

# Caracterização Hidroquímica das Águas Minerais da Serra do Nordeste Gaúcho

Fernando E. Boff & Marco A. de Medeiros<sup>1</sup>; Alberto L. Muller<sup>2</sup>; Jair C. Koppe<sup>3</sup>

**Resumo** - A avaliação quanto às propriedades físico-químicas de fontes de águas minerais proveniente do aquífero fraturado das rochas efusivas situadas na Serra do Nordeste do Rio Grande do Sul, mais especificamente nos municípios de Caxias do Sul, Flores da Cunha, São Marcos, Ipê e Antonio Prado, revelou aspectos peculiares quanto ao comportamento hidroquímico destas águas. O estudo tomou por base um banco de dados constituído de parâmetros físico-químicos principais e elementos traços emitidos pelos Laboratórios LAMIN/CPRM e Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (CIENTEC). O tratamento dos dados permitiu definir algumas propriedades características quanto a alguns componentes analisados que por sua vez demonstraram uma estreita correlação com a composição litoquímica das rochas hospedeiras. Estas rochas, que apresentam ampla representação na região, são constituídas essencialmente por derrames vulcânicos de composição ácida da Formação Serra Geral. Este estudo tem como objetivo principal a determinação de uma identidade para as águas minerais situadas na região da Serra do Nordeste Gaúcho.

**Abstract** - The evaluation of the properties physiochemical of originating from sources of mineral water the fractured aquifer of the located effusive rocks in the Mountain of the Northeast of Rio Grande do Sul most specifically at Caxias do Sul, Flores da Cunha, São Marcos, Ipê, Antonio Prado municipal districts it has revealed peculiar aspects as for the behavior hydrochemical of these waters. The study took for base a constituted database of main physiochemical parameters and elements lines emitted by LAMIN/CPRM and CIENTEC Laboratórios. The treatment of the data allowed to define some characteristic properties as for some components analyzed that for its time, demonstrated a narrow correlation with the composition litochemical of the rocks hostess. These rocks, that have wide representation in the area, they are constituted essentially by effusive rock of acid composition. This study has as main objective the determination of an identity for the mineral water placed in Serra Gaucho's area.

---

<sup>1</sup> Napeia Consultoria e Projetos Ltda: Av. Júlio de Castilhos, 2773/701A, Caxias do Sul/RS, fone (054) 32239188, e-mail: napeia@napeia.com.br

<sup>2</sup> DNPM: Rua Washington Luiz, 815, sala 411, Porto Alegre/RS, fone (051) 99160077, e-mail: gtmuller@terra.com.br

<sup>3</sup> DEMIN/UFRGS: Av. Bento Gonçalves, 9500 – setor 4 – Prédio 74 – sala 211, Porto Alegre/RS, fone: (051) 33169481, e-mail: jkoppe@ufrgs.br

**Palavras-Chave** – Aquífero Serra Geral, água mineral, hidroquímica.

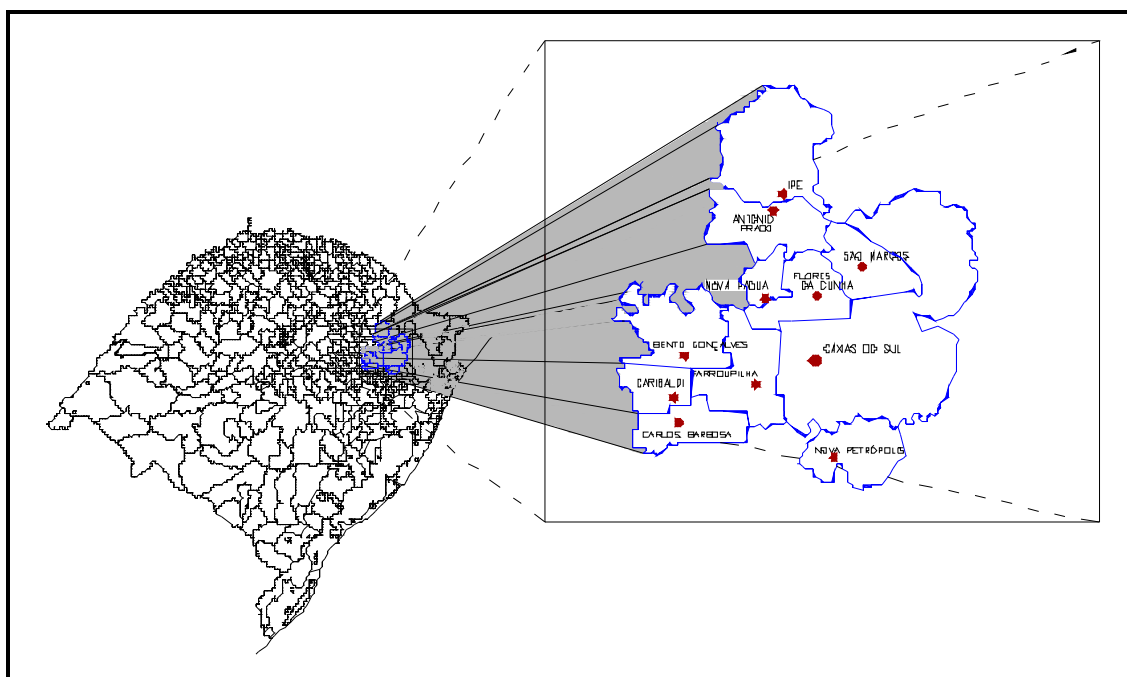
## 1. INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes (Mobus (1987), Hausman (1995), Lisboa (1993 e 1996) e Reginato (2003)), com enfoque dirigido as águas subterrâneas do aquífero fraturado Serra Geral, identificaram alguns aspectos hidroquímicos característicos deste manancial. Este trabalho através de uma análise específica de um conjunto de análises efetuadas pelos laboratórios da CPRM/LAMIN e Fundação de Ciência a Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (CIENTEC) de amostras coletadas em 19 fontes de águas minerais situadas na região nordeste do Rio Grande do Sul (abrangendo os municípios de Caxias do Sul, Flores da Cunha, Ipê, Antonio Prado e São Marcos) permitiu também a revelar outras propriedades consideradas peculiares.

Nestas propriedades foi observada uma estreita correlação entre os parâmetros físico-químicos das águas minerais, com a natureza litoquímica do meio aquífero fraturado, juntamente com o grau de alteração intempérica das rochas hospedeiras.

## 2. LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS

As fontes analisadas localizam-se na região nordeste do Rio Grande do Sul, limitada pelas coordenadas de 28° 45' a 29° 30' de Latitude Sul e 50° 45' a 51° 45' de Longitude Oeste e incluídas parcialmente nas Bacias Hidrográficas do Caí e Taquari-Antas (**Figura 1**).



