

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ASSOCIADOS AOS AQUIFEROS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL E SUA CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

Pedro Antônio Roehe Reginato¹

RESUMO - Este trabalho tem por objetivo apresentar uma caracterização hidroquímica das águas subterrâneas associadas aos aquíferos da Formação Serra Geral na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Nessa região há a ocorrência de dois aquíferos (livre e fraturado) cujas águas apresentam características diferenciadas. O aquífero livre é caracterizado por águas bicarbonatadas cálcicas e magnesianas, baixos valores de condutividade, pequena concentração de sódio e teores elevados de ferro, manganês, além de apresentar alterações nos parâmetros turbidez e cor. O aquífero fraturado possui águas subterrâneas com boa qualidade distribuídas em três campos principais: águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (80,1%), bicarbonatadas sódicas (18,4%) e sulfatadas cálcicas ou magnesianas (1,4%). O principal problema relacionado a qualidade das águas subterrâneas do aquífero fraturado está relacionado com a presença de Ferro e Manganês.

ABSTRACT - This work has for objective to present a characterization hydrochemical of the underground waters associated to the aquifers of the Formation Serra Geral in the northeast area of the state of Rio Grande do Sul. In that area there is the occurrence of two aquifers (free and fractured) whose waters present differentiated characteristics. The free aquifer is characterized by waters calcic bicarbonatade and magnesium, low conductivity values, small concentration of sodium and high tenors of iron, manganese, besides presenting alterations in the parameters turbidez and color. The fractured aquifer possesses underground waters with good quality distributed in three main fields: waters calcic bicarbonatade or magnesium (80,1%), sodic bicarbonatades (18,4%) and calcic sulfated or magnesium (1,4%). The main related problem the quality of the underground waters of the fractured aquifero is related with the presence of Iron and Manganese.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade das Águas, Aquíferos da Formação Serra Geral, Hidroquímica

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

*I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo
I International Congress on Susurface Environment*

I Congresso Internacional de Medio Ambiente Subterrâneo

1 - INTRODUÇÃO

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul consiste numa região econômica de amplo desenvolvimento do estado, caracterizada por um grande crescimento do setor industrial e agropecuário. Nessa região a utilização de recursos hídricos está associada ao desenvolvimento de atividades de abastecimento, industriais e agropecuárias, sendo que os recursos subterrâneos passam a ter um papel cada vez maior, em função do aumento da demanda.

No setor de abastecimento, observa-se que muitos municípios (Antônio Prado, Flores da Cunha, Nova Roma, Nova Pádua, Monte Belo do Sul) dependem exclusivamente da utilização da água subterrânea para abastecimento da população residente na área urbana. Já na área rural, a utilização dos recursos hídricos subterrâneos possui grande importância para o abastecimento, em todas as regiões, visto que, na maioria das vezes representa o único recurso disponível.

No setor da indústria e agricultura a utilização da água subterrânea também possui grande importância, sendo empregado no desenvolvimento de atividades industriais (exemplo: linhas de produção de peças do setor metal-mecânico; produção de vinhos e sucos) bem como, nas atividades agrícolas e agropecuárias (irrigação e dessedentação de animais – aviários, pocilgas).

A qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, utilizados nos diferentes setores, é variável, dependendo do sistema aquífero captado (características geológicas e hidrogeológicas) e do grau de vulnerabilidade do mesmo.

O objetivo desse trabalho é apresentar as diferentes características hidroquímicas e da qualidade das águas subterrâneas associadas ao aquífero livre e fraturado da Formação Serra Geral na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

2 - 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).

