

HIDRODINÂMICA DE DIFERENTES AQUÍFEROS FRATURADOS ASSOCIADOS À FORMAÇÃO SERRA GERAL NA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

PEDRO ANTONIO ROEHE REGINATO¹; SICLÉRIO AHLERT ¹; KAROLINE CHIARADIA GILIOLI¹

Resumo – O presente trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidrogeológica de dois tipos de aquíferos fraturados associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. O primeiro aquífero (SGF1) possui como condicionantes as estruturas tectônicas (fraturas e zonas de fraturas) e apresenta maiores valores para os parâmetros transmissividade, capacidade específica e vazão. Já o segundo aquífero (SGF2) tem como condicionante as estruturas primárias das rochas vulcânicas e apresenta, em geral, menores valores para transmissividade, capacidade específica e vazão.

Abstract – The present work has for objective to present the characterization hidrogeological of two types of fractured aquifers associates to the volcanic rocks of the Serra Geral Formation, in the northeast area of the state of Rio Grande do Sul. The first aquifers (SGF1) it possesses as subjected structures them tectonics (fractures and areas of fractures) and it presents larger values for the parameters transmissivity, specific capacity and flow. Already the aquifer second (SGF2) she has as subjected the primary structures of the volcanic rocks and it presents, in general, smaller values for transmissivity, specific capacity and flow.

Palavras-Chave – aquíferos fraturados, hidrodinâmica, formação serra geral

¹ Universidade de Caxias do Sul, CCAB, Setor de Geociências/MUCS. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul. CEP95070-560, Tel/Fax: 54-32182100, e-mail:parregin@pressa.com.br

1 – INTRODUÇÃO

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul está inserida na região da Bacia Sedimentar do Paraná e as rochas predominantes consistem de rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral.

Nessa região, os recursos hídricos subterrâneos têm grande importância, pois a maior parte dos municípios, utilizam-nos para abastecimento da população urbana, bem como das comunidades rurais. Correspondem a aquíferos fraturados que ocorrem associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a existência de diferentes tipos de aquíferos fraturados que são condicionados por diferentes tipos de estruturas. Essa diferenciação é responsável por comportamentos hidrodinâmicos variados, que são refletidos nos parâmetros transmissividade, capacidade específica e vazões.

2 - LOCALIZAÇÃO

A região de estudo está localizada no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, em parte da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e abrange os seguintes municípios: Cotiporã, Veranópolis, Antônio Prado, São Marcos, Flores da Cunha, Caxias do Sul, Nova Pádua, Nova Roma do Sul, Bento Gonçalves, São Valentim do Sul, Monte Belo do Sul, Santa Tereza e Garibaldi (Figura 1).