**Figura 1** – Região de abrangência das fontes avaliadas.

### **3. CARACTERÍSTICAS GERAIS**

#### **3.1. Clima**

De acordo com Camargo (1991) a região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul apresenta um clima temperado perúmido (TE PU) com temperaturas médias anuais oscilando entre 12,1° e 18° C, temperatura média do mês mais frio inferior a 13° C com um excedente hídrico entre 201 e 1000 mm e não apresenta deficiência hídrica.

Os balanços hidroclimáticos referentes às estações de Bento Gonçalves e Caxias do Sul (Embrapa, 2005) atestam taxas de excedentes hídricos médios anuais variando entre 927 e 1144 mm não sendo constatados deficiências hídricas no decorrer do ano.

Este elevado excedente constitui fator importantíssimo para a manutenção da reserva reguladora (recarga) do aquífero Serra Geral na área de abrangência dos empreendimentos em estudo assim como para o processo de lixiviação e aporte de íons nesta.

#### **3.2. Características Fisiográficas**

##### **3.2.1. Geomorfologia e relevo**

Nesta região predomina a Unidade Geomorfológica Planalto dos Campos Gerais (IBGE, 1986), caracterizada por formas de relevo de dissecação diferencial, estas por sua vez traduzidas por profundos entalhamentos fluviais que se apresentam embutidos em linhas estruturais. Entre uma e outra drenagem deste tipo ocorrem inúmeros arroios incipientes, também seguindo orientações estruturais. A grande proximidade desses canais fluviais confere ao conjunto um maior grau de dissecação.

##### **3.2.2. Vegetação**

De acordo com avaliação da distribuição espacial da cobertura vegetal na Bacia do Taquari-Antas (Magna, 1997), exceção a alguns trechos preservados de mata galeria junto aos trechos encaixados das principais drenagens da região, predominam na área de interesse reflorestamentos, cultivo de parreiras para vitivinicultura e as pastagens com alguns remanescentes de Floresta Ombrófila Mista.

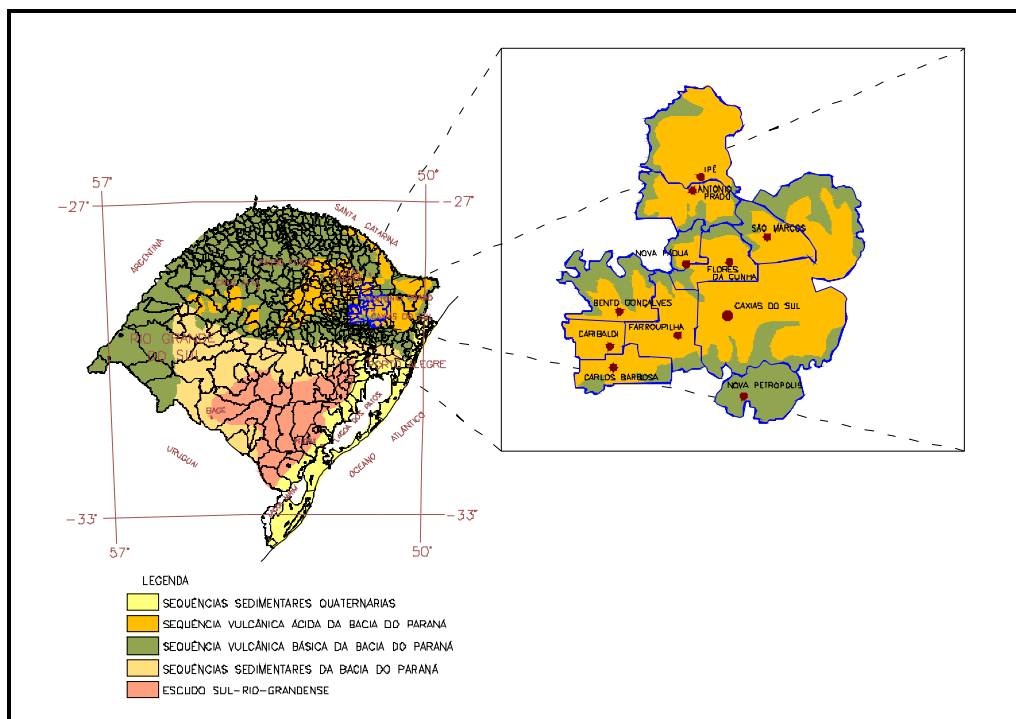
##### **3.2.3. Geologia**

As rochas armazenadoras do aquífero Serra Geral são constituídas por derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, Bacia do Paraná. Em termos litológicos as estas rochas apresentam natureza

básica a ácida sendo escassas as de natureza intermediária. Estudos geoquímicos realizados por Paete et al. (1990, 1992) *apud* Roisenberg e Vieiro (2002) subdividiram a seqüência ácida em seis grupos denominados de Ubirici, Pitanga, Paranapanema, Ribeira, Esmeralda e Gramado sendo o último mais abundante no Rio Grande do Sul. As rochas vulcânicas ácidas são constituídas por riolitos, riodacitos e quartzo-latitos e cobrem cerca de 50.000 km<sup>2</sup> no Rio Grande do Sul e atingem até 400 metros de espessura. O pacote ácido foi dividido em dois litotipos principais denominados de Chapecó e Palmas. O segundo constitui o tipo predominante na área estudada.

As rochas do tipo Palmas são marcadas pela expressiva ocorrência de derrames ácidos afíricos (tipo Palmas) e se concentram principalmente na borda oriental da escarpa.

A seqüência ácida do tipo Palmas, predominante na área de interesse deste estudo, é destacada em termos geoquímicos pelos conteúdos maiores de SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O além de concentrações mais abundantes dos elementos incompatíveis U, Th e Rb (Roisenberg e Vieiro, 2002).



**Figura 2** – Compartimentação Geológica do estado do Rio Grande do Sul com destaque para a situação da área em estudo (modificado de Roisenberg e Vieiro, 2002).

### 3.3. Características Hidroquímicas das Fontes de águas Minerais

Uma avaliação quanto aos parâmetros físico-químicos dessas águas minerais, considerando um total de 19 amostras, estas coletadas em 11 empreendimentos ativos ou em vias de serem

instalados, permitiu delinear uma caracterização hidroquímica preliminar das fontes na região de influência deste estudo sendo esta referida como Serra do Nordeste Gaúcho (SNG).

Nestes empreendimentos as fontes de captação de águas minerais são exploradas invariavelmente através de poços tubulares profundos com profundidades oscilando entre 70 a 250 metros, recebendo contribuições apenas dos trechos abrangidos pelo aquífero rochoso fraturado.

As vazões de exploração diárias estimadas para estes poços, situam-se entre 10.000 litros e 700.000 litros. No entanto as maiores frequências geralmente ficam abaixo dos 100.000 litros dia.

Este estudo permitiu a determinação de algumas características hidroquímicas peculiares para as águas minerais da região.

