou quatro (2,9%) entradas de água se dá em proporções menores. Além disso, a comparação entre a ocorrência de entradas de água com a profundidade mostra que, no intervalo de profundidade entre 10 e 70 metros, há o maior número de ocorrências. Nesse caso, a localização das entradas de água tem relação com o sistema estrutural, pois dependendo do tipo de estrutura (fraturas, zonas de fraturas), mergulho das mesmas e da posição do poço haverá diferentes números de entradas de água.

O nível estático identificado nos poços tubulares também apresentou variação com relação a profundidade. Nesse caso, 66,4% dos poços apresentaram o nível na profundidade entre 0 e 10 metros, 16,4% no intervalo de 10 a 20 metros, e acima de 20 metros houve uma menor ocorrência desses níveis. Essa relação evidencia que a circulação da água nos sistema de fraturas ocorre sobre pressão, fato mais fortemente marcado quando da ocorrência de artesianismo.

As transmissividades médias (T_m) obtidas foram de $0,4931 \text{ m}^2/\text{h}$, sendo a média das mínimas igual a $0,1325 \text{ m}^2/\text{h}$ e a média das máximas igual a $1,4578 \text{ m}^2/\text{h}$. Já o parâmetro capacidade específica (q) apresentou valores médios de $0,3954 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, sendo os valores mínimos iguais a $0,106 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e os máximos igual a $1,1663 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Essa variabilidade encontrada nos valores de transmissividade e de capacidade específica está de acordo com o tipo de aquífero, no caso fraturado, pois esses parâmetros refletem a sua forte anisotropia.

Caracterização Hidrodinâmica por Região do Sistema Aquífero Fraturado

Com o objetivo de promover uma caracterização para cada uma das regiões estudadas e visando determinar as potencialidades do sistema aquífero fraturado nas diferentes regiões, foi realizada um detalhamento de cada município envolvido (Figura 3). Nesse caso, os dados e parâmetros analisados estão relacionados com os seguintes parâmetros: profundidade, nível estático,

vazão, transmissividade e capacidade específica. Os resultados encontrados podem ser visualizados na Tabela 2.