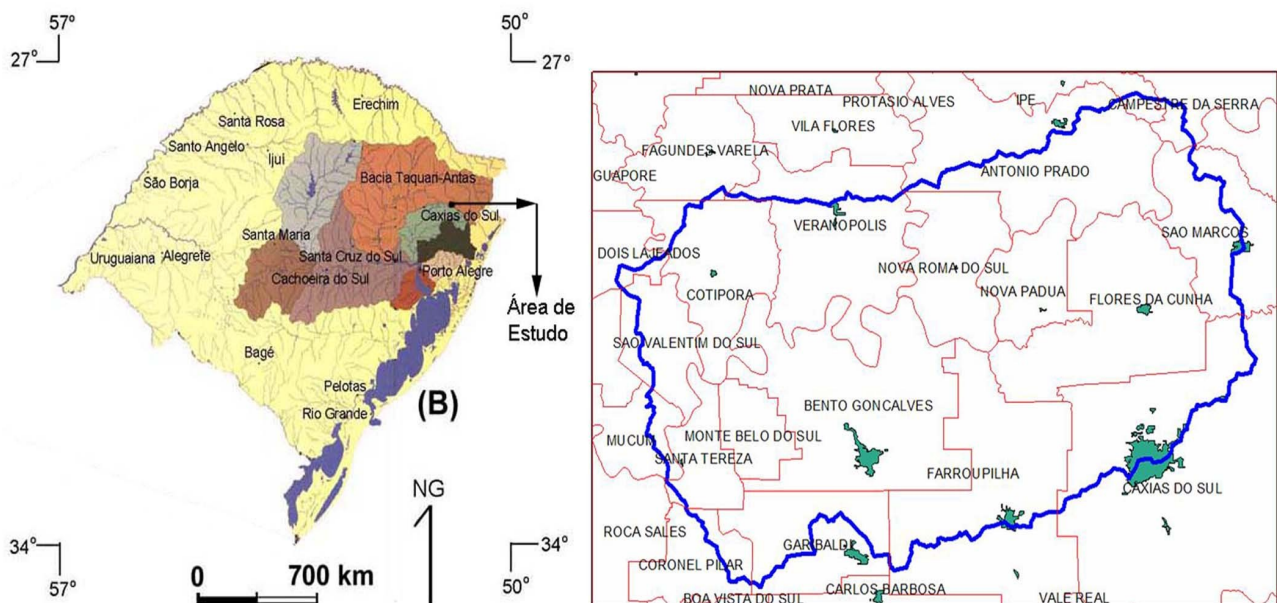


Figura 1. Localização da Área de Estudo

3 – MATERIAS E MÉTODOS

O desenvolvimento desse estudo foi realizado com base nas seguintes etapas:

- a) Cadastramento de poços tubulares e levantamento de dados existentes: realizado junto ao programa SIAGAS (Sistema de Informação de Água Subterrânea da CPRM), as prefeituras, empresas de perfuração e usuários. Como sequência foram realizadas campanhas de campo para cadastramento e georreferenciamento dos poços.
- b) Caracterização Hidrogeológica: a partir dos dados hidrogeológicos dos poços foi realizada a avaliação hidrodinâmica dos mesmos com o emprego do programa GWW. Nessa análise foram avaliados parâmetros como transmissividade, capacidade específica e vazão.
- c) Caracterização Estrutural: iniciou com a interpretação de fotografias aéreas e imagens de radar e delimitação das principais estruturas existentes na região, representadas por lineamentos. Na sequência foi analisada a existência da correlação entre poços produtivos que estavam ou não associados aos lineamentos. Essa interpretação foi realizada com o emprego de diferentes programas computacionais.
- d) Análise dos Resultados: interpretação dos resultados obtidos nas etapas anteriores.

4 – CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA

A área de estudo é marcada pela ocorrência de rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral. As principais litologias são representadas por basaltos toleíticos, andesitos, riolacitos, riolitos e dacitos (IBGE, 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 e Strieder (2006) na região, as litologias vulcânicas estão associadas a duas sequências, uma ácida e outra básica, dispostas em nove derrames principais. As rochas básicas são representadas por basaltos e constituem seis derrames de lavas. Já as rochas ácidas são caracterizadas pela presença de riolacitos, dacitos, riolitos e vidros vulcânicos e formam três derrames principais. Associadas às rochas vulcânicas ácidas e básicas, ocorrem litologias representadas por brechas e por níveis de vidro vulcânico (mais comuns na sequência ácida).

Os derrames básicos apresentam menor espessura (30 a 50 metros) e as estruturas primárias estão representadas por amplas zonas basais, zonas de disjunção vertical e por camadas vesiculares a amigdaloides.

Os derrames ácidos apresentam uma espessura regular (média de 50 metros) e as estruturas primárias estão representadas por zona basal marcada pela presença de vidro vulcânico e rochas maciças, zonas de disjunção horizontal ampla e pequenas zonas vesiculares a amigdalóides.