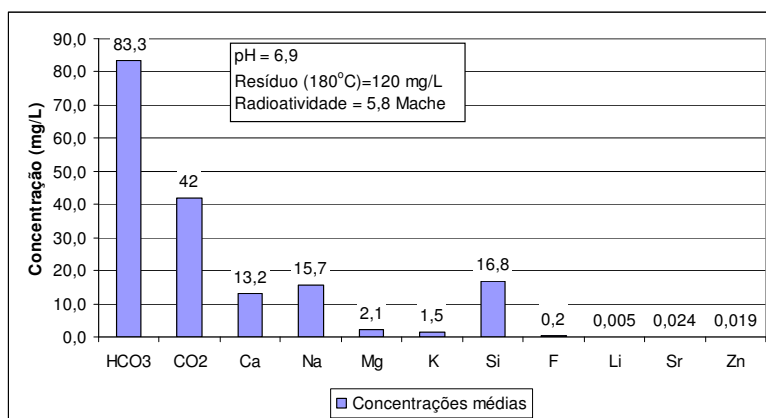
Os principais parâmetros físico-químicos identificadores destas águas minerais são: Radioatividade na fonte, pH, Resíduo Total, bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^+$ ), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Silício ( $\text{Si}^{4+}$ ), Fluoreto ( $\text{F}^-$ ), Lítio ( $\text{Li}^+$ ), Estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ) e Zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ).

A **Tabela 1** contém uma relação das fontes e respectivas concentrações dos parâmetros analisados.

**Tabela 1** – Relação dos principais parâmetros físico-químicos caracterizadores das fontes de águas minerais avaliadas na região da Serra do Nordeste Gaúcho.

Fonte	pH	Resíduo 180oC	Radioatividade (maches)	Bicarbonato mg/L	Gas carbônico mg/L	Cálcio mg/L	Magnésio mg/L	Potássio mg/L	Silício mg/L	Sódio mg/L	Fluoreto mg/L	Lítio mg/L	Estrôncio mg/L	Zinco mg/L
1	6,59	94,53	3,07	64,8	29,04	11,51	2,42	2,5	16,94	6,56	0,08	0,002	0,031	0,036
2	6,82	118,38	2,78	81,49	33,19	12,99	2,29	1,7	20,48	12,54	0,1	0,003	0,009	0,019
3	6,8	113,49	7,07	77	24,89	12,33	2,24	2	19,89	11,51	0,11	0,003	0,021	0,027
4	7,25	106,89	0,12	71,49	24,35	11,57	2,31	1,6	21,02	9,3	0,17	0,004	0,016	0,019
5	7,83	114,27	0,28	80,48	4,15	11,49	2,24	1,06	17,13	16,05	0,6	0,006	0,014	0,012
6	7,45	112,36	10,57	78,95	120,31	13,49	2,45	1,1	16	13,5	0,65	0,005	0,01	0,019
7	5,99	118,99	12,97	63,3	112,01	6,6	0,14	0,8	4,52	34,17	0,08	<0,001	0,005	0,031
8	5,97	106,79	13,62	50	87,12	0,75	0,21	1,2	5,81	33,98	0,08	<0,001	n.d.	0,04
9	8,54	146,88	5,08	104,25	-	4,79	0,08	0,29	-	40,56	0,19	-	-	-
10	6,54	94,27	0,27	56,89	12,45	9,8	1,7	2,2	15,5	9,93	0,12	0,004	0,028	0,02
11	6,88	108,52	8,38	76,24	0	12,41	4,19	0,6	19,67	7,91	0,21	0,007	0,006	0,013
12	7,4	178,77	3,6	147,65	48,73	21,23	4,02	0,2	19,71	29	0,25	0,015	0,005	0,012
13	6,75	130,1	2,08	80,82	25,34	17,22	2,54	1,96	26,16	7,19	0,09	0,003	0,017	0,005
14	7,18	155,09	10,96	109,91	31,41	16,61	1,6	1,57	25,29	21,1	0,2	0,006	0,012	0,013
15	7,3	161	-	116	-	24,5	2,7	1,2	-	12,5	0,2	0,008	-	-
16	6,6	133	-	-	-	13,9	2,5	3,3	-	8,5	0,12	0,004	-	-
17	7,13	127,19	4,67	83,67	24,24	23,20	1,77	1,04	11,98	10,85	0,10	0,005	0,092	0,007
18	6,81	114,05	6,54	73,56	53,34	19,57	2,86	1,72	11,58	8,25	0,08	0,004	0,073	0,009
19	6,1	48,38	-	-	-	7,61	0,97	2,5	-	5,02	0,03	-	-	-

Na **Figura 3** estão contidos na forma de gráfico as concentrações médias de cada componente do conjunto de dados contido na **Tabela 1**.



**Figura 3** – Concentrações médias dos componentes característicos das fontes de águas minerais da Serra do Nordeste Gaúcho.

Em estudo realizado por Reginato (2003), no Sistema Aquífero Serra Geral em trecho da bacia Hidrográfica do Taquari-Antas (abrangendo a região avaliada), foram distinguidos e quantificados três campos hidrogeoquímicos principais:

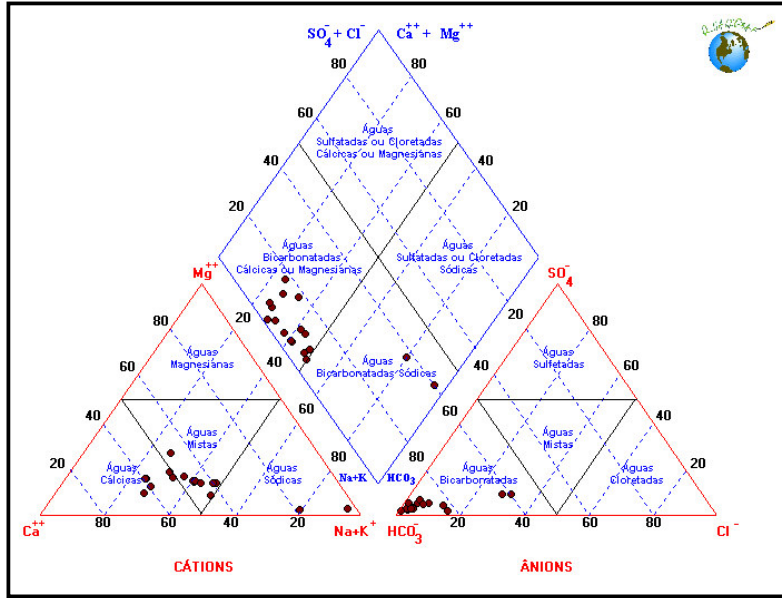
- Águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (80,1%)
- Águas bicarbonatadas sódicas (18,4%);
- Águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas (1,4%).