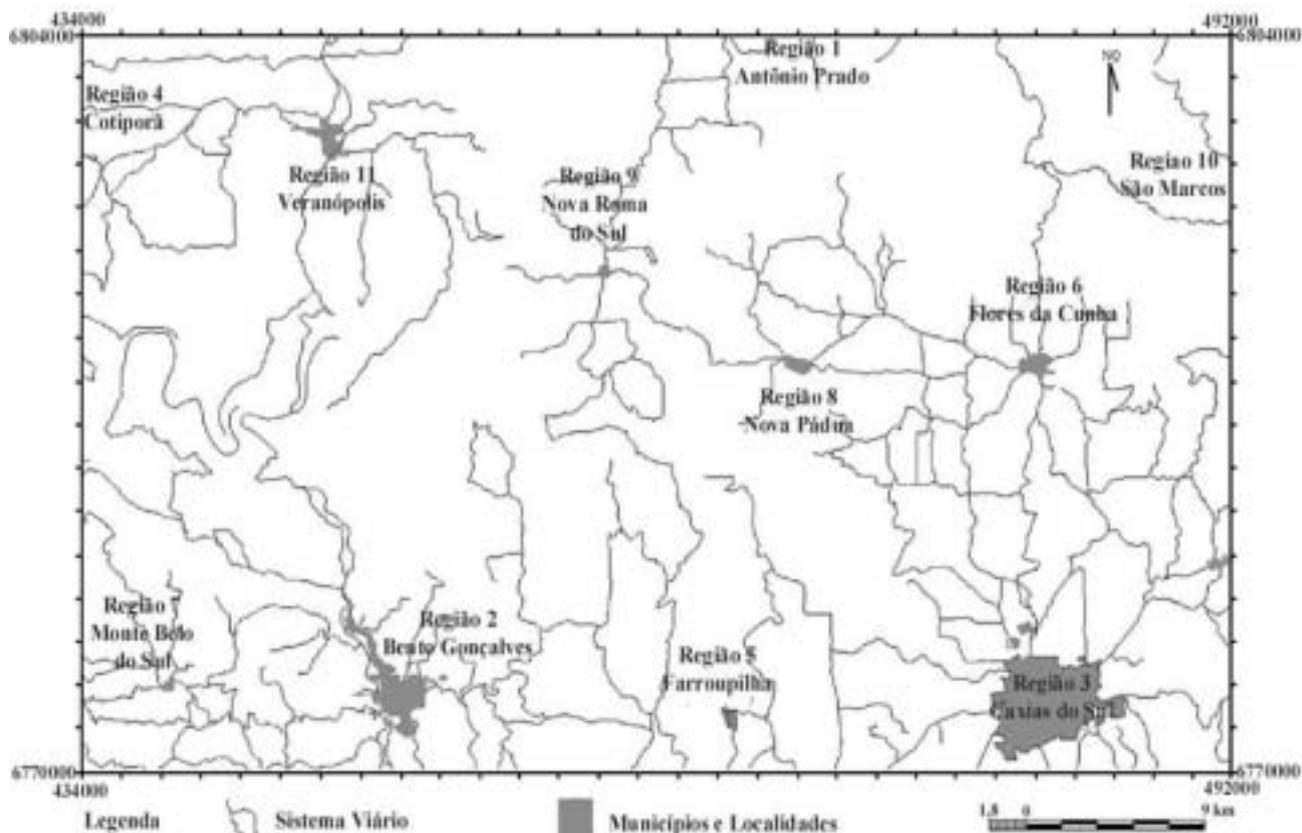


Figura 3 – Regiões envolvidas na caracterização hidrogeológica e hidrodinâmica.

Analisando os dados apresentados na Tabela 2, observa-se que os valores de profundidades médias dos poços estão próximos da média geral da região. O número de entradas de água também apresenta relação com a média geral, sendo que exceções podem ser feitas para algumas regiões, onde há o predomínio de duas entradas sobre uma. Além disso, ficou evidenciado que, em quase todas as regiões, o nível estático está localizado no intervalo de 0 a 10 metros (como exceção pode-se citar as regiões de Cotiporã (4) e Nova Roma do Sul (9), onde o intervalo predominante foi dos 10 aos 20 metros).

A análise dos dados hidrogeológicos relacionados às vazões, à transmissividade e à capacidade específica mostra a existência de diferenças importantes de uma região para outra (Figura 4). Nesse caso, a região de Farroupilha (5) apresenta a maior ocorrência de vazões acima de 20m³/h. A região de Flores da Cunha (6), Bento Gonçalves (2) e Antônio Prado (1) também apresentam um número considerável de ocorrências de vazões acima de 20m³/h, apesar da predominância das vazões estar no intervalo de 0 a 10 m³/h. Nas demais áreas, o principal intervalo de ocorrência de vazões situa-se entre 0 e 10m³/h, com exceção feita para a região de Nova Roma do Sul, onde o intervalo de 10 a 20 m³/h está relacionado com um número maior de ocorrências.

A transmissividade é outro parâmetro que evidencia uma diferenciação para cada uma das regiões estudadas. Nesse caso a região de Farroupilha (5) apresenta os maiores valores, sendo que em ordem decrescente aparecem as regiões de Bento Gonçalves (2), Antônio Prado (1), Caxias do Sul (3), Flores da Cunha (6) e São Marcos (10). Essa mesma seqüência pode ser identificada quando o parâmetro capacidade específica é analisado (Figura 5).

Tabela 2 – Características hidrogeológicas e hidrodinâmicas para cada uma das regiões estudadas

Região Município	Nº de Poços	Prof. (m)	Entradas de água	Nível Estático	Vazão (m³/h)	T (média) (m²/h)	q (média) (m³/h/m)
Região 1 Antônio Prado	23	123,32	n.i.	0 a 10 m (56,5%)	0-10 (56,5%) >20 (26,1%)	0,7493	0,5995
Região 2 Bento Gonçalves	59	91,19	1 (23,8%) 2 (71,4%)	0 a 10 m (62%)	0-10 (72,9%) >20 (16,9%)	0,7736	0,6221
Região 3 Caxias do Sul	22	101,49	1 (36,4%) 2 (27,3%)	0 a 10 m (78,9%)	0-10 (77,3%) >20 (4,5%)	0,728	0,582
Região 4 Cotiporã	6	105	1 (80%) 2 (20%)	10 a 20 m (50%)	0-10 (100%)	0,2183	0,174
Região 5 Farroupilha	40	117,43	1 (77,8%) 2 (11,1%)	0 a 10 m (71%)	0-10 (32,5%) >20 (40%)	1,4578	1,1663
Região 6 Flores da Cunha	39	113,82	1 (50%) 2 (31,3%)	0 a 10 m (71,4%)	0-10 (51,3%) >20 (23,1%)	0,4293	0,3433
Região 7 Monte Belo	8	116,57	n.i.	0 a 10 m (71,4%)	0-10 (62,5%) >20 (0%)	0,1901	0,1521
Região 8 Nova Pádua	13	111,08	n.i.	0 a 10 m (83,3%)	0-10 (76,9%) >20 (7,7%)	0,1483	0,1246
Região 9 Nova Roma	8	101	n.i.	0 a 20 m (75%)	0-10 (37,5%) >20 (12,5%)	0,2423	0,1983
Região 10 São Marcos	17	110,62	1 (50%) 2 (50%)	0 a 10 m (87,5%)	0-10 (82,4%) >20 (5,9%)	0,3529	0,2811
Região 11 Veranópolis	17	110,26	n.i.	0 a 10 m (68,4%)	0-10 (76,5%) >20 (0%)	0,1325	0,106

