

COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE POÇOS TUBULARES ASSOCIADOS A AQUIFEROS FRATURADOS CONDICIONADOS POR ESTRUTURAS PRIMÁRIAS DAS ROCHAS VULCÂNICAS

Pedro Antônio Roehe Reginato¹; Alexandra Rodrigues Finotti² & Catherine Michelin³

RESUMO --- Este trabalho tem por objetivo apresentar dados sobre o comportamento hidrogeológico de poços tubulares associados às estruturas primárias das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, na região nordeste do estado do RS. Na região há a ocorrência de rochas vulcânicas ácidas e básicas dispostas em nove derrames principais que possuem dimensões e estruturas variadas. As estruturas primárias associadas a poços produtivos correspondem a contatos entre rochas vulcânicas e zonas vesiculares e amigdalóides e/ou brechadas; rochas vulcânicas fortemente vesiculares a amigdalóides e estruturas horizontais dos riódacitos. Os poços tubulares condicionados por essas estruturas apresentam comportamentos diferenciados relacionados ao número de entradas de água, posição do nível estático e dinâmico, rebaixamento, recuperação, valores baixos de transmissividade, de capacidade específica e vazões. Em função dessas características, há necessidade de dimensionar com grande cautela os projetos de bombeamento desses poços, visto que os mesmos tendem a esgotar.

ABSTRACT --- This paper aims has for objective to present data about the hidrogeologic behavior of wells tubular associates to the primary structures of the volcanic rocks of the Serra Geral Formation, in the northeast area of the State of RS. In the area there is the occurrence of acid and basic volcanic rocks disposed in nine main lava flow, that possess dimensions and varied structures. The structures that present correlation with productive wells correspond to contacts between volcanic rocks and vesicular areas the amygdalaes and/or brecciated; volcanic rocks strongly vesicular the amygdalaes and tabular structures of the rhyodacite. The tubular wells conditioned by those structures presented differentiated behaviors related to the number of entrances of water, position of the static and dynamic level, drawdown, recovery, low values of transmissivity, specific capacity and low flows. In function of those characteristics, there is a dimension need with great caution the projects of pumping of those wells, because the same ones tend to drain.

Palavras-chave: aquíferos fraturados, hidrodinâmica, estruturas primárias.

¹ Universidade de Caxias do Sul (UCS), Departamento de Ciências Biológicas (DCBI/CCBS), Setor de Geociências (MUCS). Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel./FAX. 54-32182100. e-mail: parregin@ucs.br

² Universidade de Caxias do Sul, Departamento de Engenharia Química (DENQ/CCET). Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel./FAX. 54-32182100. e-mail: arfinott@ucs.br

³ Universidade de Caxias do Sul, Curso de Engenharia Ambiental, Bolsista de Iniciação Científica. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel./FAX. 54-32182100. e-mail: cmichelo@ucs.br

1 - INTRODUÇÃO

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul corresponde a uma das áreas do estado com maior desenvolvimento econômico e social, tendo suas principais atividades relacionadas ao setor industrial (pólo metal-mecânico e moveleiro) e setor agropecuário (Leite; Haase, 1999).

Nessa região, há a ocorrência de aquíferos fraturados associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, que são explorados visando a obtenção de água subterrânea. Esses recursos hídricos são utilizados para abastecimento público, desenvolvimento de atividades industriais e agropecuárias. Em função do constante crescimento há uma demanda cada vez maior de recursos hídricos, o que implica na necessidade de uma maior perfuração de poços tubulares.

Os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral possuem diversos condicionantes geológicos, sendo o sistema estrutural o de maior importância, visto que a porosidade das rochas vulcânicas está associada a presença de fraturas e zonas de fraturas. No entanto, observou-se que na região há poços que não estão associados a lineamentos, mas que são produtivos, portanto evidenciando um condicionamento com a litologia e suas respectivas estruturas primárias.

Este trabalho visa apresentar o comportamento hidrodinâmico de aquíferos e poços tubulares que possuem como condicionantes geológicos as estruturas primárias das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Essa caracterização é de grande importância para a elaboração de projetos de bombeamento e, conseqüentemente, para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, pois esses aquíferos apresentam comportamento diferenciado, com tendência a esgotamento.

2 – LOCALIZAÇÃO

A área de estudo localiza-se na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, na 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).

3 – 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, riolitos, dacitos e riodacitos (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.