Na **Figura 4** está representado o diagrama de Piper elaborado a partir dos resultados disponíveis das águas minerais da Serra do Nordeste do RS. Verifica-se que apesar do terceiro campo não ter sido constatado a mesma tendência quanto às duas primeiras categorias foi constatada nas fontes em estudo com ampla predominância da das Águas Bicarbonatadas Cálcicas ou Magnesianas perfazendo um total de 88 % do universo amostral.

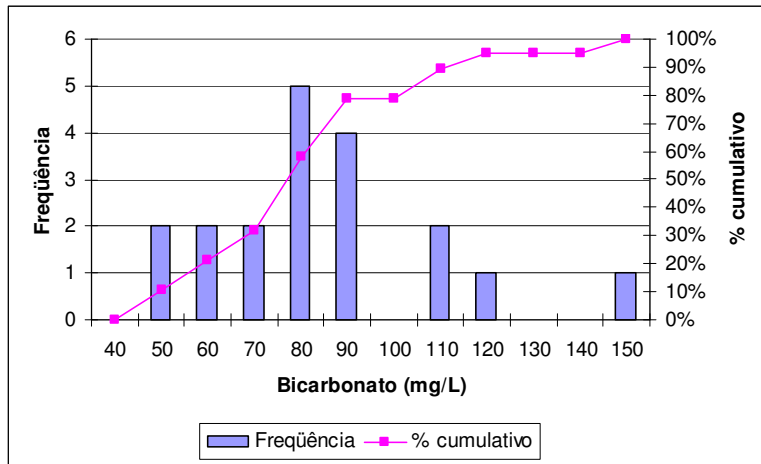
Nos itens a seguir são avaliados e discutidos com auxílio de gráficos as resultados e possíveis fontes de cada um dos parâmetros caracterizadores.

### **Bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Os resultados de Bicarbonato variam numa faixa situada entre 42,06 mg/L e 147,5 mg/L. Porém como se pode verificar através do gráfico da **Figura 5** que prevalecem as frequências entre os intervalos de valores de 70 a 90 mg/L. A concentração de bicarbonato assim como de cálcio está associada com a abundância de carbonato de cálcio (calcário) em solução. Segundo Hausman (1995) fontes de calcário e bicarbonato estão associadas principalmente com as mineralizações em zonas de brechas vulcânicas ou cavidades preenchidas em topos de derrames constituídas de calcitas e ainda com algumas as mineralizações secundárias preenchendo estruturas com determinadas orientações.



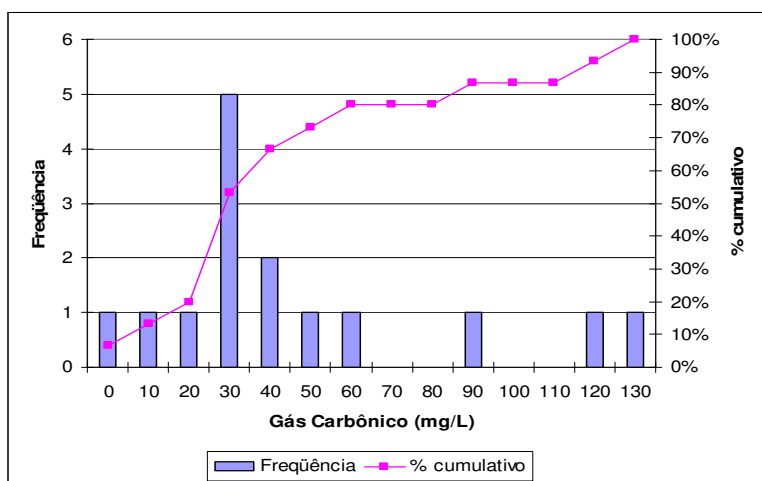
**Figura 4** – Diagrama de Piper mostrando a classificação hidroquímica de 19 fontes de águas minerais da SNG.



**Figura 5** - Histograma de frequências e percentagem acumulativa dos valores de bicarbonato ( $HCO_3^-$ ).

### Gás Carbônico ( $CO_2$ )

O tratamento de dados aplicado aos valores de concentração de gás carbônico ( $CO_2$ ), situados entre 0 e 120,31 mg/L, através do histograma de frequências indicou uma variabilidade irregular entre cada categoria, sendo notável o predomínio das frequências entre os índices de 20 e 30 mg/L (vide **Figura 6**).

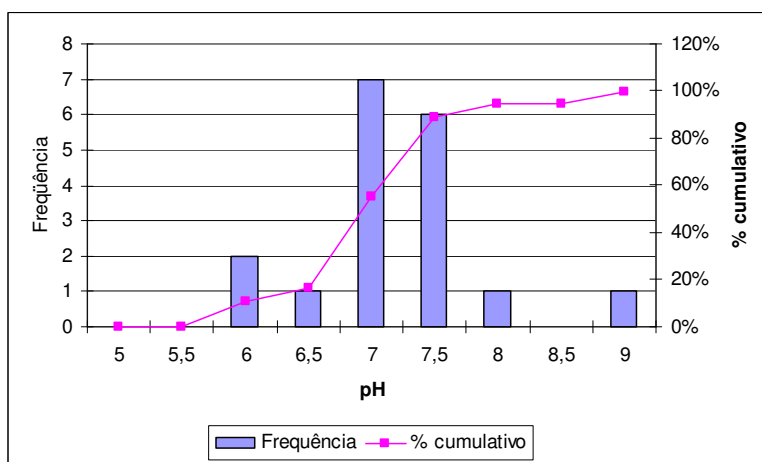


**Figura 6** - Histograma de frequências e percentual cumulativo dos teores de gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

## pH

O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. O pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. Varia de 1 a 14, sendo neutro com o valor 7, ácido com valores inferiores a 7 e alcalino ou básico com valores superiores a 7 (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

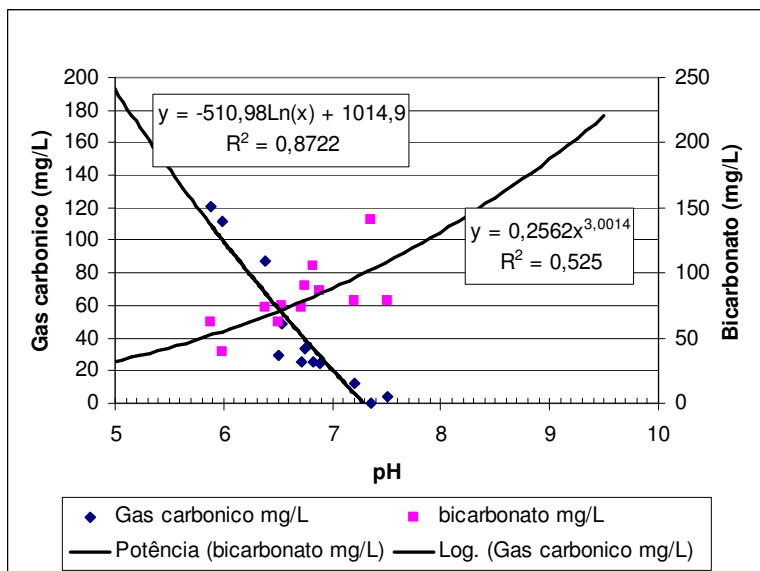
A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11. Nas águas minerais da SNG são registrados valores de pH variando desde 5,97 até 8,54, porém com amplo predomínio das classes de frequência entre 6,5 e 7,0 e 7,0 e 7,5 ou seja muito próximo da condição de neutralidade.