A relação entre as estruturas primárias e os aquíferos fraturados está relacionada à ocorrência de zonas vesiculares a amigdalóides, principalmente, as regiões de contato entre essas zonas e as rochas maciças ou de brechas vulcânicas. Nesses contatos, pode ocorrer a formação de planos que, quando intemperizados, tornam-se mais abertos e facilitam o processo de circulação de água. Além disso, as regiões caracterizadas pela presença de disjunção horizontal também podem apresentar planos favoráveis à circulação e acumulação de água.

Com base na hidrogeologia a área de estudo faz parte da província hidrogeológica denominada de “Província Basáltica” (Hausman, 1995). Já segundo Lisboa (1993, 1996) a área está localizada na unidade morfotectônica denominada de Fachada Atlântica e nas unidades hidrogeológicas Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas. Conforme Machado (2005) na área, há a ocorrência dos Aquíferos Fissurais Serra Geral. Estes estão associados às rochas vulcânicas ácidas e básicas e apresentam porosidade predominantemente por fraturas.

Conforme Reginato (2003) e Reginato e Strieder (2006), nessa região, há a ocorrência de dois aquíferos principais: o livre ou freático e o fraturado.

O primeiro deles está localizado no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas e possui como principais condicionantes os seguinte fatores: solo (tipo e espessura), relevo, litologia (tipo e estruturação) e clima.

O segundo está localizado na sequência de rochas vulcânicas, sendo seu principal condicionante, a estruturação tectônica. Os condicionantes secundários consistem no tipo de estruturação primária associada aos diferentes derrames. Dessa maneira, há a formação de dois tipos de aquíferos fraturados que apresentam comportamentos hidrodinâmicos variados.

5 – CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA DOS AQUÍFEROS FRATURADOS

Com a análise do cruzamento de dados referentes à localização dos poços produtivos e lineamentos, pode-se identificar a ocorrência de aquíferos fraturados, associados ou não, a estruturas tectônicas.

Nessa análise foram utilizados dados de localização de 927 poços tubulares distribuídos nas seguintes regiões: 65 em Antônio Prado; 73 em Bento Gonçalves; 160 em Caxias do Sul; 20 em Coronel Pilar; 42 em Cotiporã; 80 em Farroupilha; 123 em Flores da Cunha; 81 em Garibaldi; 17 em

Monte Belo do Sul; 28 em Muçum; 24 em Nova Pádua; 35 em Nova Roma do Sul; 19 em Santa Tereza; 66 em São Marcos; 21 em São Valentim do Sul e 70 em Veranópolis.

Desse total, somente 168 poços possuíam dados hidrodinâmicos confiáveis que foram utilizados na caracterização hidrogeológica. Esses dados foram organizados em planilhas e analisados com o emprego do programa GWW.

5.1 – Aquíferos Fraturados Associados a Estruturas Tectônicas (SGF1)

O critério utilizado para a definição desse tipo de aquífero correspondeu à existência de uma correlação entre poços produtivos e lineamentos obtidos da interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite.

Os lineamentos, definidos nesse trabalho, correspondem a estruturas tectônicas do tipo 2 (Strieder e Amaro, 1997), representadas em campo por fraturas e zonas de fraturas, geralmente, verticais a sub-verticais (Reginato e Strieder, 2006). Em geral, esses lineamentos estão associados à rede de drenagem e às estruturas morfológicas da região.

Essas estruturas consistem no principal condicionante da ocorrência de aquíferos fraturados, mas somente a existência das mesmas não é indicativo da presença de água subterrânea. As estruturas de orientação nordeste e noroeste são as principais, sendo que o intervalo de vazão de 10 a 20 m³/h possui maior correlação com lineamentos de orientação nordeste, enquanto que vazões acima de 20 m³/h, estão mais associadas as direções noroeste. Além disso, deve-se salientar que dependendo do ângulo de orientação do lineamento haverá ou não chance de ocorrência de aquíferos.

