

# COMPORTAMENTO HIDROGEOLÓGICO DE POÇOS TUBULARES ASSOCIADOS ÀS ESTRUTURAS PRIMÁRIAS DAS ROCHAS VULCÂNICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL.

Pedro Antonio Roehe Reginato<sup>1</sup>; Alexandra Rodrigues Finotti<sup>2</sup> & Catherine Michelon<sup>3</sup>

**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, com dimensões e estruturas variadas. As estruturas que apresentam correlação com poços produtivos correspondem a contatos entre rochas vulcânicas e zonas vesiculares a amigdalóides e/ou brechadas; rochas vulcânicas fortemente vesiculares a amigdalóides e estruturas horizontais dos riodacitos. Os poços tubulares condicionados por essas estruturas apresentaram comportamentos diferenciados relacionados ao número de entradas de água, posição do nível estático e dinâmico, rebaixamento, recuperação, valores baixos de transmissividade e capacidade específica e baixas vazões. Em função dessas características, há uma 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, with dimensions and varied structures. The structures that present correlation with productive wells correspond to contacts between volcanic rocks and vesicular areas the amygdalae and/or brecciated; volcanic rocks strongly vesicular the amygdalae and tabular structures of the riodacitos. 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, lowering, recovery, low values of transmissivity and 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** – Locação de Poços, Aquíferos Fraturados, Formação Serra Geral

---

<sup>1</sup> Professor da 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](mailto:parregin@ucs.br)

<sup>2</sup> Professor da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Departamento de Engenharia Química (DENQI/CCET). Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130. Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel/FAX. 54-32182100. e-mail: [parregin@ucs.br](mailto:parregin@ucs.br)

<sup>3</sup> Bolsista de Iniciação Científica. Universidade de Caxias do Sul, Curso de Engenharia Ambiental. [cmichelo@uccs.br](mailto:cmichelo@uccs.br)

## **INTRODUÇÃO**

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul corresponde a uma das áreas do estado com maior desenvolvimento econômico e social, sendo as principais atividades econômicas 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 à 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 tem por objetivo apresentar o comportamento hidrodinâmico de poço tubulares associados a aquíferos condicionados por estruturas primárias das rochas vulcânicas.

## **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, rioclitos, 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.

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; 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 riódacitos, dacitos, riolitos e vidros vulcânicos e formam três derrames principais. Essas litologias apresentam estruturas primárias diferenciadas. Associada 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).