**Figura 7** – Histograma de classes dos valores de pH.



O gráfico da **Figura 8** representa a relação entre as concentrações de gás carbônico e bicarbonato em relação ao pH (acidez e alcalinidade) das águas.



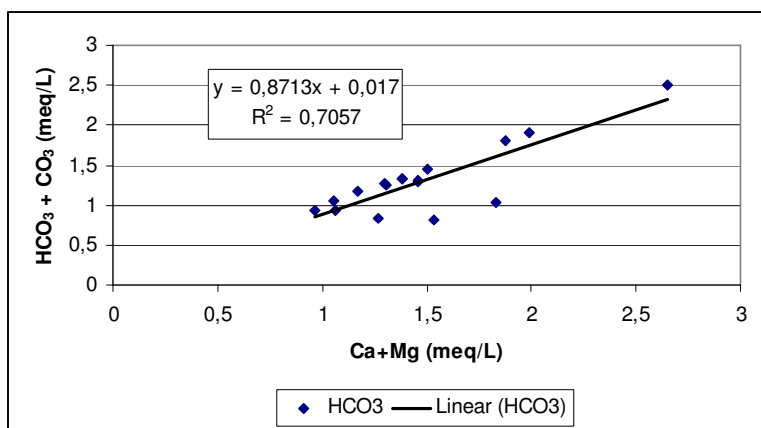
**Figura 8** - Gráfico confrontando a variação das concentrações de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em função do pH.

No gráfico de pontos da **Figura 9** encontram-se traçados os somatórios das concentrações em miliequivalentes por litro (meq/L) de carbonato e bicarbonato, versus a soma das concentrações de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) em meq/L. A curva de tendência aplicada ao gráfico de dispersão dos pontos demonstra a influência da concentração de cálcio e magnésio na formação de carbonato e bicarbonato em solução.

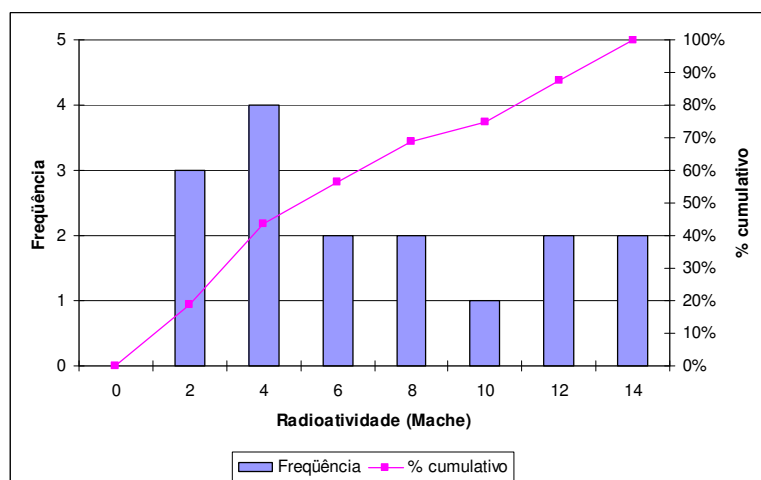
## Radioatividade

Estudos geoquímicos realizados nas rochas vulcânicas do Rio Grande do Sul indicam níveis distintos de Urânio (U) e Tório (Th) na porção abrangida pelas rochas ácidas do tipo Palmas, ao qual inclui a região em estudo. Esta distribuição pode explicar as freqüentes ocorrências de captações de águas minerais com presença de radioatividade na fonte.

A radioatividade registrada nas amostras de água obtidas a partir de análises *in loco* apresentam valores desde 0,12 a 13,62 unidades Mache (vide **Figura 10**). Conforme a classificação vigente quanto ao teor de radônio por litro de gás espontâneo poderemos ter fontes fracamente radioativas (entre 5 e 10 unidades Mache) até radioativas (entre 10 e 50 unidades Mache). De acordo com estas especificações de 16 fontes submetidos a estudos *in loco* 8 receberam a classificação como radioativas, sendo 4 fracamente radioativas e 4 radioativas na fonte.



**Figura 9** – Gráfico de pontos e curva de ajuste confrontando os valores dos somatórios de carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) em função dos somatórios de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).



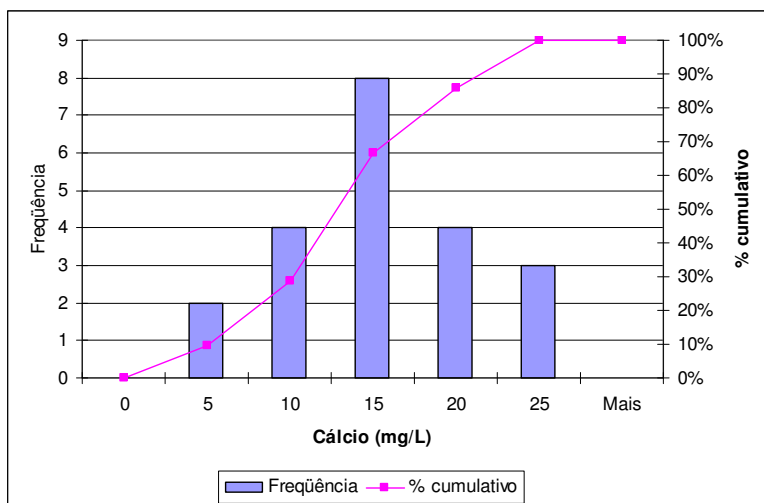
**Figura 10** – Histograma de frequências e percentual cumulativo dos teores de radônio por litro de gás espontâneo.

### Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )

O teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100 mg/L. As possíveis fontes de liberação de cálcio identificadas na SNG podem estar associadas aos minerais de plagioclásio cálcico, a presença de carbonatos em geodos ou discontinuidades preenchidas com carbonatos, o que leva a deduzir que os principais processos responsáveis pela liberação do cálcio podem ocorrer por hidrólise ou dissolução.

Nas fontes de águas minerais analisadas, os teores de cálcio mantiveram-se limitados a um intervalo entre 0,75 a 24,5 mg/L, sendo o pico de frequência situado no intervalo de 10 a 15 mg/L (vide **Figura 11**).

Conforme se pode observar pelo gráfico da **Figura 9**, o cálcio (juntamente com o magnésio) na forma de calcário é um dos principais responsáveis pelo controle dos teores de bicarbonato e carbonato em solução e conseqüentemente do pH.