A comparação entre os parâmetros hidrogeológicos e as diferentes regiões de estudo evidencia a existência de uma estruturação diferenciada do sistema aquífero fraturado para cada

uma das áreas estudadas. Embora exista um número diferente de poços tubulares cadastrados que foram utilizados nesse estudo, há uma tendência estatística forte que marca essa diferenciação.

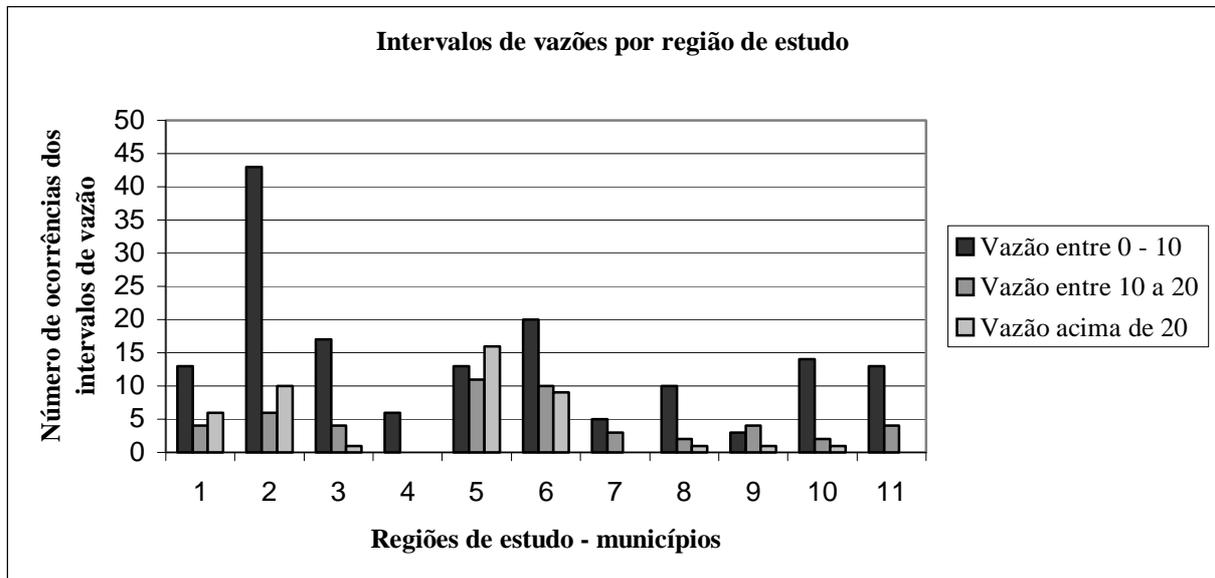
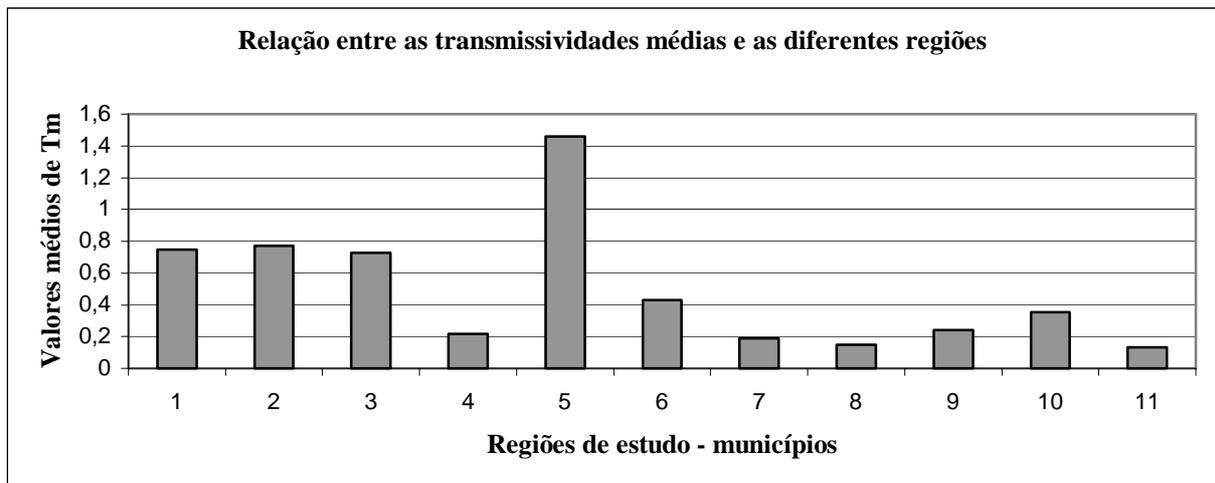
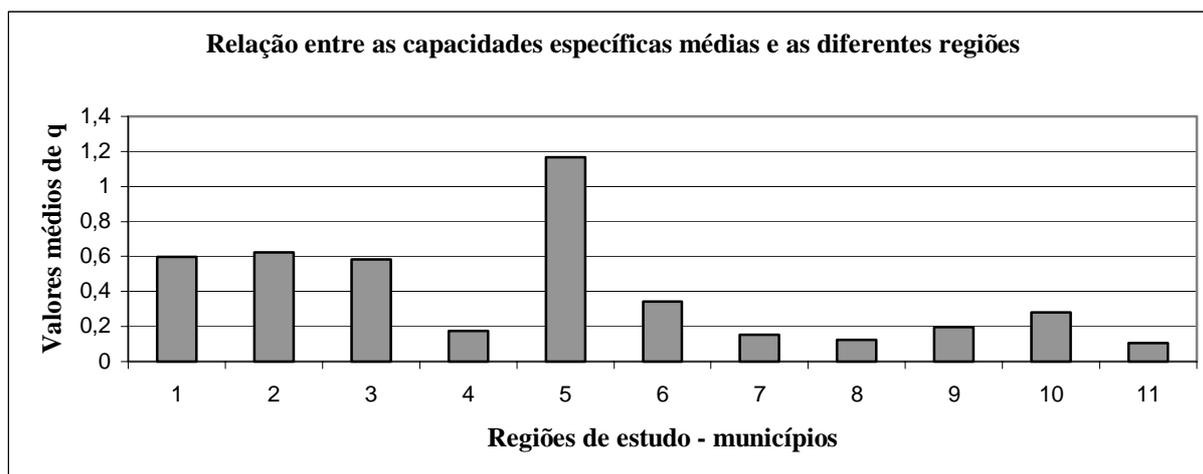