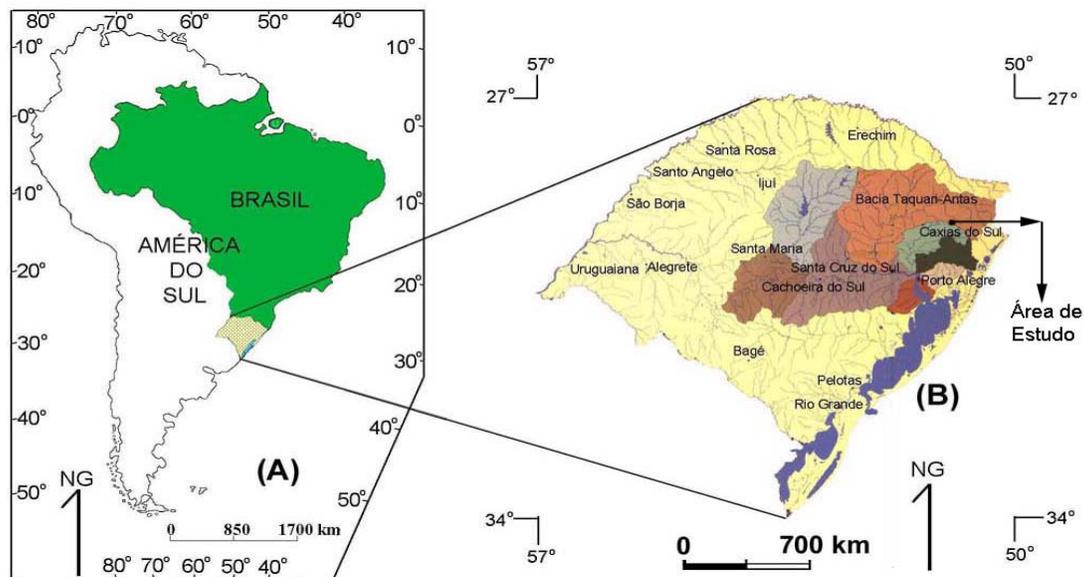


Figura 1- Localização da Área de Estudo.

2 - GEOLOGIA REGIONAL

Na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul há a ocorrência de uma seqüência de rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral, cujas principais litologias são basaltos toleíticos, andesitos, riolitos, dacitos e dacitos (Radam/Brasil, 1986; Roisenberg, 1990).

Conforme levantamento realizado pela CPRM (1998), há 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. Já as rochas ácidas são caracterizadas pela presença de riolitos, dacitos, dacitos, riolitos e vidros vulcânicos e formam três derrames principais.

Reginato (2003) também evidenciou a presença de um forte controle tectônico, marcado 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.

3 - 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.

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

O aquífero livre ou freático 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 são captadas por meio de poços escavados (poços cacimba) ou através de fontes (bastante comuns na região em função da topografia) e são utilizadas para abastecimento público, doméstico e no desenvolvimento de atividades agrícolas e agropecuárias, nas zonas rurais.

O segundo aquífero, denominado de fraturado, está localizado nas rochas vulcânicas sendo que seu principal condicionante são 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 nesse 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.

4 – CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

A qualidade da água subterrânea na Formação Serra Geral, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, está diretamente relacionada com o sistema aquífero captado.

4.1 - Águas Subterrâneas do Aquífero Livre

A água subterrânea proveniente do aquífero livre está localizada no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas da região em profundidades variáveis.

Conforme Hausman (1966) as águas subterrâneas desse aquífero possuem pH variando entre 6 e 9,5, apresentam baixos teores de sólidos totais, alcalinidade não muito elevada e dureza abaixo de 100. Outra característica está relacionada com a presença de ferro, que, em boa parte dos casos, apresenta-se em níveis acima do permitido (nesse caso, o teor desse elemento está relacionado com o tipo litológico e com o grau de alteração das rochas vulcânicas).

Segundo Reginato (2003) as águas subterrâneas desse aquífero, em geral, apresentam uma tendência marcada pela relação cálcio-magnésio, oriunda dos processos de intemperismo químico das rochas vulcânicas. Como o aquífero livre encontra-se localizado sobre o manto de alteração, o mesmo possui graus de vulnerabilidade médios a elevados. Nesse caso, as águas subterrâneas podem apresentar variações na qualidade, principalmente quanto à contaminação bacteriológica.