**Figura 11** – Histograma de frequência e percentual cumulativo das concentrações de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

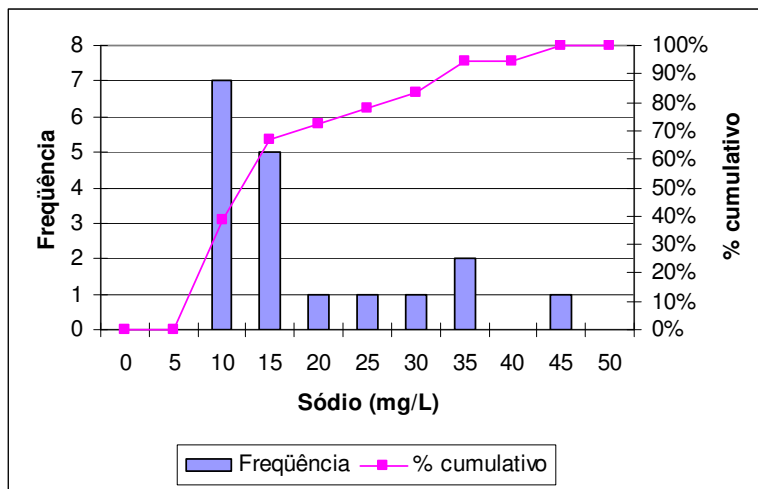
### Sódio ( $\text{Na}^{2+}$ )

De acordo com Paete (1989) *apud* Roisenberg e Vieiro (2002) o sódio é um dos constituintes mais abundantes nas rochas vulcânicas ácidas do tipo Palmas compondo um percentual médio de 3,18 % de  $\text{Na}_2\text{O}$ . As principais fontes de sódio estão associadas aos minerais de plagioclásio  $\text{An}_{65-40}$  (andesina, labradorita). As concentrações de sódio possuem valores extremos entre 6,56 mg/L e 40,56 mg/L, porém com maior frequência na categoria entre 10 e 15 mg/L (vide **Figura 12**).

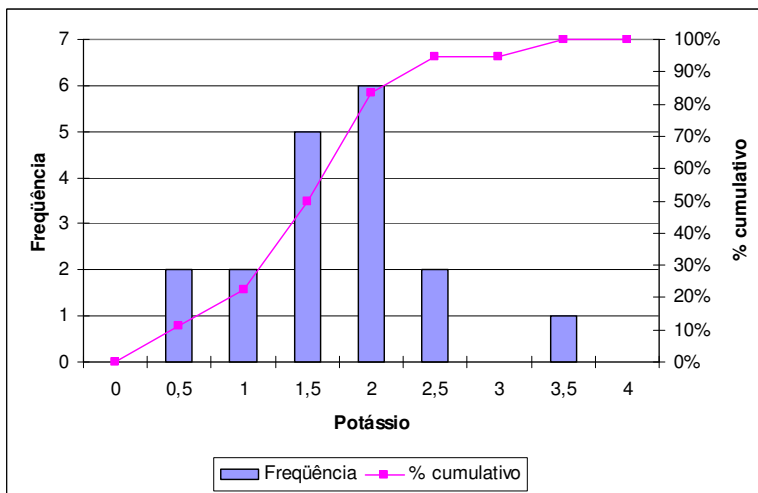
### Potássio ( $\text{K}^+$ )

A seqüência ácida do tipo Palmas se destaca pelo conteúdo maior de  $\text{K}_2\text{O}$ . Conforme estudo geoquímico realizado nas rochas vulcânicas desta seqüência o conteúdo médio de  $\text{K}_2\text{O}$  é de 3,79%. Os principais minerais responsáveis pela liberação de potássio (K) em solução são os feldspatos. Roisenberg e Vieiro (2002) destacam a presença na matriz do intercrescimento micrográfico de sanidina com o quartzo.

Nos laudos de análise das águas minerais em estudo o conteúdo do íon potássio varia entre 0,2 a 3,3 mg/L. Observa-se que as maiores frequências estão situadas principalmente nos intervalos de categorias situadas entre 1 e 2 mg/L (vide **Figura 13**).



**Figura 12** – Histograma de frequências e percentual cumulativo das concentrações de sódio ( $\text{Na}^+$ ).



**Figura 13** - Histograma de frequências e gráfico do percentual cumulativo dos teores de potássio ( $\text{K}^+$ ) em solução.

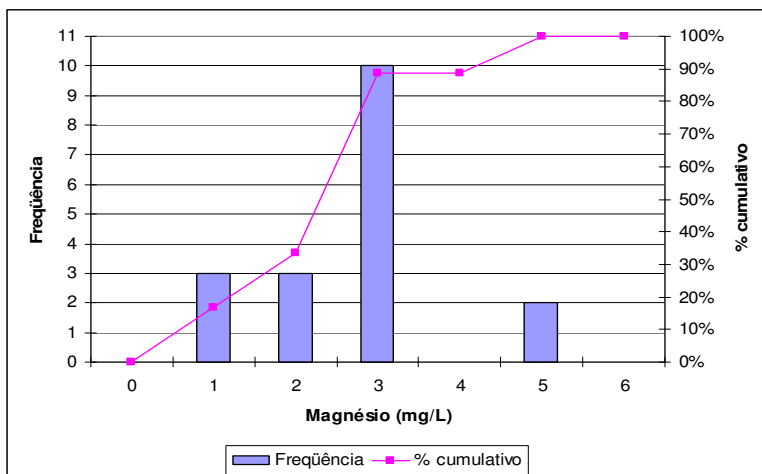
### Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ )

O magnésio constitui um percentual pouco abundante nas rochas ácidas. Estudos de Peate (1989) *apud* Roisenberg e Vieiro (2002) indicam que as rochas do tipo Palmas apresentam um teor médio de 1,26% em MgO.

O magnésio apresenta propriedades similares ao cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar. Quando em solução, tem a tendência de nela permanecer, daí o enriquecimento dos seus sais nas águas dos oceanos. Nas rochas hospedeiras as fontes prováveis de magnésio estão associadas ao intemperismo de minerais ferromagnesianos tais como os ortopiroxênios (enstatita).