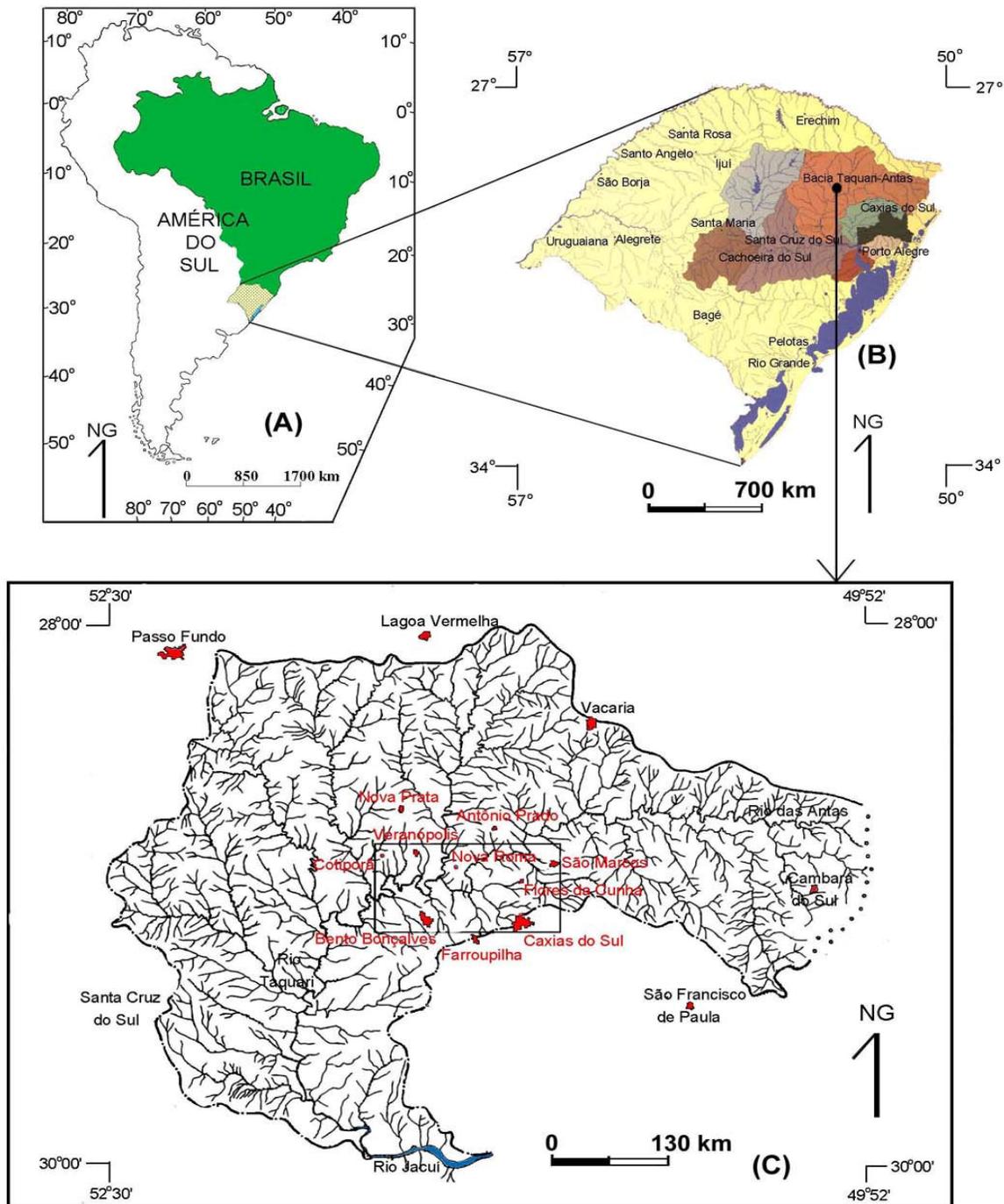


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Os derrames identificados na seqüência de rochas vulcânicas básicas são marcados por apresentarem as seguintes características:

- espessura: em geral, são menos espessos (30 a 50 metros) na base da seqüência e mais espessos (80 a 120m) a partir do meio em direção do topo do pacote;
- estruturação: as principais estruturas primárias estão representadas por amplas zonas basais (constituída por rochas maciças com ou sem vesículas e amígdalas), de disjunção vertical, e por zonas vesiculares a amigdalóides. As camadas com brechas vulcânicas ocorrem associadas às zonas vesiculares a amigdalóides e, menos freqüente, às maciças. As zonas de disjunção horizontal são pequenas e ocorrem somente em alguns derrames.

Os derrames individualizados na seqüência de rochas ácidas apresentam as seguintes características:

- espessura: em geral, apresentam uma espessura mais ou menos regular, pois não há grandes variações (média de 50 metros);
- estruturação: as estruturas primárias principais são as zonas basal, de disjunção horizontal, e as zonas vesiculares a amigdalóides. A zona basal é caracterizada pela presença de níveis de vidro vulcânico e, secundariamente, por camadas de rochas maciças. Já a zona de disjunção horizontal é ampla e, em geral, representa a maior parte do derrame; o espaçamento dos planos de disjunção é variável (centimétrico a métrico). As zonas vesiculares a amigdalóides são de pequena espessura e não ocorrem em todos os derrames. Já as zonas de disjunção vertical são pouco representativas, pois são identificadas somente em alguns derrames.

A análise da estruturação primária e sua relação com aquíferos fraturados, mostra que a estrutura primária de maior importância está associada a zonas vesiculares a amigdalóides. Nesse caso, deve-se fazer uma distinção entre rochas que apresentam vesículas e amígdalas com esse tipo de zona. Nesse último caso, as litologias pertencentes a essas zonas possuem uma porcentagem elevada de vesículas e amígdalas e formam pacotes espessos. Já nas rochas, há pequena porcentagem dessas estruturas. Assim, as zonas vesiculares estão mais sujeitas aos processos de intemperismo, que facilitam a abertura e a conexão de vazios.

Outro ponto importante associado a essas estruturas está relacionado com o contato entre as zonas vesiculares a amigdalóides com zonas maciças e camadas de brecha vulcânica. Nesse contato, pode ocorrer a formação de planos que, quando intemperizados, tornam-se mais abertos e facilitam o processo de circulação de água.

A estruturação primária como disjunção horizontal e vertical possui comportamento diferenciado como estruturas responsáveis pela circulação de água. Isso foi evidenciado no levantamento de campo onde se pode observar circulação de água associada a essas estruturas. Além

disso, Fernandes *et. al.* (2006) em estudo realizado na região de Ribeirão Preto, evidenciou que essas estruturas possuem grande influência na circulação de água subterrânea corroborando a importância das mesmas.

## **HIDROGEOLOGIA REGIONAL**

A área de estudo está inserida na província hidrogeológica denominada de “Província Basáltica” (Hausman, 1995). Já segundo Lisboa (1993, 1996) na área há a unidade morfotectônica denominada de Fachada Atlântica e as unidades hidrogeológicas denominadas de Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas.

Na área de estudo há a ocorrência de dois aquíferos, um denominado de livre ou freático e outro de fraturado (Reginato; Strieder, 2004).

O aquífero fraturado está localizado nas rochas vulcânicas sendo seu principal condicionante as estruturas tectônicas. Os condicionantes secundários consistem na estruturação primária da rocha, no relevo e no solo (tipo e espessura). 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.