Para a área de estudo a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas foi realizada com base na interpretação de laudos físico-químicos e bacteriológicos de amostras de água. Os resultados obtidos indicaram que:

- todas as amostras analisadas apresentaram contaminação por coliformes fecais (valores entre 2 e 23 NMP/100ml) e coliformes totais (valores entre 2 e 110 NMP/100ml), evidenciando um aquífero de elevada vulnerabilidade a contaminação bacteriológica;
- todas as amostras foram classificadas como água doce;
- segundo a classificação USSL, que define o uso ou restrição de água para irrigação, as amostras foram classificadas como de risco nulo, tanto no caso do teor de sódio como no de salinização, visto que os valores de condutividade elétrica são inferiores a 100 umohs/cm e os valores de sódio são baixos;
- conforme a classificação de Piper (Figura 2), as águas podem ser classificadas como águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, sendo que com base na distribuição dos cátions, estas podem ser consideradas mistas. Essa relação está de acordo com a região, pois em ambientes de rochas vulcânicas é comum o predomínio desse tipo de água;
- na análise dos diferentes parâmetros físico-químicos, observou-se que essas águas tendem a ter valores mais elevados para turbidez, cor, ferro, manganês e alumínio e, valores mais baixos para pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio e dureza do que as águas que circulam no aquífero fraturado;
- na análise de metais (cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco) e de fluoretos, observou-se em algumas amostras índices de cobre (3 amostras – valores entre 0,01 e 0,02 mg/l) e zinco (7 amostras – valores entre 0,01 e 0,03 mg/l).

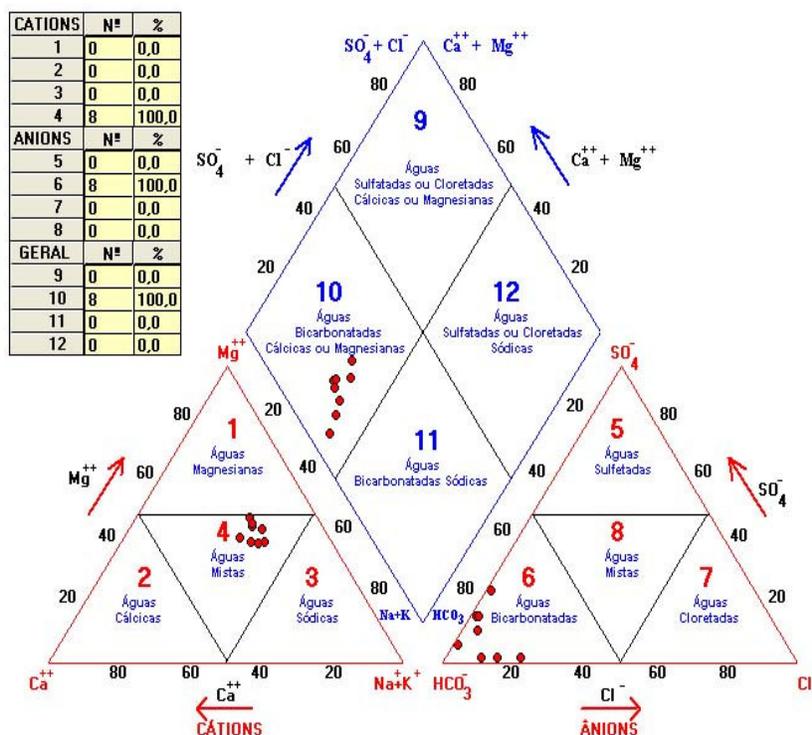


Figura 2 – Diagrama Piper com a classificação das águas do aquífero livre.

4.2 - Águas Subterrâneas do Aquífero Fraturado

A qualidade das águas subterrâneas do aquífero fraturado possui variações condicionadas pelas características geológicas e hidrogeológicas da região, o que pode ser evidenciada através da caracterização hidroquímica.

Reginato (2003) efetuou uma caracterização hidroquímica (baseada na análise de 137 amostras), para esse sistema aquífero, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul tendo encontrado que as águas estão distribuídas em três campos principais (Figura 3):

- águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas: 80,1%
- águas bicarbonatas sódicas: 18,4%
- águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas: 1,4%

Com relação à análise dos cátions, pode-se verificar que as águas subterrâneas da região estão dispostas em três campos principais:

- águas cálcicas: 62%;
- águas mistas: 37,6%;
- águas sódicas: 18,4%;

Tabela 1 – Distribuição em porcentagem das ocorrências de tipos diferentes de águas e suas relações com as diferentes regiões da área de estudo.