As águas subterrâneas apresentam teores mais frequentes de magnésio no intervalo de 1 a 40 mg/L (Feitosa e Freire, 1997). Nas amostras analisadas pode-se verificar pela **Tabela 1** que os

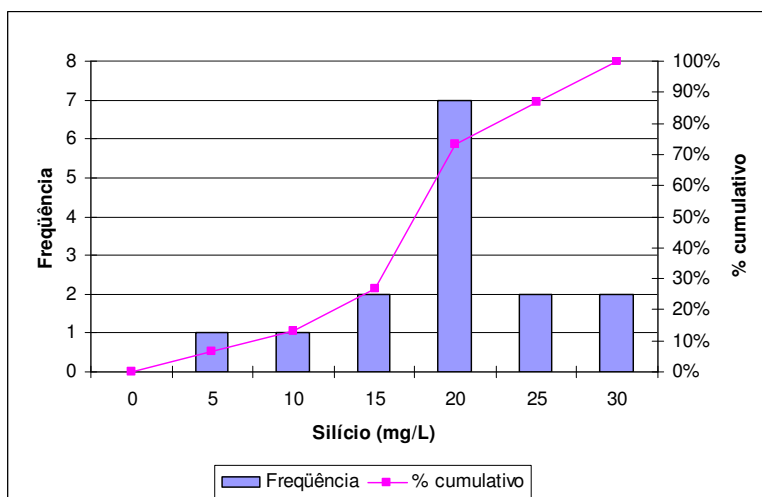
teores do íon magnésio nas fontes avaliadas variam entre 0 e 4,19 mg/L, no entanto se constata um pico de frequência na categoria entre os valores de 2 e 3 mg/L (vide **Figura 14**).



**Figura 14** – Histograma de frequência e curva dos percentuais cumulativos do íon magnésio ( $Mg^{2+}$ ).

#### Silício ( $Si^{4+}$ )

As concentrações de silício em solução variam numa faixa situada entre 4,52 mg/L e 26,16 mg/L, porém como se pode observar no histograma da **Figura 14** as maiores frequências predominam no intervalo de 15 a 20 mg/L.



**Figura 14** – Histograma de frequência e curva dos percentuais cumulativos do íon silício ( $Si^{4+}$ ).

A sílica se origina do intemperismo de silicatos que é um dos principais constituintes das rochas. Os principais minerais portadores de sílica nas rochas ácidas da Formação Serra Geral na

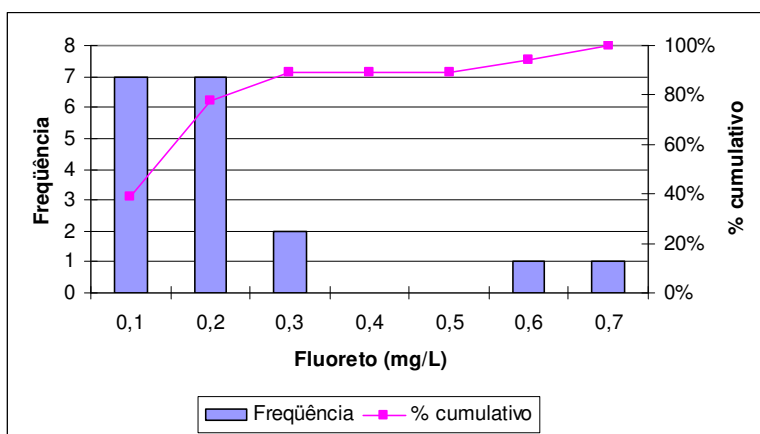
região em estudo são o quartzo e o plagioclásio.

### Flúor (F<sup>-</sup>)

As fontes de flúor podem estar associadas principalmente com as mineralizações que preenchem ou geodos nos topos de derrames (e brechas vulcânicas) tais como a flúor-apofilita ( $\text{KCa}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{F},\text{OH})\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), assim como a partir da alteração de minerais primários como a apatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$ ).

O íon fluoreto é um dos principais componentes responsáveis pela classificação das águas minerais da região sendo seus valores compreendidos num intervalo variando desde 0,08 a 0,65 mg/L. Conforme se pode verificar no gráfico da **Figura 15** as maiores freqüências ocorrem na categoria de valores entre 0 e 0,2 mg/L. Este intervalo de concentrações satisfaz os critérios de exigência da Resolução RDC-274 para fins de potabilidade requeridos para as águas minerais.

Cabe observar que estes níveis de concentração estão em conformidade critérios de exigência da Resolução RDC-274 para fins de potabilidade requeridos para as águas minerais.

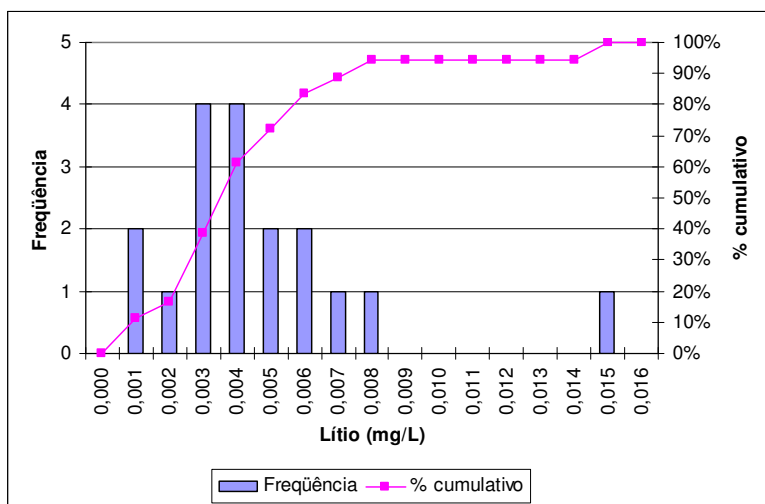


**Figura 15** - Histograma de freqüências e curva de percentual cumulativo dos valores do íon fluoreto (F<sup>-</sup>).

### Lítio (Li<sup>+</sup>)

A origem do lítio presente nas águas pode estar associada a algumas variedades de piroxênios e anfibólios.

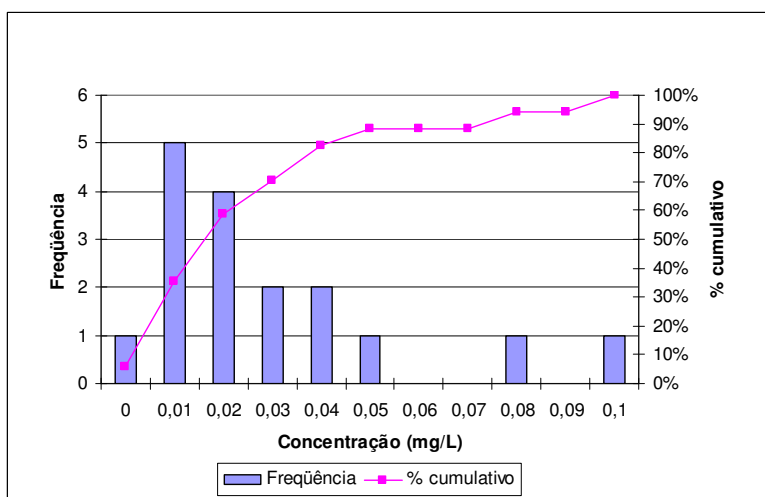
Os níveis de concentração alcançados estão situados numa faixa desde 0 a 0,015 mg/L, embora as maiores freqüências ocorram principalmente em duas categorias situadas entre os valores de 0,002 a 0,004 mg/L (vide **Figura 16**).