Dessa forma, a circulação da água e a formação de aquíferos fraturados nessa região depende da existência de lineamentos e da orientação dos mesmos. Critérios como comprimento, cruzamento e densidade de estruturas possuem menor importância.

Na análise dos dados hidrogeológicos, pode-se definir que esse tipo de aquífero apresenta uma forte anisotropia, valores de transmissividade e capacidade específica variáveis e vazões inferiores a 20 m³/h.

Em geral, os poços possuem profundidades médias de 110 metros, mas existem diversos casos, onde a profundidade está situada entre 200 e 250 metros. Há um predomínio de uma entrada de água (43,5%), mas podem ocorrer duas (39,1%), três (14,5%) ou quatro (2,9%) entradas de

águas. 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.

O nível estático também apresentou variação, sendo que 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.

A transmissividade média (T_m) obtida foi de 0,4931 m²/h, sendo que a média das mínimas foi igual a 0,1325 m²/h e a média das máximas igual a 1,4578 m²/h. Já a capacidade específica (q) apresentou valores médios de 0,3954 m³/h/m, sendo os valores mínimos iguais a 0,106 m³/h/m e os máximos igual a 1,1663 m³/h/m.

As vazões são variáveis, dependendo da orientação da estrutura mas, em geral, baixas. Para a área de estudo, 72,1% dos poços tubulares apresentaram 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.

5.2 – Aquíferos Fraturados Associados a Estruturas Primárias (SGF2)

O critério utilizado para a definição desse tipo de aquífero consistiu na falta de correlação entre poços produtivos e lineamentos obtidos da interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite.

A caracterização hidrogeológica foi realizada com base na análise de 12 poços tubulares, tendo sido analisados dados como: profundidade, número de entradas de água, nível estático (NE), nível dinâmico (ND), transmissividade, capacidade específica de campo, capacidade específica de projeto e vazão (Tabela 1).

Os resultados obtidos indicaram que a profundidade dos poços é variável, sendo a mínima de 49m e a máxima de 232m. Isso mostra que há possibilidade de ocorrer entradas de água em diferentes níveis, em função da ocorrência de vários derrames que possuem estruturas diferenciadas. No entanto, quanto maior a profundidade do poço e mais profunda for a entrada de água, há um menor volume de água disponível, um maior rebaixamento e uma maior dificuldade de recuperação do poço.

As entradas de água são caracterizadas, geralmente, por uma ou duas ocorrências. No caso dos poços que apresentaram duas entradas de água, as mesmas são mais espaçadas, evidenciando a existência de intercomunicação entre derrames. Além disso, observou-se que a primeira entrada de água ocorre em níveis mais superficiais, em geral, abaixo dos cinquenta metros.

O nível estático (NE) está localizado abaixo dos 10m na maior parte dos casos (41,67%), sendo o restante localizado em diferentes níveis de profundidade. Já o nível dinâmico (ND), salvo algumas exceções, situa-se em níveis profundos. Em função da diferença entre esses dois níveis os valores de rebaixamento tendem a ser elevados.

Tabela 1 – Poços tubulares e seus parâmetros hidrogeológicos.

Poço	Prof. (m)	Entradas Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	T (m ² /h)	q(campo) (m ³ /h/m)	Q (T) (m ³ /h/m)	Q (m ³ /h)
P1	174	41	40.43	77.59	0.012	0.040	0.0094	0.35
P2	138	N.I.	5.21	129.36	0.011	0.018	0.0084	1
P3	49	N.I.	3.26	18.82	0.879	2.314	0.7032	11
P4	140	34 e 70	9.26	88.60	0.061	0.09	0.0487	3.44
P5	70	26	0.1	58.47	0.105	0.13	0.0848	5
P6	130	N.I.	40.27	100.3	0.011	0.059	0.0086	0.52
P7	104	22 e 70	38.72	65.40	0.045	0.208	0.036	0.98
P8	174	N.I.	3.22	81.16	0.021	0.037	0.0168	1.3
P9	232	N.I.	148	230	0.001	0,0057	0.0008	0.1
P10	91	18 e 55	12.7	72.9	0.043	0.034	0.034	2
P11	100	42	24.05	32	0.393	0.5759	0.3144	2.5
P12	120	53 e 90	49.98	90.92	0.146	0.187	0.1168	5