Regiões	Municípios Envolvidos	Águas Bicarbonatas Cálcicas ou Magnesianas	Águas Bicarbonatas Sódicas	Águas Sulfatadas Cálcicas ou Magnesianas
2	Bento Gonçalves	83,8%	16,2%	0%
3	Caxias do Sul	83,3%	16,7%	0%
4	Cotiporã	75%	25%	0%
5	Farroupilha	87,9%	12,1%	0%
6	Flores da Cunha	76%	24%	0%
8	Nova Pádua	55,6%	44,4%	0%
9	Nova Roma do Sul	66,7%	16,7%	16,7%
10	São Marcos	100%	0%	0%
11	Veranópolis	25%	50%	25%

Analisando-se esses dados, observa-se que há uma predominância do campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, onde uma proporção acima de 65% é destacada. Essa proporção está de acordo com a caracterização geral da área e indica que as composições químicas da maioria das águas subterrâneas da região estão relacionadas com os processos de intemperismo das rochas vulcânicas (controle litoquímico).

A região de Nova Pádua é uma exceção, pois a proporção apresentada pelo campo das águas bicarbonatadas sódicas (44%) é próximo do campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. Um outro fato que chama atenção, embora o número de amostras envolvidas seja muito reduzido, é a proporção encontrada para a região de Veranópolis, onde há um predomínio do campo das águas bicarbonatadas sódicas. A relação encontrada nessas duas regiões poderia indicar uma estruturação tectônica diferenciada, o que favoreceria o contato entre as águas subterrâneas dos diferentes aquíferos (Guarani e Serra Geral), promovendo uma mistura das mesmas. Essa circulação poderia se dar em diferentes níveis altimétricos, dependendo do sistema estrutural existente. Assim, os principais condicionantes dessa diferenciação hidroquímica seriam os controladores geotectônicos, morfotectônicos e morfoestruturais.

As águas bicarbonatadas sulfatadas cálcicas ou magnesianas foram identificadas em Nova Roma do Sul e Veranópolis. Em ambas as regiões, observou-se uma correlação dessas ocorrências

com lineamentos de médio a grande porte (acima de 2 km), de orientação noroeste (N70 - 90W) e em áreas de relevo dissecado. Assim, esses lineamentos proporcionariam a ligação entre os aquíferos, promovendo a circulação e misturas das diferentes águas.

Com a caracterização hidroquímica das águas do aquífero fraturado pode-se observar que as mesmas apresentam, em geral, boa qualidade. No entanto, existem problemas de contaminação bacteriológica e química que afetam os padrões de qualidade dessas águas. Nesse, caso, as regiões de maior desenvolvimento urbano e industrial apresentam maior vulnerabilidade, como é o caso da região de Caxias do Sul.

Um dos maiores problemas da região que compromete a qualidade e a potabilidade das águas subterrâneas é a presença de Ferro e Manganês. Segundo Hausman (1995), a presença de desses elementos corresponde ao principal problema com relação ao aproveitamento dessas águas. Sua origem está associada aos processos de decomposição das rochas vulcânicas que possuem minerais ferro-magnesianos, os quais, quando quimicamente intemperizados acabam por fornecer os elementos Fe e Mn para os solos e, conseqüentemente, para as águas que circulam por eles.

Em geral, em todas as regiões analisadas, há a ocorrência de águas subterrâneas que apresentam excesso de Ferro e Manganês. No entanto, observando-se a Figura 4, percebe-se que, em algumas regiões, a ocorrência é maior e ultrapassa 50% dos casos.