**Figura 16** – Histograma de frequência e curva cumulativa dos valores de lítio (Li<sup>+</sup>).

### Estrôncio

Os teores do íon estrôncio registrados a partir das amostras avaliadas apresentam teores entre 0 a 0,092 mg/L com frequências mais elevadas principalmente entre 0,01 e 0,02 (**Figura 17**). Podem ter origem nos carbonatos em geodos ou brechas vulcânicas e nos minerais secundários de apatita.

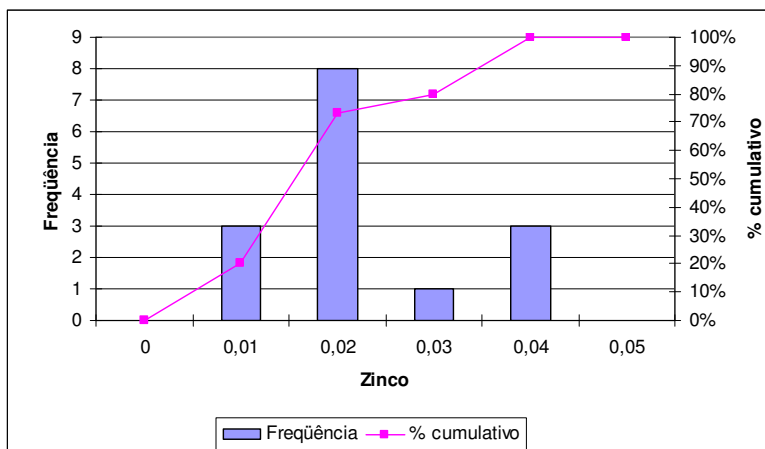


**Figura 17** – Histograma de frequências e curva de percentual cumulativo do estrôncio (Sr<sup>2+</sup>).

### Zinco (Zn<sup>2+</sup>)

O zinco é presença freqüente em baixas concentrações nas águas minerais. Os valores registrados deste cátion estão limitados a uma faixa entre 0,005 a 0,04 mg/L. Observa-se o grande

predomínio das concentrações no intervalo de 0,01 a 0,02 mg/L. As fontes de zinco podem estar associadas aos minerais de apatita.



**Figura 18** – Histograma de frequência e curva do percentual cumulativo do parâmetro zinco.

#### 4. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A região apresenta uma condição favorável para recarga dos aquíferos considerando o balanço hidroclimático através do qual não se verificam situações de deficiência.

Estão situadas numa região geológica distinta que confere a água subterrânea propriedades hidroquímicas características.

Os principais parâmetros, elementos e compostos químicos identificadores das águas minerais avaliadas na região da Serra do Nordeste Gaúcho (SNG) são: Radioatividade na fonte, pH, Resíduo Total, bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^+$ ), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Silício ( $\text{Si}^{4+}$ ), Fluoreto ( $\text{F}^-$ ), Lítio ( $\text{Li}^+$ ), Estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ) e Zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ).

O ânion predominante é o  $\text{HCO}_3^-$  e os cátions  $\text{Ca}^+$  e  $\text{Na}^+$  apresentam teores equilibrados em solução. No entanto, conforme atestado por outros pesquisadores em termos hidrogeoquímicos as águas que possuem percentuais mais elevados são as bicarbonatadas cálcicas.

Estas águas invariavelmente apresentam elementos raros, tais como estrôncio, lítio e zinco.

Os valores de resíduos de evaporação em geral são baixos sendo as suas concentrações dependentes da tipologia e reatividade da rocha, do tempo de permanência da água na rocha e da profundidade dos poços de captação.

As variações de pH são estão associadas às concentrações de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) em solução. Estes ânions por sua vez demonstram uma estreita afinidade com os cátions de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).



Em geral se observa que os níveis de pH são bem equilibrados, ou seja, muito próximos de 7. Este parâmetro está condicionado aos teores de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) em solução. Estes ânions por sua vez têm sua disponibilidade controlada pelas concentrações de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) em solução.

Em geral os níveis de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) apresentam uma relação inversamente direta com relação gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na fonte.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados permitiu delinear algumas propriedades características comuns às fontes de Águas Minerais da SNG ocupadas essencialmente por rochas de composição ácida que compõem uma porção restrita da Formação Serra Geral.

Cabe observar que apesar das características aqui avaliadas mostrarem muitas evidências que permitem inferir uma afinidade química entre as fontes estudadas, pode-se afirmar que cada uma delas apresenta um perfil físico-químico particular.

É importante finalmente aqui esclarecer, que apesar das avaliações apresentadas neste estudo terem permitido estabelecer preliminarmente um traço de identidade das águas minerais desta região da Serra do Nordeste Gaúcho, existe a necessidade de estudos complementares, nos quais, se possível, deverão ser avaliados uma massa mais elevada de dados, o que conseqüentemente poderá ou não estabelecer critérios para a identificação de uma nova província hidromineral.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 1º distrito do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), ao laboratório da LAMIN/CPRM e CIENTEC e aos representantes dos empreendimentos de águas minerais que gentilmente cederam os seus dados para elaboração do presente trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, A.P. de 1991. Classificação climática para zoneamento de aptidão agroclimática In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7. Viçosa, M.G. 1991. Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. p.126-131.

FEITOSA, F. A. C; FILHO, J. M. 1997. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 412 p.

HAUSMAN, A. 1995. PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – RS. In: Acta Geológica Leopoldensia, Serie Mapas, nº.2.

- IBGE (Rio de Janeiro, RJ) Folha SH. 22 Porto Alegre: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1986. 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. Anais. 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, Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 135p. il.(inédito).
- MAGNA ENGENHARIA. 1997. Avaliação Quali-Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de água na Bacia Hidrográfica do Sistema Taquari-Antas. CRH/SOPSH/DRHS/FRH-RS. Vol.1.
- MOBUS, G. 1987. Análise Estrutural e Hidrogeológica do Aquífero Fraturado da Formação Serra Geral Região Nordeste do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Recursos Hídricos e Saneamento, IPH/UFRGS. 124 p. (inédito).
- PEDROSA, C. A. e CAETANO, F. A. 2002. Águas Subterrâneas. Brasília, Agosto/2002. Agência Nacional de Águas (ANA). 85p.
- REGINATO, P. A.R. Integração de Dados Geológicos para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS). Tese Doutorado; Porto Alegre: UFRGS, 2003.
- ROISENBERG, A. & VIERO, A. P. 2002. O Vulcanismo Mesozóico da Bacia do Paraná no rio Grande do Sul. In: Geologia do Rio Grande do Sul/ Michael Holz; Luiz Fernando De Ros. Editores. – Porto Alegre: CIGO/UFRGS. Porto Alegre, 2000. 444 p. il. – Edição Revista, 2002.