Nessa região, a ocorrência desse aquífero está associada a estruturas tectônicas (fraturas e zonas de fraturas), sendo esse fator geológico um critério de prospecção adotado pelas empresas de perfuração e por hidrogeólogos. No entanto, com o desenvolvimento do trabalho realizado por Reginato (2003) ficou evidenciada a existência de poços tubulares produtivos que não possuem relação com estruturas tectônicas, evidenciando a presença de um outro condicionante. Nesse caso, o condicionante corresponde à estruturação primária presente nas seqüências de rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral. Além disso, foi comprovado que os poços associados as estruturas primárias apresentam comportamento hidrogeológico típico, evidenciando uma necessidade de gestão diferenciada para os mesmos.

## **CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DE POÇOS TUBULARES ASSOCIADOS A ESTRUTURAS PRIMÁRIAS**

A caracterização hidrogeológica foi realizada por meio da análise e interpretação de dados obtidos com o cadastramento de poços tubulares. Nesse caso foram utilizados os dados de vazão e localização de 100 poços tubulares, mas para a determinação de parâmetros hidrogeológicos foram utilizados 12 poços, pois somente esses é apresentavam um maior número de informações.

Com a análise dos dados provenientes desses poços tubulares pode-se observar que os mesmos tendem a apresentar vazões baixas, conforme pode ser observado na figura 2. Nesse gráfico fica evidente que as vazões predominantes são inferiores a 5 m<sup>3</sup>/h (57%).

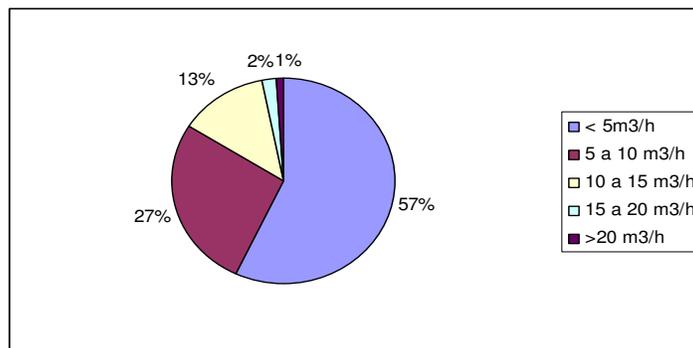


Figura 2 – Intervalos de vazões para a área total de estudo.

Com base na análise detalhada dos dados hidrogeológicos de 12 poços tubulares, pode-se definir diversos parâmetros, como profundidade, número de entradas de água, nível estático (NE), nível dinâmico (ND), transmissividade, capacidade específica de campo, capacidade específica de projeto e vazão.

A profundidade dos poços é variável, sendo a mínima de 49 m e a máxima de 232 m. 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 mais profundo for o poço e a entrada de água, menor é o volume de água disponível, bem como a recuperação do poço, fato esse observado no teste de vazão.

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, observa-se que a primeira entrada de água, com algumas exceções, ocorre em níveis mais superficiais, em geral, abaixo dos cinquenta metros.

O nível estático (NE) está localizado abaixo dos 10 m na maior parte dos casos (41,67%), sendo o restante localizado em diferentes níveis de profundidades, mas superiores. Com relação ao nível dinâmico (ND), salvo algumas exceções, os poços, quando bombeados, tendem a apresentar um nível dinâmico profundo. Em função da diferença entre esses dois níveis os valores de rebaixamento tendem a ser elevados.

O parâmetro transmissividade (T) apresenta valores baixos, variando desde 0.001 até 0.879 m<sup>2</sup>/h. Isso corrobora um comportamento similar aos aquíferos fraturados condicionados por estruturas tectônicas caracterizados por uma forte anisotropia.

O parâmetro capacidade específica também é baixo, variando desde 0,0008 a 0,7032, evidenciando a comportamento anisotrópico desse aquífero.

Na análise da vazão os valores encontrados indicaram volumes inferiores a 5m<sup>3</sup>/h (há uma exceção), evidenciando a baixa capacidade de produção desses poços e corroborando os dados regionais.

## 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 rioclitos.

Com relação a caracterização hidrogeológica 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 obtidas com a transmissividade baixos, o que evidencia que esses valores é que devem ser utilizados nos projetos de bombeamento;
- vazões baixas, com predominância para valores inferiores a 5m<sup>3</sup>/h;

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 de comportamento 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

O autor agradece a FAPERGS pelo auxílio financeiro disponibilizado (Processo ARD05/1187.0) 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.

FERNANDES, A.J.; MALDANER, C.; WAHNFRIED, I.; FERREIRA, L.M.R.; PRESSINOTTI, M.M.N.; VARNIER, C.; IRITANI, M.A.; HIRATA, R. (2006) *Modelo Conceitual Preliminar de Circulação de Água Subterrânea no Aquífero Serra Geral, Ribeirão Preto, SP*. IN: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba. CdRoom.

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.

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. (2003). *Integração de Dados para Prospecção 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.

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. (2006). *Condiciones Geológicas dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral e sua Relação com a Locação 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).