Figura 4 – Relação entre os intervalos de vazão e as diferentes regiões



(a)



(b)

Figura 5 – Relação entre os valores de transmissividade média (a) e capacidade específica (b) e as diferentes regiões de estudo.

O fato das regiões apresentarem comportamentos hidrogeológicos e hidrodinâmicos diferenciados possui ligação direta com os fatores condicionantes dos aquíferos fraturados da Formação Serra Geral. Segundo Reginato (2003), na região, os fatores condicionantes correspondem ao sistema estrutural, litologia, relevo e solos. Assim, dependendo das características dos fatores condicionantes nas diferentes regiões haverá comportamentos hidrogeológicos e hidrodinâmicos diferenciados.

POTENCIALIDADES DO SISTEMA AQUIFERO FRATURADO

A análise da caracterização hidrogeológica e hidrodinâmica comprova a existência de comportamentos diferenciados do sistema aquífero fraturado dependendo da região analisada. Essa diferenciação está relacionada basicamente com os fatores condicionantes dos aquíferos fraturados. Nesse caso dependendo das características do sistema estrutural (tipo de estrutura e orientação), da litologia (tipo de rocha e estruturas primárias associadas), do relevo (grau de dissecação) e dos solos (tipologia) haverá um comportamento hidrogeológico associado (Reginato, 2003).