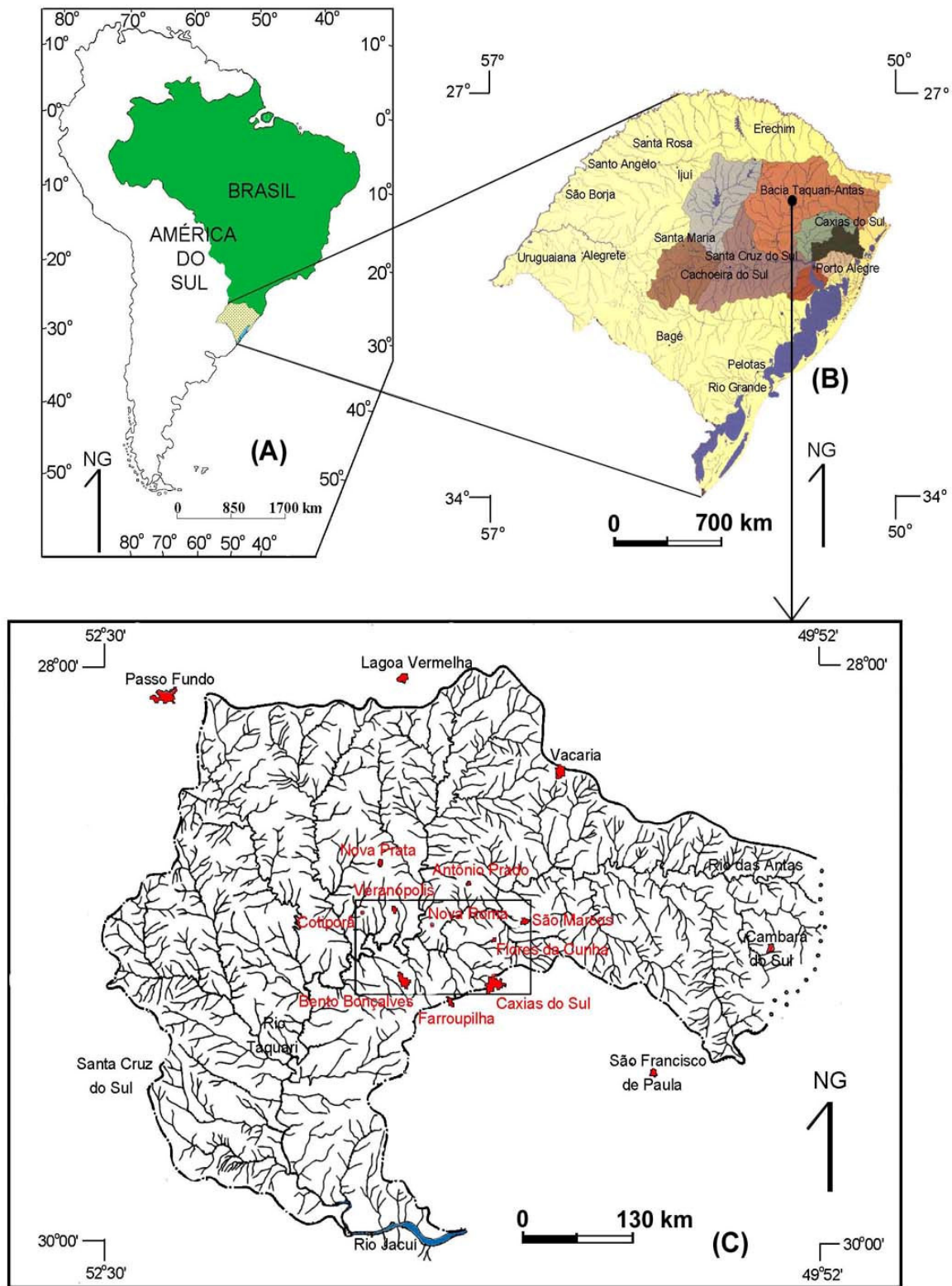


Figura 1 – Localização da área de estudo.

As rochas vulcânicas da formação Serra Geral, na região, estão associadas a duas seqüências, uma ácida e outra básica, dispostas em nove derrames principais (Reginato e Strieder, 2006). As rochas básicas são representadas por basaltos e constituem seis derrames de lavas

principais. Já as rochas ácidas são caracterizadas pela presença de riolitos, dacitos, riolitos e vidros vulcânicos e formam três derrames principais. Essas litologias apresentam estruturas primárias diferenciadas. Associadas às rochas vulcânicas ácidas e básicas, ocorrem litologias representadas por brechas vulcânicas (mais comuns na seqüência básica) e por níveis de vidro vulcânico (mais comuns na seqüência ácida).