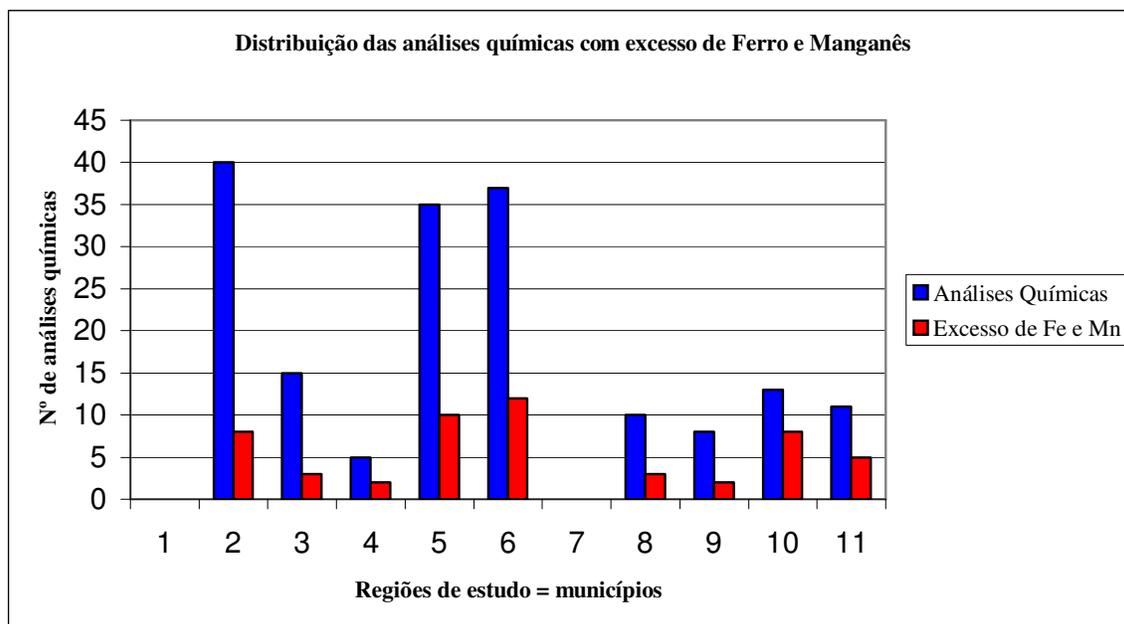


Figura 4 – Distribuição das análises químicas que apresentaram excesso de Ferro e Manganês e sua relação com as diferentes regiões de estudo.

5 – CONCLUSÕES

Os recursos hídricos da Formação Serra Geral na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul estão associados a dois aquíferos principais: livre ou freático e o fraturado. Nesse caso a qualidade das águas subterrâneas está relacionada com o tipo de sistema aquífero e com as características geológicas e hidrogeológicas existentes na região.

O aquífero livre está localizado no manto de alteração das rochas e caracteriza-se por águas que, em geral, apresentam uma caracterização hidroquímica marcada pela relação cálcio maior que magnésio. Além disso, em função da vulnerabilidade desse sistema, as águas subterrâneas desse aquífero apresentam uma forte tendência a contaminação bacteriológica, fato evidenciado pelo altos índices de contaminação bacteriológica identificada.

O aquífero fraturado está localizado nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e sua ocorrência depende da estruturação tectônica (sistema de fraturas) e das estruturas primárias. A qualidade das águas subterrâneas do sistema aquífero fraturado em geral é boa, apresentando exceções nas regiões mais densamente urbanizadas e que apresentam forte desenvolvimento industrial.

A caracterização hidroquímica do aquífero fraturado evidencia que as águas que circulam por esse sistema podem ser classificadas em três grandes campos principais: o campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (80,1%); o campo das águas bicarbonatas sódicas (18,4%) e o campo das águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas (1,4%).

O campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas possui um controle litoquímico já que suas características químicas estão relacionadas com os processos de intemperismo que atuam sobre as rochas vulcânicas da região. Já os campos das águas bicarbonatadas sódicas e sulfatadas cálcicas ou magnesianas evidenciam a existência de condicionadores geotectônicos e morfotectônicos que seriam responsáveis pela ligação, circulação e conseqüente mistura das águas de diferentes aquíferos (Guarani e o Fraturado da Serra Geral). Além disso, a análise detalhada por regiões comprovou a existência desses três campos e a predominância das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas.

No entanto, um dos maiores problemas da região que comprometem a qualidade e potabilidade das águas subterrâneas do aquífero fraturado está relacionado com o excesso de Ferro e Manganês. Nesse caso, os condicionadores da presença desses elementos estaria relacionado com aspectos morfoestruturais, geomorfológicos e pedológicos.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM. 1998, 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.
- CPRM. 1998. 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.
- HAUSMAN, A..1966. Comportamento do freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul. Boletim Paranense de Geografia. Nº18/20 p. 177-215. 1966.
- 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, 1995.
- 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 10^o, Gramado/RS, 1993. Anais. p. 539-548. 1993.
- 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.
- 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).