Nesse caso, a potencialidade do sistema aquífero fraturado estará relacionada com o comportamento hidrogeológico e hidrodinâmico que uma determinada região irá apresentar. Assim, a região de Farroupilha (5) apresenta-se como destaque, visto que possui a melhor relação entre os condicionantes geológicos. No entanto, deve-se enfatizar que essa região possui comportamentos hidrogeológicos e hidrodinâmicos diferenciados, dependendo da área analisado. Assim, no estudo de locação de poços é necessário efetuar a análise dos fatores condicionantes existentes na área de interesse.

Na Tabela 3 estão dispostos os graus de potencialidades das diferentes regiões, tendo como base a análise dos condicionantes do sistema aquífero fraturado e as características hidrogeológicas e hidrodinâmicas.

Tabela 3 – Relação entre a potencialidade do sistema aquífero fraturado e as diferentes regiões

POTENCIALIDADES	REGIÕES
Alta	Farroupilha (5), Flores da Cunha (6), Antônio Prado (1) e Bento Gonçalves (2)
Média	Caxias do Sul (3) e São Marcos (10)
Baixa	Cotiporã (4), Monte Belo do Sul (7), Nova Pádua (8), Nova Roma do Sul (9) e Veranópolis (11)

CONCLUSÕES

O sistema aquífero fraturado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul possui grande importância, visto que o mesmo é utilizado para abastecimento público (urbano e rural), desenvolvimento de atividades industriais e agrícolas e no setor de recreação. Muitos municípios dependem totalmente dos recursos subterrâneos para o abastecimento da população.

As características do sistema aquífero fraturado na região evidenciam a existência de um sistema com forte anisotropia marcada pelas diferentes características hidrogeológicas e hidrodinâmicas apresentadas. Dependendo da região analisada o comportamento do sistema aquífero fraturado varia, pois os parâmetros, transmissividade, capacidade específica e vazão apresentam valores diferenciados. Essa diferenciação dos parâmetros está diretamente relacionada com os fatores condicionantes dos aquíferos existente numa determinada região, o que acaba por ter influência no grau de potencialidade. Assim, para a definição da potencialidade de uma área devem ser analisados os fatores condicionantes existentes na região.

Com base na caracterização hidrogeológica e hidrodinâmica realizada para onze regiões ficou evidenciada que a área de Farroupilha possui a maior potencialidade, visto que os maiores valores para os parâmetros transmissividade, capacidade específica e vazões, estão associados a essa área. Além disso, regiões como Flores da Cunha, Antônio Prado e Bento Gonçalves possuem também um grau de potencialidade alto. No entanto, deve-se enfatizar que se faz necessário o estudo detalhado dos condicionantes geológicos existentes em uma determinada região para a definição do verdadeiro grau de potencialidade da área, visto que áreas consideradas com alto potencial também apresentam variações, pois em todas as regiões o sistema aquífero existente consiste no sistema fraturado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CPRM. **Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: FolhaSH.22-V-B – Passo Fundo.** Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. . Porto Alegre (Brasil), 1998. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.
- [2] CPRM. **Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: FolhaSH.22-V-D – Caxias do Sul.** Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. . Porto Alegre (Brasil), 1998. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.
- [3] GIARDIN, A.. **Hidrogeologia das Rochas Fraturadas.** DNPM/ABAS. Florianópolis. Apostila. 43p. 1997.
- [4] HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS. Estudos Tecnológicos: **Acta Geológica Leopoldensia**, Série Mapas. Nº 2. P-1-127, 1995.
- [5] LEITE, E.H.; HAASE, J.F. (Coord). **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas e Rio Taquari.** Fundação de Proteção Ambiental (FEPAM) do Estado do RS. Relatório Técnico. 1999. 55p.
- [6] LISBOA, N.A.. **Compartimentação Hidrogeológica e Diferenciação Hidrogeoquímica em Aquíferos do Extremo Sul do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS 10^o, Gramado/RS, 1993. Anais. p. 539-548. 1993.
- [7] LISBOA, N.^a. **Fácies, estratificações hidrogeoquímicas e seus controladores geológicos, em unidades hidrogeológicas do sistema aquífero Serra Geral, na bacia do Paraná, Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 1996. Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 135p. il. (Inédito).
- [8] RADAM/BRASIL. **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra.** 1986. Rio de Janeiro: IBGE 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, v..33).
- [9] REGINATO, P.A.R.. **Integração de Dados para Prospeção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS).** Porto Alegre, 2003. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais. UFRGS. 254p.
- [10] ROISENBERG, A. **Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Ácido Mesozóico da Província Meridional da Bacia do Paraná.** Porto Alegre, 1990. Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Inédito).