O parâmetro transmissividade (T) apresenta valores baixos, variando desde 0.001 até 0.879 m²/h. Isso evidencia um comportamento similar aos aquíferos fraturados condicionados por estruturas tectônicas, que são caracterizados por uma forte anisotropia. Os valores de capacidade específica também são baixos, estando situados no intervalo entre 0,0008 e 0,3144 m³/h/m.

Na análise da vazão os valores encontrados indicaram volumes inferiores a 5m³/h, evidenciando a baixa capacidade de produção desses poços.

Além disso, deve-se salientar que além das baixas vazões esses poços apresentam dificuldade de recuperação, o que pode acabar provocando a exaustão dos mesmos, caso sejam mal operados ou mal dimensionados nos projetos de bombeamento.

6 – CONCLUSÕES

A Formação Serra Geral, caracterizada pela presença de rochas vulcânicas ácidas e básicas possui dois tipos principais de aquíferos fraturados (SGF1 e SGF2), cuja característica em comum é a anisotropia.

A diferenciação desses aquíferos se faz com base no fator condicionante, sendo que o primeiro tipo, o SGF1, é o que possui as estruturas tectônicas (fraturas e zonas de fraturas) como condicionante da circulação e armazenamento da água. Já o segundo, é o SGF2 que tem como condicionante principal, as estruturas primárias das rochas vulcânicas (zonas vesiculares a amigdalóides, brechas, disjunção horizontal).

Além do condicionante, esses aquíferos possuem comportamentos hidrodinâmicos diferenciados, sendo que aqueles condicionados por estruturas tectônicas apresentam maiores valores de transmissividade, capacidade específica e vazão.

7 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro para o desenvolvimento desse projeto fornecido pelo CNPq/MCT, FAPERGS/SCT e ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM. (1998) *Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: Folha SH.22-V-D – Caxias do Sul*. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. . Porto Alegre (Brasil). 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.

HAUSMAN, A. (1995) *Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS*. Estudos Tecnológicos: Acta Geológica Leopoldensia, Série Mapas. Nº 2. P-1-127.

IBGE. (1986). Projeto 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).

LISBOA, N.A. (1993). *Compartimentação Hidrogeológica e Diferenciação Hidrogeoquímica em Aquíferos do Extremo Sul do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul*. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 10º, Gramado/RS, 1993. p. 539-548.

LISBOA, N.A. (1996). *Fácies, estratificações hidrogeoquímicas e seus controladores geológicos, em unidades hidrogeológicas do sistema aquífero Serra Geral, na bacia do Paraná, Rio Grande do*

Sul. 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).

MACHADO, J. L. F. 2005. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. José Luiz Flores Machado; Marcos Alexandre de Freitas. Porto Alegre. CPRM. 2005. 65p.il.mapa.

REGINATO, P.A.R..2003. Integração de Dados para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS). Tese de Doutorado. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais. UFRGS. Porto Alegre, 2003. 254p.

REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. 2006. Caracterização Estrutural dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*. 36(1):13-22, março de 2006.

REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. 2006. Integração de Dados Geológicos na Prospecção de Aquíferos Fraturados na Formação Serra Geral. *Águas Subterrâneas – Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas*. 20(1):1-14, junho de 2006.

ROISENBERG, A. (1990). *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).

STRIEDER, A.J. & AMARO, V.E. 1997. Estruturas de Lineamentos Extraídos de Imagens de Sensores Remotos. EGATEA. *Revista da Escola de Engenharia*, Porto Alegre. v. 25, nº 4, julho-agosto de 1997. p.109-117