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

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 e pequenas zonas vesiculares a amigdalóides.

A relação entre as estruturas primárias e os aquíferos fraturados está relacionada a ocorrência de zonas vesiculares a amigdalóides e, 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.

4 – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

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.

Na área de estudo há a ocorrência de dois aquíferos principais, um denominado de livre ou freático e outro de fraturado (Reginato e Strieder, 2004; 2005). O aquífero fraturado está localizado nas rochas vulcânicas sendo seu principal condicionante as estruturas tectônicas. Os condicionantes secundários consistem na estruturação primária das rochas vulcânicas, relevo e solo (tipo e espessura). Esses aquíferos são caracterizados por uma forte anisotropia, responsável por vazões variáveis e por capacidades específicas baixas.

A ocorrência de aquíferos fraturados está associada a estruturas tectônicas (fraturas e zonas de fraturas). No entanto, foi evidenciada a ocorrência de poços tubulares produtivos que não estão associados a ocorrência de estruturas tectônicas, evidenciando a existência de um outro condicionante, que no caso seriam as estruturas primárias presentes nas rochas vulcânicas ácidas e básicas. Além disso, foi observado que esses poços apresentam comportamento hidrodinâmico diferenciado dos poços associados a estruturas tectônicas.

5 – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DE POÇOS TUBULARES

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. Na tabela 1 são apresentados os principais parâmetros dos poços analisados.

Tabela 1 – Poços tubulares e seus parâmetros hidrogeológicos.

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

Os resultados obtidos com a caracterização evidenciaram 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 serem elevados.

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 de campo foram definidos por meio dos testes de bombeamento através da relação entre a vazão e o rebaixamento. Observa-se que há uma tendência desses aquíferos apresentarem valores superiores às capacidades específicas calculadas através da transmissividade. Esse parâmetro tem valores entre 0.0057 a 2.314 m³/h/m.

O parâmetro capacidade foi definido por meio da transmissividade, sendo que para quase todos os casos (há uma única exceção), os valores encontrados foram inferiores aos valores obtidos no campo. Isso evidencia que a exploração desse tipo de aquífero tem que ser realizada com extremo cuidado, pois os mesmos tendem a apresentar uma tendência a diminuição de vazão e esgotamento, se forem utilizados os parâmetros obtidos com o ensaio de campo.

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

Uma outra análise foi realizada para as curvas de rebaixamento e recuperação que foram construídas por meio da utilização dos dados obtidos nos testes de bombeamento (Figura 2).

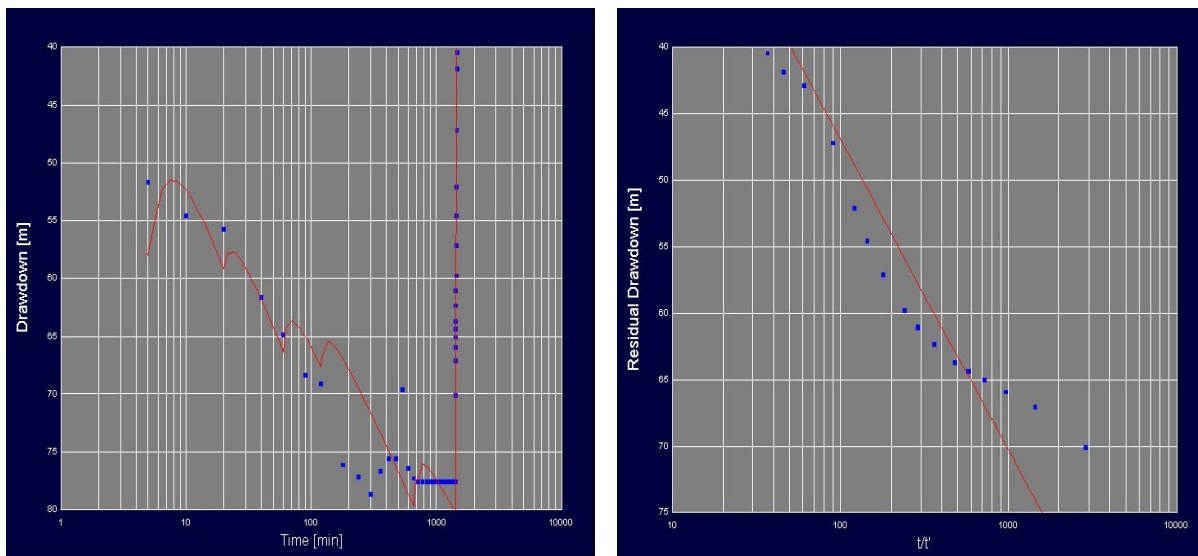


Figura 2 – Curvas de Rebaixamento (esquerda) e Recuperação (direita) do Poço P1.

A curva de recuperação é a que melhor reflete as características hidrogeológicas do poço. Segundo Hausman (1980) a forma da curva de recuperação define as características anisotrópicas e deve ser levada em consideração na elaboração do projeto de bombeamento. Além disso, a forma da curva é indicativa de tendência a diminuição de vazão e esgotamento do poço.

Na análise das curvas, observa-se que ambas indicam sistema descontínuo e anisotrópico, sujeito a diminuição de vazão com o passar do tempo. Além disso, pode-se evidenciar que 63,6% dos poços apresentaram uma curva com menor inclinação na base, indicando dificuldade de recuperação. Esse ponto torna-se de extrema importância, pois implica numa necessidade de redução do tempo de bombeamento.

6 - CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos, pode-se concluir que existem aquíferos na Formação Serra Geral que são condicionados por estruturas primárias das rochas vulcânicas. Esses aquíferos apresentam comportamentos hidrodinâmicos diferenciados, mas podem e devem ser considerados como aquíferos fraturados.

As estruturas primárias que podem ser consideradas como condicionantes de aquíferos na Formação Serra Geral, segundo o grau de importância são: contato entre rochas vulcânicas e zonas vesiculares a amigdalóides e/ou brechadas, rochas vulcânicas fortemente vesiculares a amigdalóides e estruturas horizontais dos riodacitos.

Com relação a caracterização hidrogeológica (hidrodinâmica e hidroquímica) esses aquíferos tendem a apresentar:

- mais de uma entrada de água em diferentes níveis de profundidade (mais espaçadas);
- níveis estáticos variáveis, mas com tendência a ocorrência abaixo dos 10m;
- níveis dinâmicos profundos;
- grandes rebaixamentos;
- dificuldade de recuperação – em geral os poços recuperam menos de 90% a longo prazo;
- valores de transmissividades variáveis, mas baixos, indicando anisotropia e descontinuidade;
- valores de capacidade específica de campo elevados, o que provoca erros no dimensionamento dos projetos de bombeamento caso os mesmos sejam utilizados;
- valores de capacidade específica obtidas com a transmissividade baixos;
- vazões baixas, com predominância para valores inferiores a $5\text{m}^3/\text{h}$;
- curvas de recuperação evidenciando sistemas descontínuos e anisotrópicos;

Por fim, percebe-se que poços tubulares associados a aquíferos condicionados a estruturas primárias devem ser operados com bastante cautela para evitar o seu esgotamento. Nesse caso é necessário efetuar um bom teste de bombeamento, seguindo as normas, calcular a transmissividade e a capacidade específica com esses dados e analisar a curva de recuperação, para depois definir o projeto de bombeamento. Além disso, como há uma tendência das curvas de recuperação em indicar um sistema descontínuo e anisotrópico é necessário reduzir os tempos de bombeamento, que devem sempre ser inferiores a 10 horas por dia (de preferência 8 horas no máximo).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS pelo auxílio financeiro fornecido (processo ARD 05/1187.0) e ao Departamento de Ciências Biológicas da Universidade de Caxias do Sul pelo apoio e disponibilidade da infra-estrutura e horas de pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- 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.
- HAUSMAN, A. (1980). *Avaliação Qualitativa De Aquíferos Fissurados*. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 1º Anais. Recife. ABAS. p. 537-544. 1980.
- LEITE, E.H. & HAASE, J.F. (Coord). (1999). *Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas e Rio Taquari*. Fundação de Proteção Ambiental (FEPAM) do Estado do RS. Relatório Técnico. 55p.
- 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).
- RADAM/BRASIL. (1986). *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).
- REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. (2004). *Caracterização Hidrogeológica e Potencialidades dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul*. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá, Anais (CdRoom).
- REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. (2005) *Caracterização Hidrogeológica dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul*. In: 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul. Santa Maria. RS, Anais. (CdRoom).
- REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. (2006). *Condicionantes Geológicas dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral e sua Relação com a Localização de Poços Tubulares*. In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2006. Curitiba. Anais do XIV CABAS.
- ROISENBERG, A. (1980). *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).